



FBVA-BERICHTE 93/1996

Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien
Waldforschungszentrum

Österreichisches Waldschaden- Beobachtungssystem

Beiträge zum 4. WBS-Seminar in Wien
am 23. November 1995

*Austrian Forest Damage Monitoring
System*

*Contributions to the 4th Vienna Workshop,
November 23rd, 1995*

M. NEUMANN (Hrsg.)

FDK 48--05:181.45:181.32:(436)



Das Lebensministerium

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft

Empfohlene Zitierung:

Neumann, Markus (Hrsg.):
Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem ; Beiträge zum 4. WBS-Seminar
in Wien am 23. November 1995 / Hrsg. von Markus Neumann. - FBVA-Berichte ;
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 1996, Nr. 93, 177 S.

ISSN 1013-0713

Copyright 1996 by
Forstliche Bundesversuchsanstalt

Für den Inhalt verantwortlich :
Direktor HR Dipl.-Ing. Friedrich Ruhm

Herstellung und Druck :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Waldforschungszentrum
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien

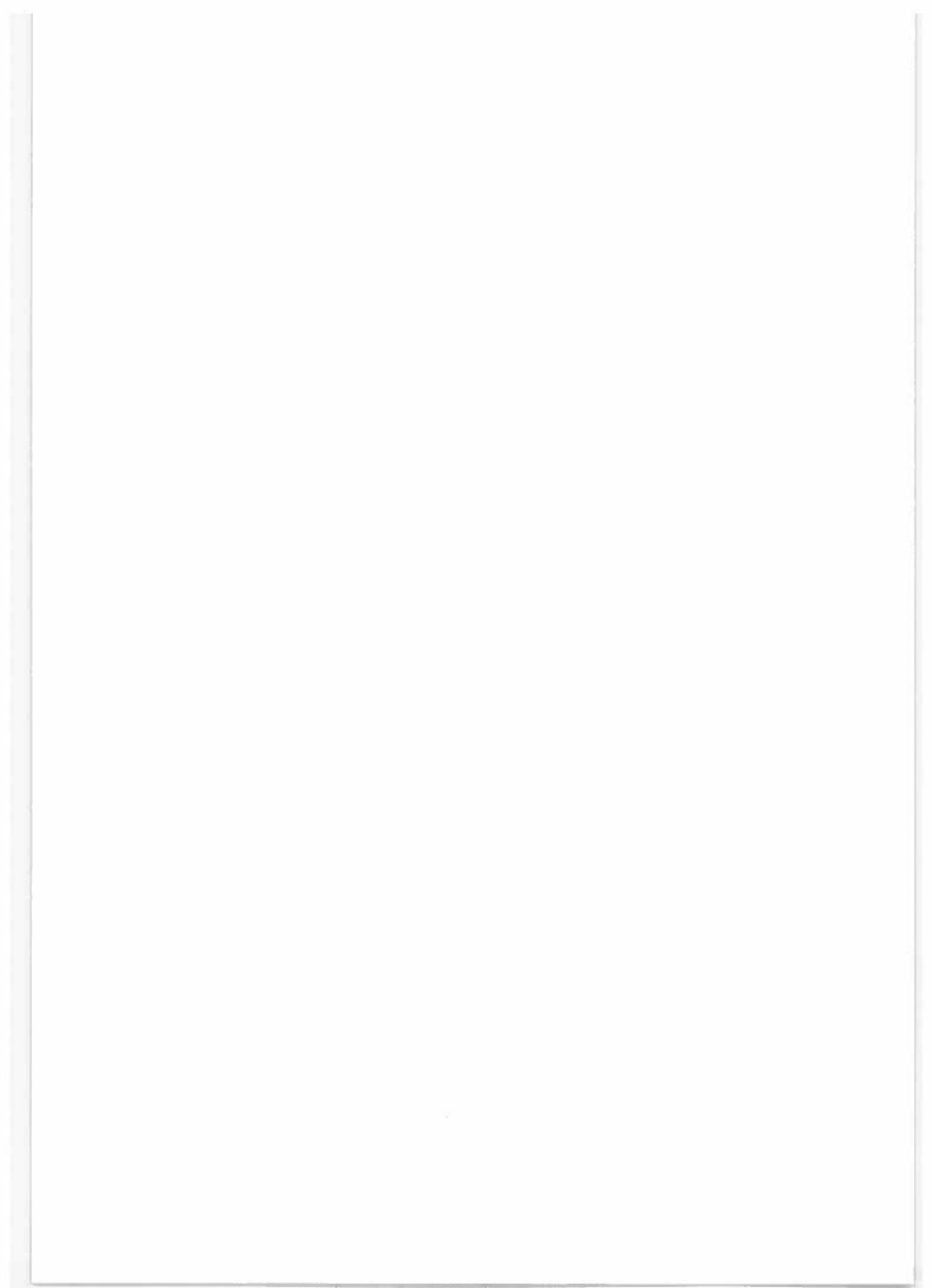
Anschrift für Tauschverkehr :
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Bibliothek
Seckendorff-Gudent-Weg 8
A-1131 Wien

Tel. + 43-1-878 38 216
Fax. + 43-1-877 59 07

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Inhaltsverzeichnis *Table of contents*

NEUMANN, M. Waldschaden-Beobachtungssystem - einführender Überblick	7
H. SCHUME, H & STARLINGER, F. Boden- und vegetationskundliche Gliederung von eichenreichen Wäldern im östlichen Österreich <i>Description of Forest Soil and Vegetation of Eastern Austrian Forest rich in Oak</i>	11
HERZBERGER, E. Standortseinflüsse auf die Bonität von Fichtenbeständen in Österreich Eine Analyse mittels linearer Regressionen <i>Site-specific Influences on the Yield Class of Norway Spruce Stands in Austria - An Analysis by Means of Linear Regression</i>	65
JANDL, R. Abhängigkeit der Baumernährung vom chemischen Zustand des Bodens <i>Influence of the Soil-chemical Condition on the Nutritional Status of Trees</i>	87
FURST, A. Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems - Ergebnisse 1989 bis 1993 <i>Leaf- and Needle-Analytical Investigations Carried out in Connection with the Forest Damage Monitoring System (WBS) - Results 1989 - 1993</i>	101
FURST, A. Eisen-, Mangan- und Zinkversorgungsgrad der Fichte im Jahr 1993 in Österreich <i>The Iron, Manganese and Zinc supply of Norway Spruce in Austria in 1993</i>	111
STEYRER, G. Auswahl und Prüfung von Zuwachsparemtern als Waldzustandsindikatoren - Einfluß des Kronenzustandes auf den Zuwachs <i>Selection and Suitability of Increment Parameters as Indicators for the Condition of Forests - Influence of Crown Condition on Increment</i>	121
KRISTÖFEL, F. Terrestrische Kronenzustandserhebung und jährliche Änderungen <i>Terrestrial Crown Condition Assessment and Annual Changes</i>	137
STEMBERGER, A. Aufnahmetraining und Ansprachequalität <i>Assessment Training and Quality of Assessment</i>	143
GÄRTNER, M. & REGNER, B. Luftbildauswertung Salzachauen - Waldzustandsuntersuchung und Bestandeskartierung <i>Evaluation of Aerial Photographs of the Salzach Floodlands - Forest Condition Monitoring and Stand Mapping</i>	149
T.L. CECH, T.L. & WIESINGER, R. Kiefernsterben in Niederösterreich 1993-1995 <i>Pine Dieback in Lower Austria 1993-1995</i>	159
NEUMANN, M. Intensivbeobachtungsflächen im Rahmen eines EU-Programmes Flächeneinrichtung und erste Ergebnisse <i>Plots for Intensive and Continuous Monitoring within the Frame of an International Programme of European Union - Plot Installation and First Results</i>	167



Vorwort

Das Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS) ist ein Gemeinschaftsprojekt der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, in dessen Rahmen das Ursachen-Wirkungsgefüge der Störungen von Waldökosystemen auf einem systematischen, walddreprärepresentativen Aufnahmenetz durchleuchtet werden soll. Es liefert im Rahmen der jährlichen Kronenzustandserhebung, der Bodenzustandsinventur und der Erfassung der Stoffgehalte in Nadeln und Blättern den österreichischen Beitrag zu den internationalen Erhebungsprogrammen der Europäischen Union und der Economic Commission for Europe der Vereinten Nationen.

Das Waldschaden-Beobachtungssystem gliedert sich in drei Abschnitte:

- Erfassung möglichst vieler wald(zustands)relevanter Parameter
- Prüfung und Verbesserung der erfaßten Werte
- Zusammenführungen zur Ableitung von Hypothesen.

Zum derzeitigen Zeitpunkt liegen von allen mehrfach erhobenen Werten bereits längere Zeitreihen vor. Es erschien daher sinnvoll, zur Überprüfung und Verbesserung der Werte in einem ersten Schritt, einzelne Erhebungen zusammenzuführen und vergleichend zu bewerten. Dadurch kann die Qualität und Aussagekraft der erhobenen oder errechneten Parameter besser bewertet werden.

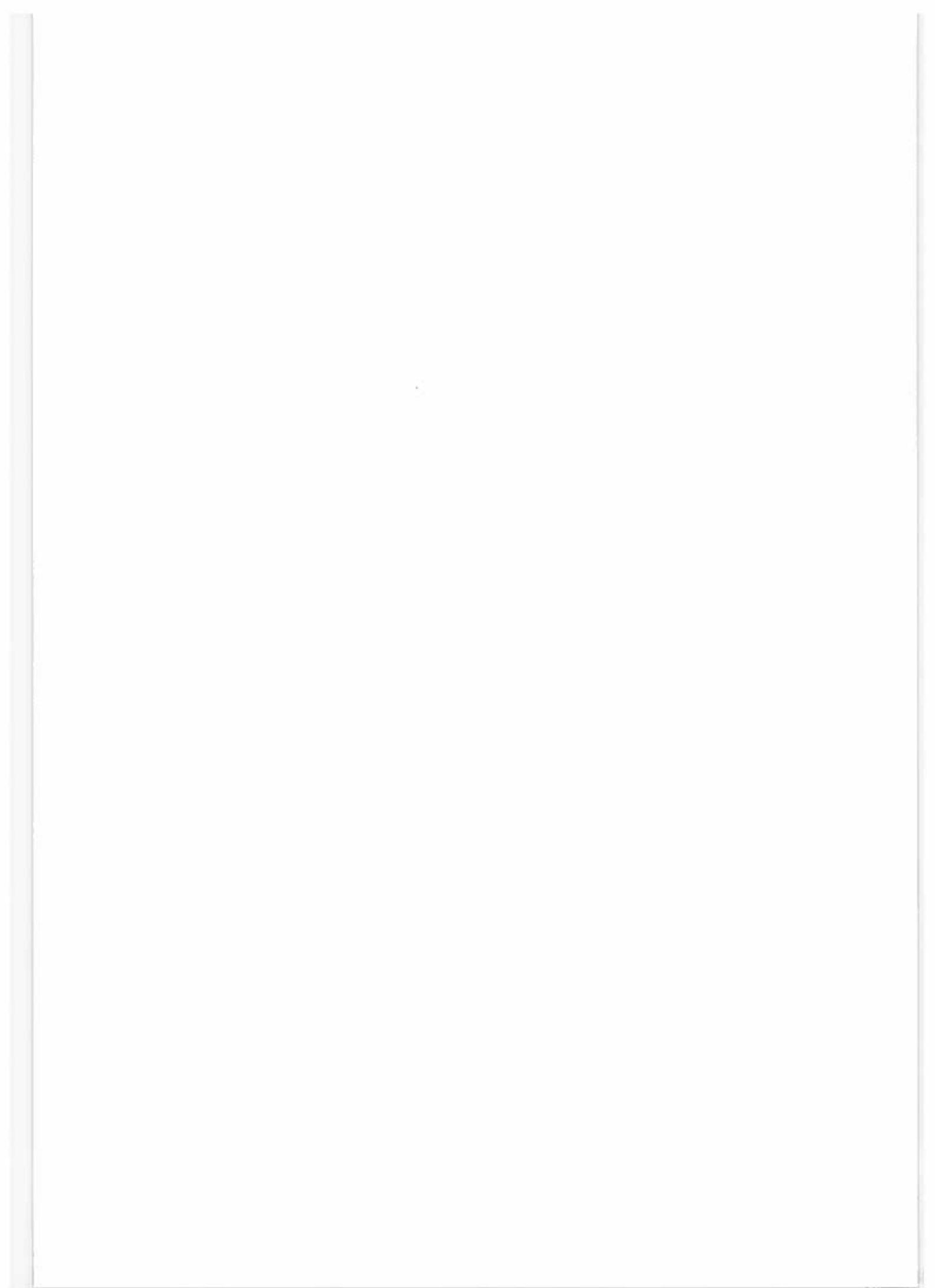
Zum vierten Mal fand an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt ein "WBS-Seminar" statt, in dessen Rahmen eine Auswahl neuester Arbeiten von den Projektmitarbeitern präsentiert wurden.

Themenschwerpunkte waren: Charakterisierung von Eichenwaldstandorten durch multivariate Verfahren, Fragen der Bonität und des Standortes, ein Vergleich der Stoffgehalte in den Nadeln und im Boden, die Gehalte an Mikronährstoffen in den Nadeln, der Zusammenhang von Kronenverlichtung und Zuwachs, die Qualität und Aussagekraft von terrestrischen Kronenzustandserhebungen, die Möglichkeiten der Luftbildauswertungen in Hinblick auf besondere Beeinflussung in einem Auwaldgebiet und im Rahmen des Problemkreises "Kiefernsterben". Außerdem wurde eine neue Intensitätsstufe im Rahmen des internationalen Programmes beschrieben.

Da die Veranstaltung an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt nur einem kleineren Teilnehmerkreis zugänglich war, soll der vorliegende Bericht einem größeren Personenkreis die Ergebnisse bekannt machen. Der Bericht setzt sich aus den überarbeiteten und teilweise ergänzten Referatstexten zusammen. Für das Zustandekommen dieses 4. WBS-Seminars danke ich herzlich den Referenten und allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, die am Zustandekommen der Vortragsveranstaltung bzw. an der Erstellung des vorliegenden Bandes mitgewirkt haben.



HR. Dipl.-Ing. Friedrich Rühm
Direktor



Waldschaden-Beobachtungssystem - einführender Überblick

M. NEUMANN

Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft, Forstliche Bundesversuchsanstalt

1. Einleitung

Das vergangene Jahrzehnt war aus forstlicher Sicht in seiner ersten Hälfte von Meldungen über stetig zunehmende Waldschäden in Mitteleuropa und vor allem in der BRD dominiert, in der zweiten Hälfte stagnierte das Ausmaß der Waldschäden, die Kenntnis um Wissenslücken nahm zu: Wissenslücken in bezug auf die möglichen Ursachen des beobachteten Phänomens einerseits und die ökologischen und ökonomischen Auswirkungen des Phänomens andererseits. Es erschien daher sinnvoll, für das kommende Jahrzehnt neue Schwerpunkte der Waldschadensforschung zu setzen mit dem Ziel, der Ursachenermittlung mehr Gewicht als der Erfassung beizumessen. Es wurde daher notwendig, von einer Überwachungsinventur (WZI) mit der Zielsetzung der Erfassung des Zustandes und der Veränderung auf ein neues Verfahren mit der Zielsetzung des Erfassens und Verstehens von Wirkungszusammenhängen umzustellen. Die Forstliche Bundesversuchsanstalt (FBVA) hat dem durch das Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS) Rechnung getragen.

2. Der Wald als Ökosystem

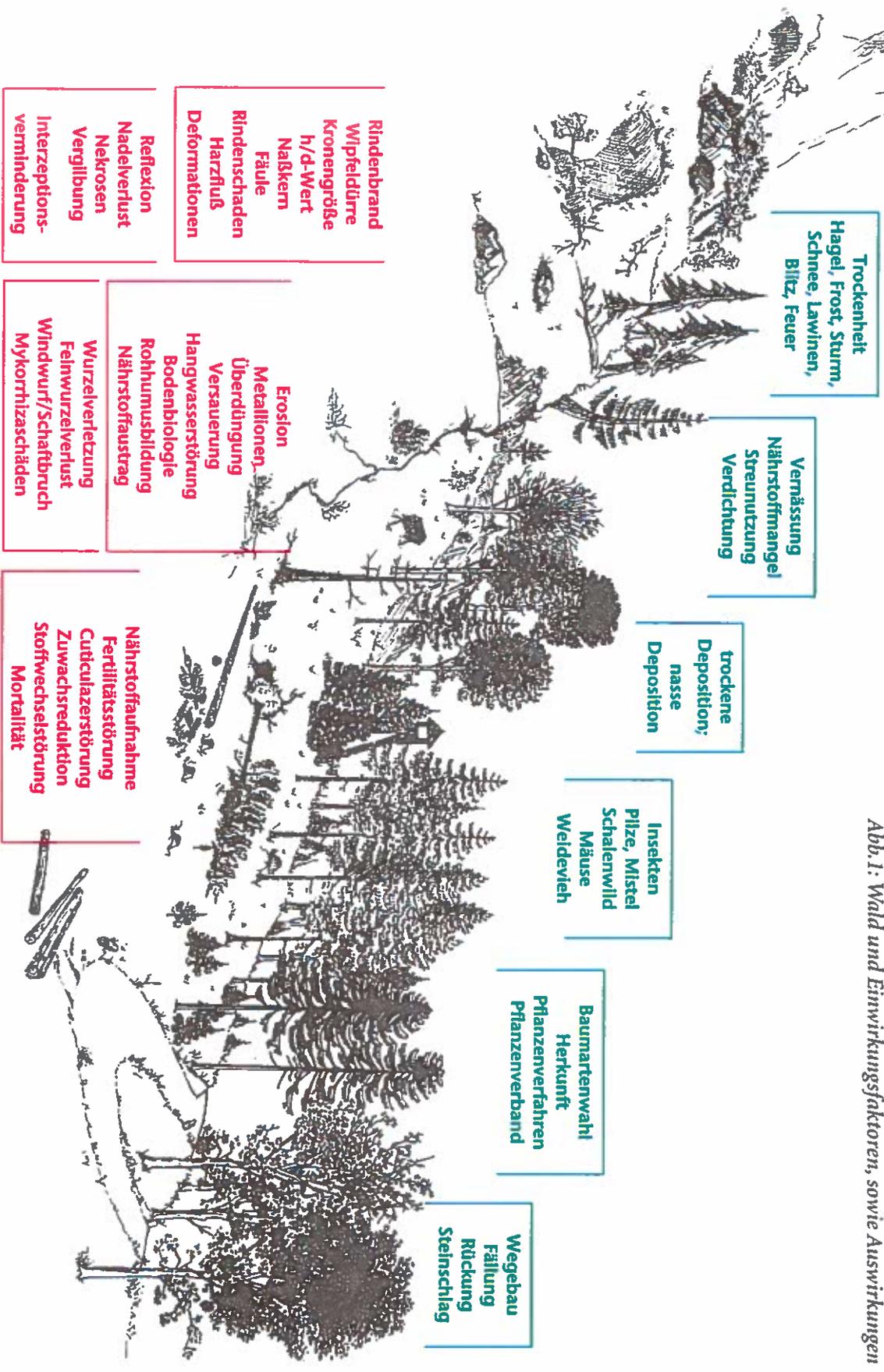
Der Wald als Ökosystem kann nur verstanden werden, wenn zusätzlich zur Gesamtheit aller darin vorkommenden Pflanzen und Tiere auch alle Einwirkungsfaktoren und deren Auswirkungen berücksichtigt werden. Die Faktoren, die das Ökosystem beeinflussen, sind mannigfaltig und können sowohl biotischer, abiotischer wie anthropogener Art sein. Es bestehen zwischen ihnen Wechselwirkungen, Verstärkungen und Hemmungen. In den meisten Fällen muß mit multifaktoriellen Einwirkungen gerechnet

werden (SCHLAEPFER & HAEMMERLI, 1990). Dauer und Intensität der Einwirkungen führen in Abhängigkeit von der Ausgangssituation zu verschiedenen Auswirkungen, wobei diese auch unsichtbar (latent) sein oder zeitverschoben auftreten können. Negativ erscheinende Auswirkungen werden als Schädigung bezeichnet, im Falle einer auch wirtschaftlich negativen Auswirkung als Schaden. Die Beobachtung des Waldes als Gesamtheit wäre zwar wünschenswert, ist aber aus naheliegenden Gründen nicht durchführbar. Auch der Teilbegriff des "Waldzustandes" ist durch das unterschiedliche Ausmaß der darin subsumierten, z.T. subjektiven Aspekte nie vollkommen eindeutig definiert und daher auch nicht vollständig erfassbar. Für die praktische Durchführung der Waldbeobachtung müssen daher definierte Parameter gefunden werden, die aussagekräftig (waldzustandsrelevant) sind und zudem noch exakt und kostengünstig erfaßt werden können.

Mögliche Zusammenhänge zwischen Ursachen und Wirkungen können statistisch umso leichter erkannt werden, je vollständiger die Information über naturgegebene Unterschiedlichkeiten durch die erfaßte Variation der Einflußfaktoren (Prediktoren) ist. Die Variation kann räumlich und/oder zeitlich auftreten. Wenn die zeitliche Variation klein ist, kann nur durch die Analyse der räumlichen Variation auf Ursachen-Wirkungsbeziehungen geschlossen werden. Auf ausgewählten Standorten sehr genau und umfassend durchgeführte Untersuchungen geben nur Information über die zeitliche Variation der Parameter. Der erforderliche Aufwand zur Erfassung der räumlichen Variabilität durch Intensivbeobachtungsflächen entsprechender Anzahl stößt aus Kapazitätsgründen sehr bald an Grenzen. Deshalb wurde für das WBS ein neuer Weg beschritten, wobei die für Intensivbeobachtungsflächen entwickelte aufwendige Methodik adaptiert und auf zahlreichen Flächen angewandt wurde. Dadurch wurde eine flächendeckende, repräsentative Aufnahme aller Waldstandorte und -typen

WALDSCHADENBEOBACHTUNGSSYSTEM

Abb. 1: Wald und Einwirkungsfaktoren, sowie Auswirkungen



(in Waldbeständen von 140 - 2040 m Seehöhe, vom Ausschlagwald bis zu Latschenbeständen) möglich, und die Variation kann in voller Größe erhoben werden. Dieses auf Ursachenforschung ausgerichtete System unterscheidet sich damit deutlich von reinen Überwachungsinventuren zur Erfassung von Zuständen und Veränderungen.

3. Dauerbeobachtungsflächen des WBS

1987/88 wurden auf dem Jahresnetz 1981 der ÖFI auf allen auf Wald gelegenen Trakthauptpunkten permanente Dauerbeobachtungsflächen für das WBS eingerichtet. Auf 534 Flächen werden, je nach den örtlichen, bestandesstrukturellen Gegebenheiten, möglichst viele Einzeluntersuchungen kombiniert, um dadurch eine Beurteilung des Waldzustandes im allgemeinen und speziell hinsichtlich der potentiellen Gefährdung zu ermöglichen. Zusätzlich wurden 40 Flächen des WZI-Aufnahmesetzes mit besonders schlechtem Kronenzustand ausgewählt und in das WBS-Aufnahmesystem eingebunden, um auch, durch die Rasterweite des WBS nicht repräsentierte, Extrema zu erfassen. Die seit 1981 laufenden Erhebungen der ÖFI geben Informationen über bestandespezifische Zuwachsverhältnisse.

Neben einer jährlichen Erhebung des Kronenzustandes in Analogie zur WZI im Sommer wird auf die Erfassung immissionsökologischer und bodenkundlicher Parameter und auf forstpathologische Untersuchungen besonderen Wert gelegt. Die Erhebung der einzelnen Parameter ist nicht nur zwangsweise von der Bestandessituation (z.B. Entwicklungsstufe) abhängig und von logistischen Gründen (z.B. Erreichbarkeit) beeinflusst, sondern muß auch in einem sinnvollen zeitlichen Ablauf zueinander erfolgen. Bei der Planung des optimalen zeitlichen Ablaufs ist nicht nur auf die Personalsituation, sondern ganz wesentlich auch auf die erwartete Veränderungsgeschwindigkeit Rücksicht zu nehmen. So ist es günstig, die Erfassung der Luftqualität frühzeitig zu beginnen, Stammanalysen zur Beurteilung der Zuwachsleistung hingegen sind erst später sinnvoll. Daraus resultiert ein fluktuierender Arbeitsaufwand, der eine hohe Flexibilität des Personaleinsatzes sowohl zwischen einzelnen Teilprojekten als auch zwischen Perioden der Aufnahme und der Auswertung erfordert, woraus sich für die Beteiligten wertvolle projektsübergreifende Blickwinkel ergeben sollten.

4. Detailerhebungen Rahmen des WBS

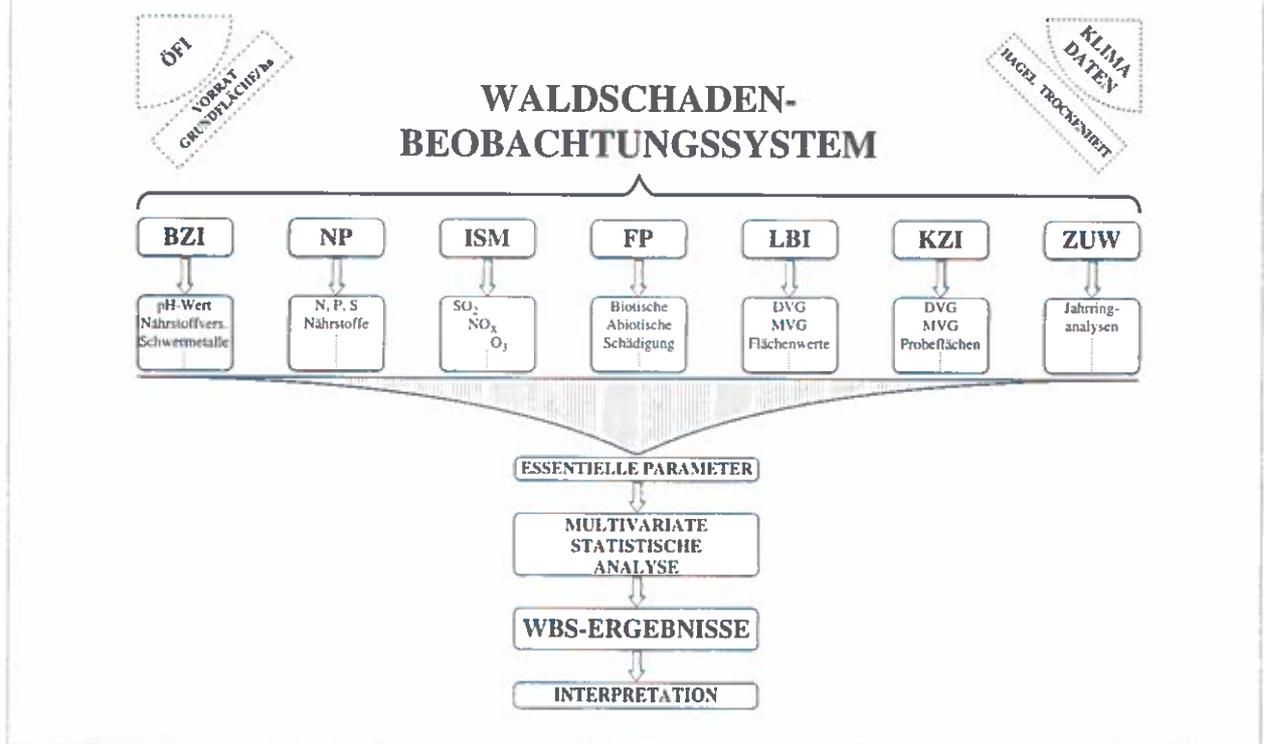
Im einzelnen sind derzeit folgende Erhebungen und Untersuchungen im Gesamtprojekt integriert (Pollanschütz, 1990):

- Erhebung allgemein standörtlicher und bestandesstruktureller Grundlagendaten erstmalig 1987/1988, Aufnahme aller Bäume über 5 cm BHD und Kronenkartierung in einem Probekreis von 1000 m², Wiederholung alle 10 Jahre
- periodische bodenkundliche und vegetationskundliche Erhebungen einschließlich Bodenprobenahme, Erstaufnahme 1988 und 1989, Wiederholung alle 5 oder 10 Jahre- ab 1988 jährliche flächige Kronenzustandserhebung und Erfassung der Bestandesschäden auf allen Probeflächen sowie Kronenzustandserfassung und Erhebung spezieller Merkmale an identifizierbaren Einzelbäumen in Beständen mit einseharen Kronen
- ab 1989 jährliche Gewinnung und Analyse von Nadelproben auf den Gehalt von Schwefel und Hauptnährelementen
- ab 1989 forstpathologische Untersuchungen auf ausgewählten Beobachtungsflächen
- ab 1989 Studium von Zeitreihen meteorologischer und klimatologischer Parameter aus forstökologischer Sicht
- ab 1989 Beginn mit grundlegenden Untersuchungen des Zuwachsverlaufes.
- ab 1990 regionale integrale Schadstoffmessungen (SO₂, NO_x, O₃)
- ab 1991 gebietsweise flächendeckende Luftbildinventuren, mit 5jährigem Wiederholungsintervall.

5. Zukunftsperspektiven

Das WBS soll ein stets offenes System bleiben, das jederzeit Ergänzung zuläßt. So wäre eine Einbindung baumphysiologischer und bodenbiologischer Untersuchungen ebenso wünschenswert wie Informationen über die Bestandesgeschichte und -behandlung. Eine Anwendung von aktiven Biomonitoren (Klonfichten) könnte nach Abklärung methodischer und organisatorischer Details die Datengrundlage für Nadelanalysen erweitern. Durch stete Kontakte sollten abgesicherte Forschungsergebnisse anderer in- und ausländischer Institutionen laufend und ohne Zeitverlust berücksichtigt werden.

Abb.2: In das WBS derzeit eingebundene Teilprojekte (verändert nach KRISTÖFEL, 1990)



Das WBS ist langfristig angelegt, konsequenterweise können nach zwei Jahren noch keine umfassenden Interpretationen erwartet werden. Der modulare Aufbau erlaubt jedoch schon jetzt die Darlegung und Diskussion erster Resultate der Teilprojekte, für welche die erste Auswertungsphase bereits abgeschlossen wurde (z.B. BZI) oder jährliche Ergebnisse liefern (z.B. KZI oder LBI). Auf die letztlich abgezielte Zusammenschau muß zur Zeit noch verzichtet werden und die Darstellung auf deskriptive Methoden beschränkt bleiben. Als unverzichtbarer Schritt zur Ursachenermittlung muß daran die zweite Phase anschließen, bei der innerhalb der Teilprojekte Anstrengungen unternommen werden müssen, die Qualität der erhobenen Parameter bezüglich ihrer Genauigkeit und Aussagekraft zu überprüfen und zu verbessern. Die daraus folgende Reduktion des Datenumfanges sollte durch eine Steigerung der Qualität mehr als aufgewogen werden. Mit diesen höherwertigen Parametern kann in der dritten Phase durch Anwendung multivariater Analyseverfahren ein besseres Verständnis der Zusammenhänge und Wechselwirkungen

erlangt werden. Dann wird eine stichhaltige Überprüfung bisher vorgebrachter Hypothesen über Wirkungsmechanismen möglich sein.

Literatur

- KRISTÖFEL F., 1990: *Übersicht über das Gesamtprojekt - Auswertungsmethodik und Teilergebnisse der terrestrischen Kronenzustandserhebung*. WBS-Seminar April 1990 (interner Tagungsbericht).
- POLLANSCHÜTZ J., 1990: *Das Waldbeobachtungssystem und Waldschadensforschung der FBVA*. Vortrag anläßl. Expertentagung GSF vom 13.11 - 15.11.1990 in Neuburg/Inn.
- SCHLAEPFER R. UND HAEMMERLI F., 1990: *Das "Waldsterben" in der Schweiz aus heutiger Sicht*. Schweiz. Zeitschr. Forstwesen 14:163-188.

Verfasser: Dr. Markus Neumann
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Dieser Beitrag wurde als Einleitungsreferat zum zweiten WBS-Tag am 29. November 1990 gehalten. Vom damals beabsichtigten Aufnahmeumfang in Abbildung 2 konnte einiges nicht so wie geplant durchgeführt werden. Um die damaligen Zukunftsperspektiven besser mit dem derzeit Erreichten vergleichen zu können, wird dieses im FBVA-Bericht Nr.49/1991 publizierte Referat hier nochmals redaktionell bearbeitet, aber inhaltlich unverändert abgedruckt.

Boden- und vegetationskundliche Gliederung von eichenreichen Wäldern im östlichen Österreich

H. SCHUME¹⁾ & F. STARLINGER²⁾

¹⁾ Institut für Waldökologie, Universität für Bodenkultur Wien

²⁾ Institut für Forstökologie, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Insgesamt werden 74 Flächen mit Stiel- oder Traubeneiche, die im Zuge von Projekten der FBVA (WB-ZI) und der Universität für Bodenkultur (FIW) aufgenommen wurden, einer gemeinsamen Auswertung unterzogen. Vegetationsdaten werden mit Standortdaten rechnerisch in einer kanonischen Korrespondenzanalyse verschnitten. Neben den Bodentypen und Humusformen, der Seehöhe und der Trockenmasse der Auflage werden drei voneinander unabhängige Faktoren, die einer Faktorenanalyse mit chemischen Oberbodenwerten entstammen, verrechnet. Der enge Zusammenhang zwischen den Datensätzen "Vegetation" und "Standort" ermöglicht eine genaue standörtliche Beschreibung und eine gute regionale Unterscheidung von Eichenwaldökosystemen.

Ein deutlicher Gegensatz zwischen dem niederschlagsarmen Weinviertel mit Hartholz-Auwäldern und Eichen-Hainbuchenwäldern auf kalkbeeinflussten Böden und dem niederschlagsreichen steirischen Alpenvorland, in dem bodensaure Buchen- und Traubeneichenwälder auf Pseudogleyen und Braunerden bzw. feuchte Stieleichenwälder auf kalkarmen Stagnogleyen vorkommen, kann festgestellt werden. Burgenländische Eichen-Hainbuchen- und Eichenwälder auf kalkarmen bindigen Pseudogleyen und Parabraunerden unter pannonischem Klimaeinfluß stellen einen Übergang dar. Eichen-Hainbuchenwälder über Kristallin im mittelburgenländischen Bergland und im Leithagebirge bilden eine eigene Gruppe. Im gesamten Untersuchungsgebiet ergibt sich eine Differenzierung in trockenere Traubeneichen- und frischere Stieleichenstandorte.

Schlüsselworte: Eichenwaldgesellschaften, Bodenchemie, Bodentypen, Multivariatstatistik, Waldschäden

Abstract. [Description of Soils and Vegetation of Eastern Austrian Forests rich in Oak] Altogether, 74 plots with common or sessile oak which had been surveyed in the course of projects of the FBVA (Forest Soil Monitoring System) and the University of Agriculture, Forestry and Natural Resources (FIW) were jointly evaluated.

Vegetation data were mathematically combined with site data in a canonic correspondence analysis. Apart from soil types and different forms of humus, altitude a.s.l., and dry mass of the surface layer, three independent factors from a factor analysis with chemical top soil data were included into the calculations. The close connection between the data records "Vegetation" and "Site" renders possible a precise description of sites and a good regional differentiation of oak forest ecosystems.

A marked difference was observed between the rather dry Weinviertel with its lowland forests and oak-hornbeam forests on lime-influenced soils, and the rainy Styrian foothills of the Alps, where acidophilous forests of beech and sessile oak occur on pseudogleys and brown soils or humid common oak forests on stagnogleys with low lime content. The oak-hornbeam and oak forests occurring on compact pseudogleys poor in lime and lessived brown soils of the Burgenland are influenced by the Pannonian climate and represent a transition area. Oak-hornbeam forests on crystalline in the central highland of the Burgenland and in the Leithagebirge represent a separate group. The entire investigation area shows a differentiation between relatively dry sites with sessile oak (*Quercus petraea*) and more moist sites of common oak (*Quercus robur*).

Keywords: Oak forest communities, soil chemistry, soil types, multivariate statistics, forest injuries

1. Einleitung und Problemstellung

Die Waldschadensforschung in Österreich hat sich in den achtziger Jahren, die geprägt waren von zum Teil erschreckenden Waldsterbensszenarien, fast ausschließlich mit der Baumart Fichte beschäftigt. Angesichts der wirtschaftlichen Bedeutung dieser Art und ihres Anteils am Aufbau der österreichischen Wälder - 56,1 % der gesamten Ertragswaldfläche - war dieses

Vorgehen durchaus gerechtfertigt, ja sogar notwendig. Als sich allerdings ab Mitte des letzten Jahrzehnts der Zustand der Eichenwälder epidemieartig von Osteuropa ausgehend verschlechterte, wurde die Forschungstätigkeit auf die Eichenarten ausgedehnt. Eichen haben zwar gesamtösterreichisch gesehen nur rund 2 % Anteil am Waldaufbau, erreichen aber im Osten des Bundesgebietes einen beträchtlichen Anteil, der bis zu 25 % der Waldfläche betragen kann. Sie stellen etwa im Weinviertel die Lebensgrundlage der Forstbetriebe dar.

Eichenreiche Wälder befinden sich aufgrund der Ansprüche der Gattung *Quercus* in klimatisch und edaphischen Gunstlagen und somit fast immer in engstem Kontakt zum menschlichen Siedlungsraum. Trotz dieser Nähe sind die Kenntnisse über diese Wälder (standörtliche Voraussetzungen und Pflanzengesellschaften) jedoch recht gering. Vielfach führte die Lage in bereits prähistorisch besiedelten Gebieten dazu, daß Eichenwälder von der Landwirtschaft verdrängt wurden oder einer starken anthropogenen Beeinflussung unterlagen und noch immer unterliegen. Jahrhundertelange Waldweide, Schneitelung, Streunutzung oder Nieder- und Mittelwaldwirtschaft haben ihre Spuren an Bestand und Boden hinterlassen. Beispielsweise beträgt die Waldausstattung der Bezirke Gänserndorf und Mistelbach laut Österreichischer Forstinventur (vgl. Tab. 1) nur 14 bzw. 17,5 % und liegt damit weit unter dem österreichischen Durchschnitt von 46 %.

Ziel dieser Arbeit ist es, in einer großräumigen Übersicht eichenreiche Wälder im östlichen Österreich boden- und vegetationskundlich zu beschreiben. Vor diesem standortkundlichen Hintergrund kann in einem zweiten Schritt eine differenziertere Schadanalyse erfolgen. Weiters sollte vorweg durch die Ansprache der Kronenverlichtung, als einfach erhebbares Maß für den Schädigungsgrad, abgeschätzt werden, ob es Gruppen von Standorten mit einer auffälligen Häufung von Schadbildern gibt.

Um ein möglichst dichtes Netz an Beobachtungspunkten zu erhalten, wurden in der vorliegenden Auswertung Daten von 57 Probeflächen, die im Rahmen der FIW-Untersuchung "Eichenerkrankungen - Eichensterben" erhoben wurden, mit Daten von 17 Eichenstandorten aus der Waldbodenzustandsinventur (WBZI) kombiniert.

2. Das Untersuchungsgebiet

2.1 Lage und Waldausstattung

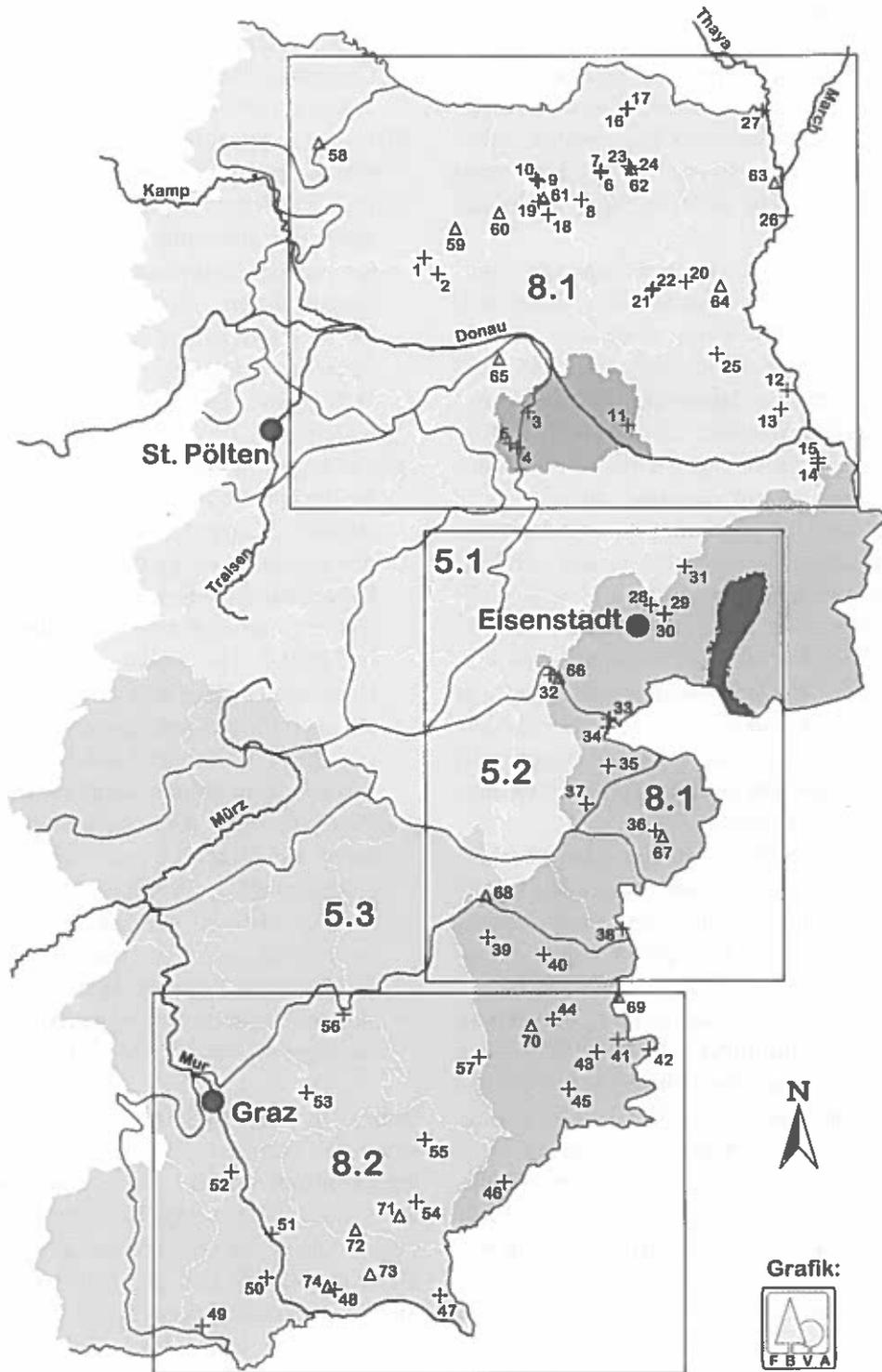
Nennenswerte Eichenanteile gibt es in Österreich im pannonischen Gebiet sowie im nördlichen und südöstlichen Alpenvorland. Diese Untersuchung beschränkt sich auf den ostösterreichischen Verbreitungsschwerpunkt der Eichen, der aus Tabelle 1 deutlich abzulesen ist. Der österreichische Durchschnitt von 2 % Eichenanteil wird hier klar überschritten. Der Eichenanteil nimmt gegen Süden mit dem Hinzutreten anderer Baumarten und der Zunahme der Waldfläche relativ ab. Bemerkenswert ist außerdem, daß die Betriebsart Ausschlagwald - österreichweit werden 2,5 % der Ertragswaldfläche als Ausschlagwald bewirtschaftet - ab dem Südburgenland sprunghaft zurückgeht und zugleich der Nadelholzanteil stark zunimmt. Zumindest auf den dichten, wasserstauenden Böden des Terrassen- und Hügellandes ist der Anbau von Fichte jedoch standortswidrig. Der Großteil des Arbeitsgebietes zählt nach der Wuchsgebietsgliederung (KILIAN ET AL. 1994) zu den Wuchsgebieten 8.1 (Pannonisches Tief- und Hügelland) und 8.2 (Subillyrisches Hügel- und Terrassenland). Randlich werden auch Teile der Hauptwuchsgebiete 5 (Östliche Randalpen) und 9 (Mühl- und Waldviertel) berührt.

Tab. 1:

Flächenanteile der wichtigsten Baumarten an der Ertragswaldfläche gegliedert nach BFI's, Waldausstattung der Bezirke und Betriebsart; alle Werte in Prozent (Quelle: FBVA, Österreichische Forstinventur 1986-90).

BFI	Bewaldung	Hochwald	Ausschlag	Eiche	Buche	Fichte	Kiefer	Lärche
Horn	23,5	85,2	14,8	14,8	1,4	30,2	20,8	1,5
Korneuburg	20,3	60,4	39,6	11,1	8,4	1,0	3,6	3,2
Mistelbach	17,5	24,6	75,4	26,4	0,0	2,1	1,7	1,8
Gänserndorf	14,0	36,5	63,5	14,6	0,0	0,0	2,2	0,0
Wien-Umgebung	37,7	82,8	17,2	9,9	38,0	4,1	1,5	1,0
Burgenland-Nord	24,1	69,7	30,3	17,1	7,1	8,7	25,0	1,9
Burgenland-Süd	45,7	96,4	3,6	16,7	7,2	24,4	23,7	0,7
Feldbach	35,9	100,0	0,0	6,1	25,2	24,7	15,4	1,0
Leibnitz	36,4	97,5	2,5	6,6	16,0	30,6	14,3	0,6
Graz-Umgebung	51,2	100,0	0,0	2,8	10,9	58,3	8,4	3,6
Weiz	54,1	100,0	0,0	1,3	7,7	59,2	8,6	4,6

Abb. 1:
 Lage der Probestflächen und Wuchsgebietsgliederung nach KILIAN ET AL. (1994). Die viereckigen Rahmen zeigen die Großräume, nach denen in der Abbildung 5 die Standorte zu Gruppen zusammengefasst wurden.



2.2 Klima

Eine klimatische Gliederung und Charakterisierung des gesamten Gebietes hat SCHUME (1993) anhand der Daten von 33 Klimameßstationen, die den Jahrbüchern des Hydrographischen Dienstes entnommen wurden, versucht. Dabei wurden nicht nur reine Niederschlags- und Temperaturgrößen verarbeitet, sondern es flossen auch Informationen über die Häufigkeit von Trockenperioden einer bestimmten Dauer während der Vegetationsperiode oder die Häufigkeit von sehr kalten und sehr warmen Tagen in die Berechnungen ein.

Mittels Clusteranalyse (average-linkage mit euklidischer Distanz) wurden folgende fünf, klimatisch unterschiedliche Teilgebiete ausgeschieden:

- (1) *Das Weinviertel und das nördliche Marchfeld* sind durch die geringsten Jahresniederschläge (rund 490 mm) gekennzeichnet. Trotz der verhältnismäßig häufigen kalten Tage im Winter - Tage mit einer Mitteltemperatur zwischen -10 und -15 °C traten in der Dekade von 1971 bis 1980 im Durchschnitt der Stationen 16 mal auf - sind die Jahresmitteltemperaturen hoch (JM = 8,9 °C). Das Verhältnis von Winter- zu Sommerniederschlag (W/S), das sehr gut die Häufigkeit von sommerlichen Trockenperioden wiedergibt, liegt bei 0,60. Es gibt also ein sommerliches Niederschlagsmaximum, das aber nicht so ausgeprägt ist wie im subillyrischen Einflußgebiet (vgl. Gebiete 4 und 5: W/S=0,47 bzw. 0,52).
- (2) *Der Raum Neusiedler See und das Oberpullendorfer Becken* sind die wärmsten Gegenden Österreichs. 40 Tage pro Jahr mit einer Mitteltemperatur zwischen 20 und 25 °C und 40 Tage pro Dekade mit einer Mitteltemperatur über 25 °C resultieren in einer Jahresmitteltemperatur von 9,8 °C bei einem Julimittel (M7) von 19,5 °C. Die Wintertemperaturen (Jännermittel M1 = -0,6 °C) sind hoch, die Häufigkeit kalter Tage ist gering. Im Vergleich zum Weinviertel sind nur die Temperaturunterschiede statistisch gesichert. Bezüglich des Niederschlages (JNS rund 550 mm) fällt einzig der etwas höhere Winterniederschlag auf. Auch diese Teile Österreichs sind insgesamt als niederschlagsarm einzustufen. Die Anzahl der Trockenperioden während der Vegetationszeit spricht eine deutliche Sprache: 14 bis 19-tägige Trockenperioden traten von 1971 bis 1980 im Durchschnitt der Stationen 8 mal, 19 bis 24-tägi-

ge dreimal auf. Im Leithagebirge allerdings kann sich trotz der geringen Massenerhebung und seiner schmalen Form eine Art Gebirgsbinnenklima entwickeln. Die Kammzone ist bedeutend kühler (JM = 8,6 °C; M7 = 18,5 °C) und erhält über 730 mm Niederschlag pro Jahr. Botanisch schlägt sich das in natürlichen Buchenstandorten in den Gipfelbereichen und in Gräben nieder (KARRER & KILIAN 1990).

- (3) Diese Gruppe umfaßt eine Reihe von *höher gelegenen Stationen im mittelburgenländischen Bergland und Stationen in Graben- bzw. Beckenlagen der Südoststeiermark* und ist daher im Vergleich zu allen anderen Gruppen durch wesentlich niedrigere Temperaturen charakterisiert (JM = 8,0 °C; M1 = -2,0 °C; M7 = 17,5 °C). Hinsichtlich des Niederschlages (JNS ca. 770 mm) und des Quotienten W/S gehört dieser Bereich bereits eindeutig zum Süden.
- (4) *Der subpannonisch-subillyrische Übergangsbereich im Burgenland* zählt zur Hügelstufe und kann als aktuelles Eichenrandvorkommensgebiet bezeichnet werden. Die größeren Seehöhen und der höhere Jahresniederschlag (durchschnittlich rund 690 mm) ermöglichen das Gedeihen von Nadelbaumarten. Der Anbau von Fichten- und Kiefernforsten ist hier sehr weit verbreitet. Ähnliches gilt auch für das vorangegangene Gebiet. Im Unterschied zum Gebiet 3 werden an diesen Stationen vor allem höhere Temperaturen gemessen.
- (5) *Das südöstliche Alpenvorland* erhält wesentlich mehr Niederschlag (Jahresniederschlag rund 830 mm) als der Nordteil des Untersuchungsgebietes, wobei das Sommermaximum deutlicher ausgebildet ist. Die Häufigkeit von längeren Trockenperioden sinkt damit. Die Temperaturen sind im Vergleich zum Weinviertel nur geringfügig niedriger (JM=8,7 °C, M1=-1,5 °C, M7=18,4 °C).

Sieht man von den Temperaturunterschieden zwischen den Gebieten 2 und 3 - dem wärmsten bzw. dem kühlgsten Gebiet - ab, so erwies sich vor allem der Sommerniederschlag in einem multiplen Mittelwertsvergleich als differenzierender Faktor. Anhand dieser Größe läßt sich deutlich das pannonische (1 und 2) vom subillyrischen (3, 4 und 5) Klimagebiet abgrenzen. Die Walter-Lieth-Diagramme der Stationen Großenzersdorf und Leibnitz, die stellvertretend für die beiden Großräume herausgegriffen wurden, sollen das verdeutlichen.

Abb. 2: Lage der 33 Klimastationen und deren Einteilung in 5 Klimabezirke

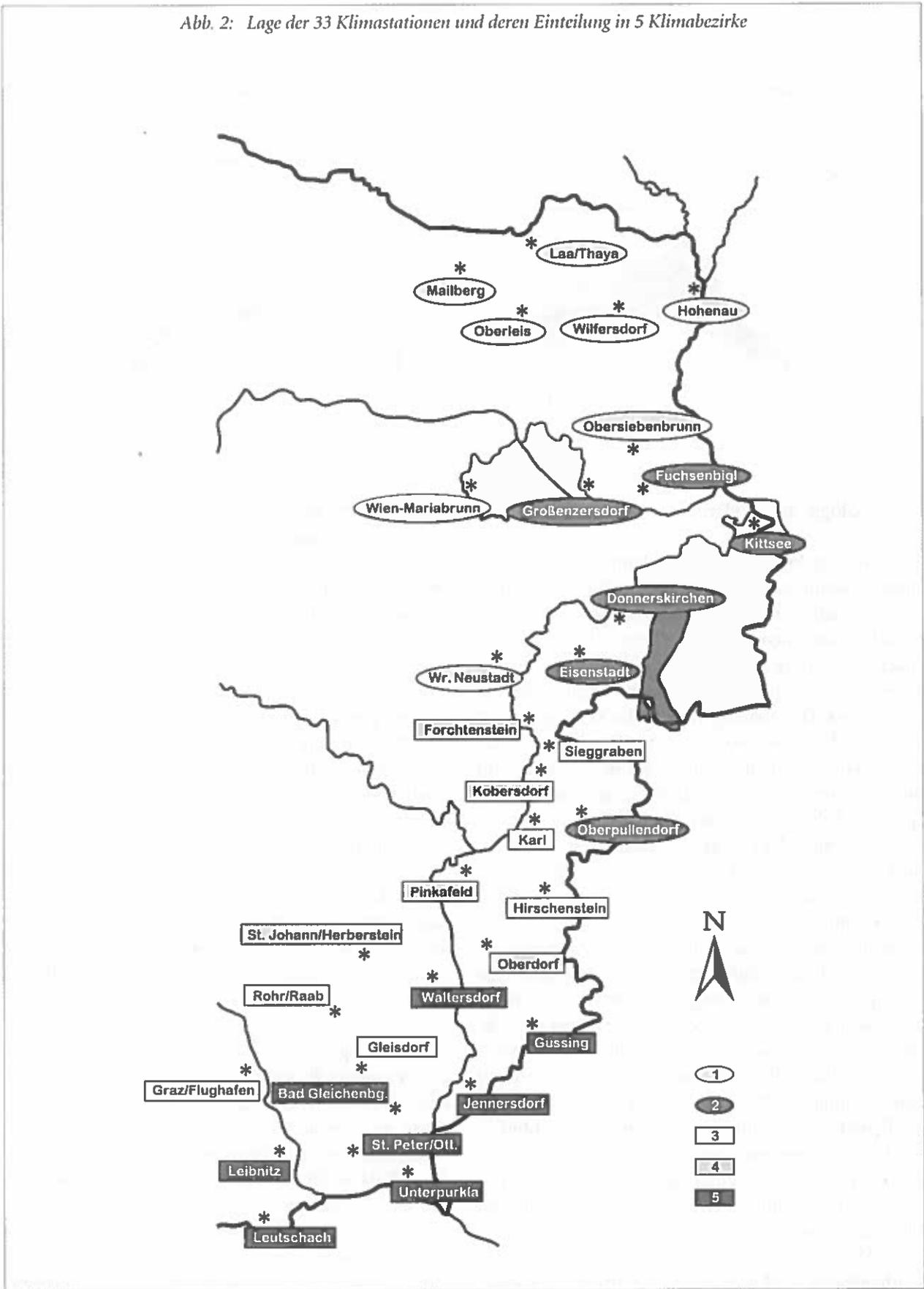
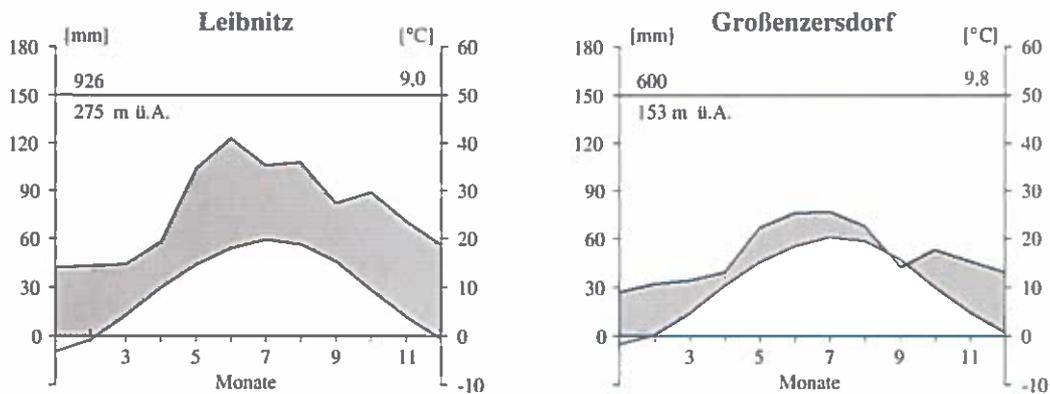


Abb. 3:

Walter-Lieth-Diagramme in der Skalierung 1:3 (10 °C entsprechen 30 mm Niederschlag) für zwei typische Stationen aus dem Norden und dem Süden des Arbeitsgebietes. Monate, in denen die Niederschlagslinie die Temperaturlinie unterschreitet bezeichnet man als Trockenmonate. Verwendet wurden die Mittelwerte der Periode 1931-60 (HYDROGRAPHISCHER DIENST 1983).



2.3 Geologie und Böden

Das Arbeitsgebiet ist geologisch hauptsächlich durch marine Sedimente (Tone, Mergel, Schlier, Sande und Schotter) aus dem Jungtertiär gekennzeichnet, die im Quartär zunehmend von Schottern und anderen limnisch-fluviatilen Sedimenten überlagert wurden. Letzteres ist vor allem im niederösterreichischen Teil der Fall, wo Donauablagerungen das Wiener Becken und das Marchfeld bedecken und ein wichtiges Ausgangsmaterial für die Bodenbildung darstellen. Im südöstlichen Alpenvorland hingegen finden sich quartäre Ablagerungen nicht so großflächig, sondern der Dimension der Gewässer entsprechend nur in relativ schmalen Streifen entlang den Flußniederungen der Mur, Raab, Feistritz, Lafnitz und Strem und von deren Zuflüssen.

Darüber lagern im gesamten östlichen Alpenvorland oft äolische Lockersedimente aus der letzten Eiszeit, die die Eigenschaften der heutigen Böden maßgeblich beeinflussen. Dieses feine Material wurde in den Kaltzeitsommern, als nach der Schneeschmelze die Endmoränen und Schotterfluren freilagen, durch den Wind und wahrscheinlich auch durch die gewaltigen Ströme dieser Perioden verfrachtet (BRIX 1970). Die Mächtigkeit der Decken nimmt mit abnehmender Seehöhe und gegen Osten hin zu. Im Hügelland sind sie oftmals von voreiszeitlichen silikatischen Braunlehmen kolluvial überlagert bzw. mit ihnen verzahnt.

Im Weinviertel und im Marchfeld bis hin zum Leithagebirge sind diese Lockersedimente karbonathaltig. Diese sogenannten Lössse bestehen nach MÜCKENHAUSEN (1975) zu 50-60 % aus Quarz und

zu circa 20 % aus anderen Silikatmineralien (Feldspäte und Glimmer) bei einem Kalziumkarbonatgehalt von 20-30 %. Obwohl der Gehalt an anderen Pflanzennährstoffen als Kalzium nicht hoch ist, so ist Löß trotzdem ein Ausgangsmaterial für gute Böden. Seine bodenphysikalischen Eigenschaften garantieren eine günstige Ausnutzung der vorhandenen Nährstoffe und gute Wasserhaltefähigkeit. Die Palette der Bodentypen, die sich darüber entwickelt haben, reicht von Braunerden über Parabraunerden bis hin zu Pseudogleyen und Tschernosemen. Daneben gibt es noch Auböden unterschiedlicher Entwicklungsstadien entlang der Donau und der March.

Sedimentpetrographische Untersuchungen von HÖLLER & KOLMER (1965) und KOLMER (1968) im südoststeirischen Raum ergaben, daß in den Staublehmen dieser Gegend kein Karbonat enthalten ist. Sie setzen sich zu 30-40 % aus Quarz, zu einem ebenso hohen Prozentsatz aus Glimmern (Muskovit, Biotit, Chlorit) und zu 10-20 % aus Feldspat zusammen, wobei das Quarz/Feldspat-Verhältnis, das als Maßzahl für die Verwitterungsintensität herangezogen wird, westlich der Mur deutlich höher ist als östlich der Mur. Nur an einem von rund 20 Punkten, wo auch geringfügig Kalzit nachgewiesen werden konnte (1-2 %), traten "Lößschnecken" auf, die unter anderem ein Kriterium für Löß darstellen. Die Korngrößenverteilung wiederum hatte überall das Maximum in der Grobschlufffraktion (20-63 µm), wie das auch für Lössse gefordert wird. Die Autoren sind der Ansicht, daß die Sedimentation sowohl äolisch als auch fluviatil vor sich gegangen sein muß. Über diesen feinkörnigen, dichten Staublehmdecken und undurchlässigen tertiären Sedi-

menten herrschen unter den Bodentypen Pseudogleye und Stagnogleye eindeutig vor.

In die Tertiärlandschaft des östlichen Alpenvorlandes ragen mehrfach Alpenausläufer fingerartig hinein:

Die Klippenzone, die von einem schmalen Streifen Flyschzone begleitet wird, tritt am Waschberg, in den Leiser Bergen, den Klippen von Staats, Falkenstein und Stützenhofen an die Oberfläche und setzt sich bis nach Südmähren fort. Es handelt sich dabei um harte fossilreiche Riffkalke aus dem Jura, u. a. die Ernstbrunner Kalke, die teilweise so hoch anstehen, daß man in diesem Bereich auch Rendsinen antreffen kann. Sie sind eingebettet in jüngere Mergel, Mergelkalke und Sandsteine der Waschbergzone (THENIUS 1974).

Im Nord- und Mittelburgenland laufen die Alpen in den Gebirgsstöcken des Leithagebirges, des Ödenburger und des Günser Berglandes aus. Sie setzen sich fast durchwegs aus saurem Gestein zusammen (metamorphe Granite und Gneise sowie zentralalpine Schiefer) und stellen eine geologisch und klimatisch heterogene Übergangszone dar. Zwischen diesen Gebirgszügen greift im Raum Neusiedler See und im Oberpullendorfer Becken von Osten her das Pannikum nach Österreich herein.

Eine Besonderheit stellt dabei das Leithagebirge dar. Dem Silikatsockel aus Glimmerschiefer mit kaum wechselnder Mineralzusammensetzung sind tertiäre Leithakalkbänke auf- und angelagert, die zum Teil wieder erodiert und umgelagert wurden. Darüber wurde stellenweise Löß abgelagert. Aus diesem bunten Mosaik von Substraten hat sich ein ebenso buntes Mosaik von Bodentypen entwickelt. Es ist auf engstem Raum mit silikatischen Felsbraunerden, Rendsinen, Kalkstein-Braunlehmen und ihren Übergängen sowie Lößbraunerden und Parabraunerden unterschiedlicher Lessivierungsgrade zu rechnen (KARRER 1992).

Als weitere geologische Fremdkörper in der tertiären Beckenlandschaft sind noch die Hainburger Berge und die neogenen Vulkankegel in der Südoststeiermark (Gleichenberger Kogel, Stradner Kogel, Klöcher Massiv, etc.) zu nennen.

Die Hainburger Berge bestehen einerseits aus Leithakalken und Kalken aus der Trias und andererseits aus sauren Tiefengesteinen (Granit und Granodiorit) und metamorphen Gesteinen (Paragneis und Glimmerschiefer). Sie sind geologisch den Kleinen Karpaten zuzurechnen.

Der Vulkanismus im Steirischen Becken steht im größeren Rahmen einer vulkanischen Tätigkeit, die sich von Kroatien und Slowenien über die südliche Steiermark und das Burgenland bis nach Ungarn erstreckt. Im steirischen Teil dieses Vulkanbogens wird

der miozäne, kaliumbetonte Vulkanismus im wesentlichen durch Latite (Trachyandesite, Trachyte) repräsentiert. Er zeigt sich in Schildvulkanen, von denen aber nur einer übertag in den Gleichenberger Kogel aufragt. Der jüngere (plio-/pleistozäne) Vulkanismus ist natriumbetont (Nephelinite). In der Nähe aller Kegel finden sich Tuffschlote (FLÜGEL & NEUBAUER 1984).

3. Methodik

3.1 Flächenauswahl

Das Ziel der Arbeit ist es, einen vegetations- und standortkundlichen Überblick über eichenreiche Wälder des östlichen Österreich zu geben. Da im Untersuchungsgebiet die Waldstücke nur mehr als inselartige Komplexe oder als schmale Auwaldgürtel entlang der Wasserläufe erhalten sind, schied im FIW-Projekt ein Rasterstichprobenverfahren zur Flächenauswahl aus. Die Auswahl der Probeflächen erfolgte vielmehr gezielt nach folgenden Kriterien:

- Hauptbaumart Eiche
- Alter über 60 Jahre
- Homogenität der Fläche
- Geomorphologie
- Besitzverhältnisse
- Bewirtschaftung

Man wollte dadurch ein möglichst breites Spektrum an Eichenstandorten erfassen, wobei man sich auf Stiel- und Traubeneiche, die beiden häufigeren Arten, beschränkte und Sonderstandorte sowie Bestände aus Zerr- und Flaumeiche ausklammerte. Das Mindestalter von 60 Jahren ergab sich aus der Überlegung, daß etwa erst ab diesem Alter eine Ansprache des Kronenzustands Unterschiede im Gesundheitszustand erkennen läßt. Es sollten Bestände aller Hanglagen und Expositionen in gleicher Weise erfaßt werden. Außerdem sollten die Flächen auf alle Besitzkategorien (Privatbesitz, öffentliche Hand, Agrargemeinschaften), die ja die Bewirtschaftungsart (als Hoch- oder Mittelwald) in hohem Maße bestimmen, verteilt sein. Bezüglich der Homogenität der Flächen wurde besonders auf die Ausgeglichenheit des Kleinreliefs, die Ausrichtung der Flächen quer zum Hang und das Einhalten eines gewissen Abstandes von Bestandesrändern geachtet. Daneben bestand die Forderung, Waldflächen, die bereits im Rahmen anderer Projekte des Instituts für Waldökologie oder des Instituts für Forstschutz untersucht wurden, in die Arbeiten miteinzubeziehen. Kein Auswahlkriterium war der Kronenzustand der Bäume.

Der Flächenauswahl der bundesweiten Waldbodenzustandinventur liegt ein starres Rasternetz mit einer Maschenweite von 8,7 x 8,7 km zugrunde. Das streng geometrische Raster der WBZI traf aus den eingangs genannten Gründen nur 17 mal auf Waldgesellschaften mit nennenswertem Eichenanteil.

3.2 Aufnahme und Aufbereitung der Vegetationsdaten

Die Geländearbeiten auf den Flächen der FIW (Standorte 1-57) fanden im Juli und August 1990 und 1991 statt. Die Flächen der WBZI (Standorte 58-74), die schon früher aufgenommen worden waren (vgl. ENGLISCH ET AL. 1992), wurden wegen der damals anders erhobenen, für diese Untersuchung nicht auswertbaren Baumschicht und wegen der bei KARRER (1991) genannten möglichen Fehlerquellen sämtliche im September 1993 kontrolliert und zum Großteil neu aufgenommen. Es ist anzumerken, daß der Frühjahrsaspekt durch die späten Aufnahmetermine im Sommer und Herbst besonders an den Auspendorten nicht ausreichend erfaßt ist.

Mit den unterschiedlichen Verfahren der Flächenauswahl war eine verschiedene Vorgangsweise bei der Umgrenzung der Vegetationsaufnahmeflächen verbunden, die in weiterer Folge zu unterschiedlichen Flächengrößen führte.

Auf den gezielt ausgewählten Flächen der FIW konnten rechteckige, jeweils 10 x 40 m große homogene Aufnahmeflächen abgesteckt werden. An den zufällig mit der Rastermethode der WBZI ausgewählten Punkten mußten dagegen die Aufnahmeflächen jeweils unterschiedlich und unregelmäßig umgrenzt werden, um den Anforderungen an die Einheitlichkeit des Standorts, der Vegetation und des Bestands gerecht zu werden. Die Flächengrößen lagen hier zwischen 85 m² und 250 m², im Durchschnitt bei ca. 150 m². Trotz des geringeren Flächenausmaßes wurden etwa die gleichen Artenzahlen erreicht wie auf den 400 m² großen FIW-Flächen. Die Mooschicht wurde nur bei den WBZI-Flächen aufgenommen. Sie konnte daher für die numerischen Auswertverfahren nicht berücksichtigt werden. In einigen Fällen war es in Kenntnis der Ökologie dieser Arten jedoch möglich, Moose in den Vegetationstabellen zu verwenden.

Die Schätzung der Deckungswerte erfolgte nach der herkömmlichen Artmächtigkeitskala nach BRAUN-BLANQUET (1951). Die Klasse "r" wurde nur bei den 1993 neu aufgenommenen WBZI-Flächen ausgewiesen, sodaß sie in der gemeinsamen Datenauswertung

mit der Klasse "+" zusammengefaßt werden mußte. Als Strauchschicht wurden verholzende Gewächse oder auf diesen windende nicht holzige Pflanzen zwischen Kniehöhe und ca. 5 m Höhe angesprochen. Die Aufgliederung der Baumschicht in Oberschicht (B1), Mittelschicht (B2) und Unterschicht (B3) wurde bei den FIW-Flächen anhand der angefertigten Bestandesgrund- und -aufrisse, bei den Flächen der WBZI unmittelbar im Gelände durchgeführt.

Zur weiteren Auswertung der Daten wurden die Deckungswerte entsprechend den Überlegungen von VAN DER MAAREL (1979) folgendermaßen in Zahlenwerte umgewandelt:

Fehlen.....0	3.....7
+2	4.....8
1.....3	5.....9
2.....5	

Diese Transformation entspricht annähernd der Wurzelfunktion der mittleren Deckungsprozente jeder Artmächtigkeitsklasse nach BRAUN-BLANQUET und bedeutet eine relative Aufwertung von niedrigen gegenüber hohen Deckungswerten. Dem liegt die Überlegung zugrunde, daß das Vorkommen oder Fehlen einer Art ökologisch bedeutsamer ist als das Ausmaß, in dem sie vorkommt (vgl. SCHUME 1992). Pflanzenarten, die in derselben Aufnahme in mehreren Schichten vorkamen, wurden in der numerischen Auswertung nur einmal mit dem jeweils höchsten Artmächtigkeitswert oder, wo dieser bekannt war, mit einem Gesamtwert berücksichtigt. Mit den derart transformierten Werten wurden diverse Ordinations- und Klassifikationsverfahren gerechnet.

Vor der eigentlichen pflanzensoziologischen Tabellenarbeit wurden die Arten und Aufnahmen mit dem Programm TWINSPAN (HILL 1979) vorsortiert. In einem zweiten Schritt wurde gutachtlich die Anordnung der Arten verändert, um Artenblöcke zu erhalten, die zur Trennung der Gesellschaften verwendet werden können. Weiters war es nötig, einzelne Aufnahmen oder auch Aufnahmeblöcke umzustellen oder innerhalb von Blöcken die Aufnahmen anders anzuordnen. Änderungen waren vorallem deshalb nötig, weil TWINSPAN die Zusammensetzung der Baumschicht, die besonders stark durch die Bewirtschaftung beeinflusst wird, als Teilungskriterien sehr in den Vordergrund rückt. Die Erstellung der endgültigen Vegetationstabellen war weit mehr von Hintergrundwissen über die Reaktion der Arten auf menschliche Einflüsse geprägt, seien es nun direkte Eingriffe, etwa die Pflanzung einer Baumart, oder indirekte, die beispielsweise über die Veränderung der Lichtverhältnis-

se wirken. Bodenkundliche und sonstige Standortdaten wurden dabei auch berücksichtigt.

In den Vegetationstabellen (Anhang, Tab. 12-14) werden Assoziationen, die geographisch und standörtlich benachbart auftreten, gemeinsam präsentiert. Um Platz zu sparen, wurden teilweise die verschiedenen Schichten, in denen eine Art vorkommt, zusammengefaßt. Seltener vorkommende, in der Tabelle nicht enthaltene Arten finden sich im Anhang. Zum Vergleich von Assoziationen, die in verschiedenen Tabellen enthalten sind, wird eine Stetigkeitstabelle (Anhang, Tab. 11) mit den wichtigsten Assoziationen unseres Arbeitsgebiets angeboten. Zusätzlich sind darin die aus der südlichen Slowakei stammenden Aufnahmen der Originaldiagnose des *Festuco heterophyllae-Quercetum* enthalten, das in unserer Arbeit erstmals für Österreich nachgewiesen wurde. Die Stetigkeiten sind in Prozenten angegeben, da zur Verwendung der sonst üblichen fünf Stetigkeitsklassen meist zu wenig Aufnahmen vorliegen. Außerdem ist bei jeder Art die maximal in der Gesellschaft erreichte Artmächtigkeit angegeben.

Die Nomenklatur folgt bei den Gefäßpflanzen EHRENDORFER (1973), bei den Moosen FRAHM & FREY (1983).

3.3 Bodenproben

Die Bodenproben wurden, was das FIW-Projekt anbetrifft, an fünf gleichmäßig über die Fläche verteilten Punkten gewonnen, an denen zuvor innerhalb eines 30 x 30 cm Edelstahlrahmens der Auflagehumus vom Mineralboden abgezogen und in Säcke gefüllt worden war. Die Bodenprobennahme erfolgte volumsrichtig mit einem teflonbeschichteten Bodenbohrer aus Edelstahl von 70 mm effektivem Werbedurchmesser. Die gewonnenen Proben wurden bis zur Aufarbeitung in Styroporhalbschalen bei 5 °C gelagert. Die Beschreibung des Humus (Mächtigkeit, Material, Lagerung, Durchwurzelung) erfolgte bei dessen Werbung im Gelände, während die Ansprache der Bodenprofile erst im Labor geschah. Dabei wurden die fünf Profile jedes Standortes nebeneinander aufgelegt, und der Bodentyp nach den erkennbaren genetischen Bodenhorizonten und -merkmalen (Struktur, Bodenart, Skelettgehalt, Farbe, Bänderung, Konkretionen, Durchwurzelung) festgestellt. Die Bohrerkerne wurden anschließend nach geometrischen Horizonten zerteilt und in Wurzeln, Fein- und Grobboden (> 2 mm) aufgetrennt. Von jeder Fraktion wurde die Trockenmasse bestimmt, um dann auf volumsbezogene

Nährstoffvorräte des lufttrockenen Feinbodens hochrechnen zu können. Die fünf Einzelproben je Fläche wurden nach der Profilbeschreibung und der Aufarbeitung horizontweise zu Mischproben vereinigt und auch als solche analysiert. Die chemischen Analysen wurden vom lufttrockenen Feinboden gemacht.

Diese aufwendige Vorgangsweise zur Bestimmung von volumsbezogenen Elementmengen war in der wesentlich umfangreicheren Waldbodenzustandsinventur nicht durchführbar, sodaß man sich in der gemeinsamen Auswertung der Daten auf den kleinsten gemeinsamen Nenner beschränken mußte und nur Elementgehalte der obersten drei Horizonte (0-10 cm, 10-20 cm und 20-40 cm) für Berechnungen heranziehen konnte. Die analysierten Bodenproben der WBZI waren tiefenstufenweise Mischproben aus drei Profilgruben. Eine genaue Beschreibung des Probeflächendesigns in der WBZI findet man bei ENGLISCH ET AL. (1992).

Die Elementanalysen und pH-Messungen erfolgten in beiden beteiligten Labors (Institut für Waldökologie, BOKU und Institut für Forstökologie, FBVA) nach ähnlichen Methoden, sodaß in dieser Hinsicht eine weitgehende Vergleichbarkeit der Daten gegeben ist:

Zur Bestimmung der pH-Werte in $H_2O_{deion.}$ und in 0,01 m $CaCl_2$ -Lösung wurden zwei Teilmengen vom frischen Feinboden genommen. Die chemischen Analysen wurden vom lufttrockenen Feinboden gemacht.

Der Gesamtkohlenstoffgehalt wurde durch Verbrennen der Probe im Sauerstoffstrom konduktometrisch (BOKU) bzw. durch IR-Detektion (FBVA) des freigesetzten CO_2 bestimmt (Wösthoff-Carmhomat). Bei karbonathaltigen Böden mußte der im Karbonat enthaltene Kohlenstoff vom Gesamtkohlenstoffgehalt subtrahiert werden, um zum Gehalt an organischem Kohlenstoff zu gelangen. Der Karbonatgehalt wurde gasvolumetrisch nach Scheibler gemessen. Der Gesamtstickstoffgehalt wurde nach Kjeldahl in einem Destillationsapparat (Kjeltec) ermittelt.

Zur Gesamtphosphorbestimmung wurden die Mineralbodenproben mit einem Gemisch aus Salpetersäure und Perchlorsäure aufgeschlossen. Die Messung erfolgte kolorimetrisch im Flow-Injection-Analyser (FIA) mit gelbem Farbkomplex (BOKU) bzw. spektralphotometrisch nach der Molybdänblau-Methode (FBVA).

Die austauschbaren Kationen wurden im Bariumchloridauszug (0,1 m) bestimmt. Die Auszüge wurden über Nacht stehengelassen, dann zwei Stunden aufgeschüttelt und nach dem Filtern wurden die Elementgehalte von K, Ca, Mg, Na, Al, Mn und Fe mittels Atomabsorptionsspektroskopie (AAS) gemessen. Details zur Analytik finden sich in den Richtlini-

en der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft (BLUM ET AL. 1986) und bei HUBER (1993).

3.4 Kronenansprache

Als Grundlage für die Beurteilung der Schädigung der Bestände wurde die Kronenverlichtung der Bäume auf den Probeflächen herangezogen, die eine unspezifische Reaktion der Bäume auf verschiedene Belastungen darstellt. Die Kronenverlichtung wurde durchwegs gegen Ende der Vegetationsperiode geschätzt. Im FIW-Projekt geschah diese Ansprache in Niederösterreich durch Personal der niederösterreichischen Landesforstbehörde, in der Steiermark und im Burgenland durch Angehörige des Institutes für Waldökologie. Alle wurden an der FBVA eingeschult. Die Verlichtungsschätzung auf den WBZI-Flächen wurde von Leuten der Waldschadensbeobachtungsgruppe der FBVA (WBS) durchgeführt. Folgender Schlüssel lag den Ansprachen zugrunde:

Tab. 2: Kronenanspracheschlüssel von NEUMANN & POLLANSCHÜTZ (1988).

- 1 volles Kronenbild durch dichte Belaubung in allen Kronenbereichen.
- 2 leichte Verlichtung meist in der Oberkrone beginnend; der Kronenraum ist nicht mehr vollständig ausgefüllt.
- 3 deutliche Verlichtung im gesamten Kronenbereich, die Äste werden in ihrem Verlauf deutlich erkennbar, mehrere dürre Zweige im oberen Kronenbereich, aber keine dürren Äste.
- 4 starke Verlichtung, dürre Zweige und abgestorbene Äste, verbleibende Äste sind zum Teil mit kurzen Trieben wasserreiserartig ummantelt.
- 5 abgestorbene Eiche(nkrone).

Die Einteilung in Schadklassen wurde dadurch kontrolliert, daß zusätzlich der Blattverlust in Fünfprozentstufen erhoben wurde. Dabei entsprachen die Blattverlustklassen ungefähr wie folgt den Verlichtungsstufen:

Verlichtungsstufe 1	0 - 10 %	Blattverlust
Verlichtungsstufe 2	15 - 30 %	Blattverlust
Verlichtungsstufe 3	35 - 55 %	Blattverlust
Verlichtungsstufe 4	60 - 85 %	Blattverlust
Verlichtungsstufe 5	90 - 100 %	Blattverlust

3.5 Statistische Auswertung

Für die Auswertung der vegetationskundlichen Daten wurden die Programmpakete SYNTAX IV (PODANI 1990), CANOCO 3.12 (TER BRAAK 1991) und TWINSPAN (HILL 1979) verwendet, die bodenkundlichen Daten wurden mit SPSS (SPSS GMBH. SOFTWARE 1993) ausgewertet.

Die multivariaten Verfahren, die in dieser Arbeit zur Anwendung kamen (Faktoren-, Cluster-, und Diskriminanzanalyse), sind bei BACKHAUS ET AL. (1994) detailliert beschrieben und bei SCHUME ET AL. (1995) zusammengefaßt. Wegen ihrer zentralen Bedeutung für diese Arbeit sei hier nur die kanonische Korrespondenzanalyse herausgegriffen und etwas näher erläutert.

Die Korrespondenzanalyse (CA) wurde von HILL (1973) in die Ökologie eingeführt und bedient sich eines Algorithmus, der als "reciprocal averaging" (gewichtete Mittelwertbildung) bekannt wurde. Dieses Rechenverfahren stellt eine sehr einfache Ordinatonstechnik dar. Man kann zum Beispiel die Zeigerwerte nach Ellenberg dazu verwenden, Vegetationsaufnahmen nach Feuchte-, Stickstoff-, Reaktionszahl etc. zu reihen. Man erhält sogenannte Aufnahme-rangwerte, indem man die Zeigerwerte der Arten mit deren Deckungswerten gewichtet und für jede Aufnahme über die Arten mittelt. Umgekehrt ist es möglich, wenn man die Ansprüche der Arten nicht kennt, über eine gemessene Umweltgröße gewichtete Mittelwerte für die Arten zu berechnen. Diese Artrangwerte sind eine Abschätzung der Optima der Arten hinsichtlich der betreffenden Umweltvariablen. Ordnet man sie der Größe nach, erhält man eine Achse, die das Artverhalten bezüglich dieser Variablen beschreibt. Die Korrespondenzanalyse sucht nach der Achse, die die Optima der Arten am weitesten aufspreitet, das heißt, die die größte Varianz erfaßt.

Zu dem Zweck wird die gewichtete Mittelwertbildung iterativ wiederholt, indem man aus den erhaltenen Aufnahme-rangwerten Artrangwerte und daraus wieder Aufnahme-rangwerte berechnet usw. Dabei wird schrittweise die Aufspreitung der Artenoptima und der Aufnahmen immer größer, bis schließlich ein Maximum erreicht wird. Diese Lösung ist unabhängig vom gewählten Startvektor, d.h. er kann beliebige Zahlen, Aufnahme-nummer, Zeigerwerte oder gemessene Umweltvariablen enthalten. Die Achse, die man nach der letzten Iteration erhält, wird erste CA-Achse genannt. Ihr Eigenwert ist ein Maß für die Aufspreitung und damit für die Bedeutung der Achse. Die Extraktion weiterer CA-Achsen unterliegt der Bedingung, daß sie mit

den vorigen Achsen unkorreliert sind. Dadurch soll gewährleistet werden, daß neue Information auf ihnen abgebildet wird. Ziel ist es, möglichst viel Information durch möglichst wenige Achsen zu vermitteln.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß Aufnahmen und Arten gleichzeitig gereiht werden, und daß nur mit Vegetationsdaten alleine gerechnet wird. Die Korrespondenzanalyse zählt also zu den Verfahren der indirekten Gradientenanalyse, bei denen die extrahierten Achsen, die Linearkombinationen aus den Eingangsvariablen (hier Arten) darstellen, über die Ansprüche der Arten interpretiert werden müssen.

In der kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) versucht man die Interpretation der Achsen zu erleichtern, indem man Umweltvariable direkt in die Berechnungen miteinbezieht. Es wird nach jedem Iterationsschritt der gewichteten Mittelwertbildung eine multiple Regression nach den Umweltvariablen ausgeführt, um die Ausgangswerte für den nächsten Rechenzyklus zu erhalten. Die CCA wird auch "eingeschränkte Korrespondenzanalyse" genannt, weil die maximale Aufspaltung der Aufnahmen der Bedingung unterliegt, daß die Ordination auch den Umweltdaten Rechnung tragen muß. Mit anderen Worten, es wird eine Ordination nach den Vegetationsdaten durchgeführt, wobei schrittweise versucht wird, einen Ausgleich nach den Umweltvariablen derart zu bewerkstelligen, daß die endgültige Lösung beiden Datenmatrizen möglichst gut gerecht wird.

Der multiple Korrelationskoeffizient der letzten Regression, der für jedes Arten-Umweltachsenpaar (Inter-set Korrelation) ermittelt werden kann, ist ein Maß für den Zusammenhang zwischen den beiden Datenräumen. Je höher diese sind, umso weniger muß die Ordination, die sich aus den Vegetationsdaten ergibt, nach den Umweltvariablen korrigiert werden. Allerdings können auch Achsen mit niedrigen Eigenwerten hohe Inter-set Korrelationen aufweisen, sodaß das Augenmerk in erster Linie auf den Eigenwerten liegen muß.

Die Intra-set Korrelationen drücken den Zusammenhang zwischen den einzelnen Umweltvariablen und den CCA-Achsen aus. Die kanonische Korrespondenzanalyse (CCA) ist also eine Methode, die darauf abzielt, Art und Ausmaß des Zusammenhanges zwischen zwei Datenmatrizen zu ermitteln.

4. Ergebnisse

4.1 Chemische Bodenuntersuchungen

Um in diesem begrenzten Arbeitsgebiet bodenkundlich eine höhere Auflösung zu erreichen als in der Auswertung der WBZI-Daten aus ganz Österreich, in der die ursprünglich 29 angesprochenen Bodentypen zu 9 Gruppen zusammengefaßt wurden (vgl. ENGLISCH 1992), wurde bezüglich der Einteilung in Bodentypen der Weg zurück zu einer feineren Gliederung beschritten.

So wurden innerhalb der Gruppe "Braunerden auf Lockersediment" Braunerden und Parabraunerden wieder unterschieden, die Gruppe "Pseudogleye und Gleye" wieder nach tag- und grundwasserbeeinflussten Böden aufgetrennt, wobei bei hoch hinaufreichendem Stauwassereinfluß und langanhaltender Naßphase Stagnogleye ausgeschieden wurden. Weiters sind aufgrund der Waldverteilung - in Nordostösterreich kommen Wälder nur mehr als inselartige Komplexe oder als Streifen entlang der Flußläufe vor - und wegen der subkontinentalen Klimatönung in Ostösterreich Auböden, humos-hydromorphe Bodenbildungen (Feuchtschwarzerden, Anmoorgleye) und Schwarzerdeformen (braune Tschernoseme) von größerer Relevanz als im gesamtösterreichischen Zusammenhang. Diese Bodentypen, die die WBZI in der Gruppe "Sonstige" zusammenfaßte, wurden als eigene Kategorien behandelt.

Im Fall von Übergangsformen, z.B. pseudovergleyte Parabraunerde oder vergleyter Auböden, wurde, so eine eindeutige Zuordnung zu einem Bodentyp vonnöten war, das dominierende Merkmal herangezogen. In den oben genannten Beispielen wären demnach die Böden den Kategorien "Parabraunerde" bzw. "Auböden" zugeteilt worden.

Die Palette der Böden reichte somit von basenarmen Braunerden, Parabraunerden und Pseudogleyen über Stagnogleye und Schwarzerdebildungen bis hin zu Auböden. Gleye selbst wurden nicht angetroffen, jedoch gab es in einigen Fällen deutliche Vergleymerkmale. Im folgenden sind unter dem Titel "Schwarzerden" braune Tschernoseme und Feuchtschwarzerden zusammengefaßt.

4.1.1 Diskriminanzanalyse der Bodentypen

In einer Diskriminanzanalyse sollte geprüft werden, wie weit sich diese Einteilung in Bodentypen anhand bodenchemischer Parameter nachvollziehen läßt, und welche analytischen Größen sich am besten zur Unterscheidung der Bodentypen eignen. Als bodenkundlich wichtige Größen wurden der $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert, die Kationenaustauschkapazität (KAK), die Basensättigung (BS) und die Gehalte an organischem Kohlenstoff (C_{org}) und Gesamtstickstoff (N_{ges}) ausgewählt. Ausgehend von der Überlegung, daß ein Bodentyp nicht nur durch die absolute Höhe dieser Kenngrößen, sondern vor allem auch durch deren Änderung über die Tiefe charakterisiert wird, gingen neben den Absolutwerten der zweiten Tiefenstufe (10-20 cm) die Änderungen gegenüber der ersten und der dritten Tiefenstufe in die Berechnungen ein. Die Stickstoffdifferenz zwischen zweitem und drittem Horizont wurde ausgeschieden, weil sie im F-Test mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von über 5 % behaftet war, und somit bei univariater Betrachtung keine gesicherten Mittelwertsunterschiede zwischen den Gruppen vorlagen. Auch im multivariaten Zusammenhang verbesserte sich durch ihre Hinzunahme das Ergebnis nicht.

Mit Hilfe von drei statistisch gesicherten Diskriminanzfunktionen aus den 14 Eingangsgrößen ließen sich insgesamt 73 % der Fälle richtig klassifizieren, d.h. sie wurden aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften dem richtigen Bodentyp zugeteilt. Die Trefferquote war in allen Fällen höher als diejenige, die man bei rein zufälliger Zuordnung erreichen würde (vgl. apriori-Wahrscheinlichkeiten in Tab. 3).

Besonders hoch war sie bei den Auböden und Schwarzerden. Grobe Unschärfen ergaben sich zwischen den Parabraunerden und den Pseudogleyen, was wegen des fließenden Überganges zwischen den beiden Bodentypen nicht verwunderlich ist. Die meisten Parabraunerden neigen aufgrund der Tonanreicherung im Unterboden zum Tagwasserstau und zeigen daher Pseudovergleyungsspuren. Auch der Verarmungshorizont der Parabraunerden, der sich in größeren KAK-, BS- oder pH-Differenzen zu den benachbarten Horizonten niederschlagen sollte, schied als Unterscheidungsmerkmal aus, weil nicht nach genetischen sondern nach geometrischen Horizonten vorgegangen wurde, und der Eluvialhorizont selten nur in einer Tiefenstufe lag.

Tab. 3:

Klassifikationsmatrix der Diskriminanzanalyse und apriori-Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Bodentypen, die sich aus der Mitgliederzahl der Gruppen berechnen.

Güte der Klassifikation:		"Richtig" klassifizierte Fälle: 73%					
		vorhergesagte Gruppe					
	n	1	2	3	4	5	6
1	Auböden	5	4 80,0%		1 20,0%		
2	Schwarzerden	6		6 100,0%			
3	Braunerden	14			11 78,6%	2 14,3%	1 7,1%
4	Parabraunerden	13			2 15,4%	4 30,8%	7 53,8%
5	Pseudogleye	29			2 6,9%	2 6,9%	25 86,2%
6	Stagnogleye	7				3 42,9%	4 57,1%
apriori-Wahrscheinlichkeiten:			Gruppe 1	7%	Gruppe 4	18%	
			Gruppe 2	8%	Gruppe 5	39%	
			Gruppe 3	19%	Gruppe 6	9%	

Tab. 4: Statistische Ergebnisse der Diskriminanzanalyse von Bodentypen nach ihren chemischen Eigenschaften

Diskriminanzfunktionen:							
	Eig.-wert	Eig.-wert anteil	Kanon. Korr.	Wilks' Lambda	Chi ²	df	Irrtumsw.
Funktion 1	2,355	51,4%	0,84	0,0542	183,69	70	0,000
Funktion 2	0,889	19,4%	0,69	0,1817	107,43	52	0,000
Funktion 3	0,731	15,9%	0,65	0,3433	67,35	36	0,001
Funktion 4	0,445	9,7%	0,56	0,5942	32,80	22	0,065
Funktion 5	0,165	3,6%	0,38	0,8586	9,60	10	0,476

Diskriminatorische Bedeutung der Merkmalsvariablen:

Gruppenmittelwerte:

	pH2	pH2-1	pH3-2	Corg2	Corg2-1	Corg3-2	Nges2
Auböden	6,1	0,2	0,2	1,66	-2,26	-0,90	0,13
Schwarzerden	6,2	0,2	0,6	1,52	-1,43	-0,44	0,13
Braunerden	4,3	0,0	0,1	1,09	-1,84	-0,51	0,07
Parabraunerden	4,4	0,1	0,2	1,02	-1,57	-0,44	0,08
Pseudogleye	4,1	-0,1	0,2	1,08	-1,44	-0,45	0,09
Stagnogleye	4,0	0,1	0,1	1,31	-2,49	-0,57	0,12
	Nges2-1	KAK2	KAK2-1	KAK3-2	BS2	BS2-1	BS3-2
Auböden	-0,15	14,58	-5,85	-4,22	91,95	-3,64	4,29
Schwarzerden	-0,10	20,64	-1,75	0,60	98,92	0,34	0,66
Braunerden	-0,11	4,70	-2,96	-0,14	28,14	-18,09	8,41
Parabraunerden	-0,09	9,42	-1,43	2,65	49,56	-1,99	20,98
Pseudogleye	-0,09	9,27	-1,07	2,15	40,25	-11,57	18,94
Stagnogleye	-0,15	4,99	-2,33	0,72	19,88	-3,02	13,19

Variable	Wilk' s Lambda und F-Test:				Standardisierte Diskriminanzkoeffizienten:			
	L	F-Wert	Irrtumsw.	Bedeutung	Funktion 1		Funktion 2	
					Koeff.	Bedeutung	Koeff.	Bedeutung
KAK2	0,4442	17,01	0,000	1	0,609	1	0,370	9
pH2	0,4646	15,67	0,000	2	0,518	2	0,073	13
BS2	0,4965	13,79	0,000	3	0,515	3	0,410	7
KAK3_2	0,6875	6,18	0,000	4	0,410	4	0,068	14
N2	0,7160	5,39	0,000	5	0,347	5	0,224	12
C2_1	0,7627	4,23	0,002	6	0,314	6	0,693	3
C2	0,7833	3,76	0,005	7	-0,275	7	-0,381	8
KAK2_1	0,7947	3,51	0,007	8	-0,273	8	0,793	1
BS2_1	0,8136	3,11	0,014	9	0,198	9	0,262	10
N2_1	0,8159	3,07	0,015	10	-0,189	10	-0,586	6
C3_2	0,8185	3,02	0,016	11	-0,174	11	-0,255	11
pH2_1	0,8249	2,89	0,020	12	-0,142	12	0,623	5
BS3_2	0,8278	2,83	0,022	13	0,055	13	-0,738	2
pH3_2	0,8495	2,41	0,045	14	0,049	14	0,685	4

Innerhalb der ersten Diskriminanzfunktion, die mit 51 % den bei weitem höchsten Eigenwertanteil aufweist, kommt die größte diskriminatorische Bedeutung der Kationenaustauschkapazität, gefolgt vom $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert und der Basensättigung des zweiten Horizontes zu. Anhand dieser Größen spalten sich die Auböden und Schwarzerden klar von den übrigen Bodentypen ab. Die sorptionsschwächsten Böden sind unter den Stagnogleyen und Braunerden zu finden (vgl. Abb. 4 und Tab. 4).

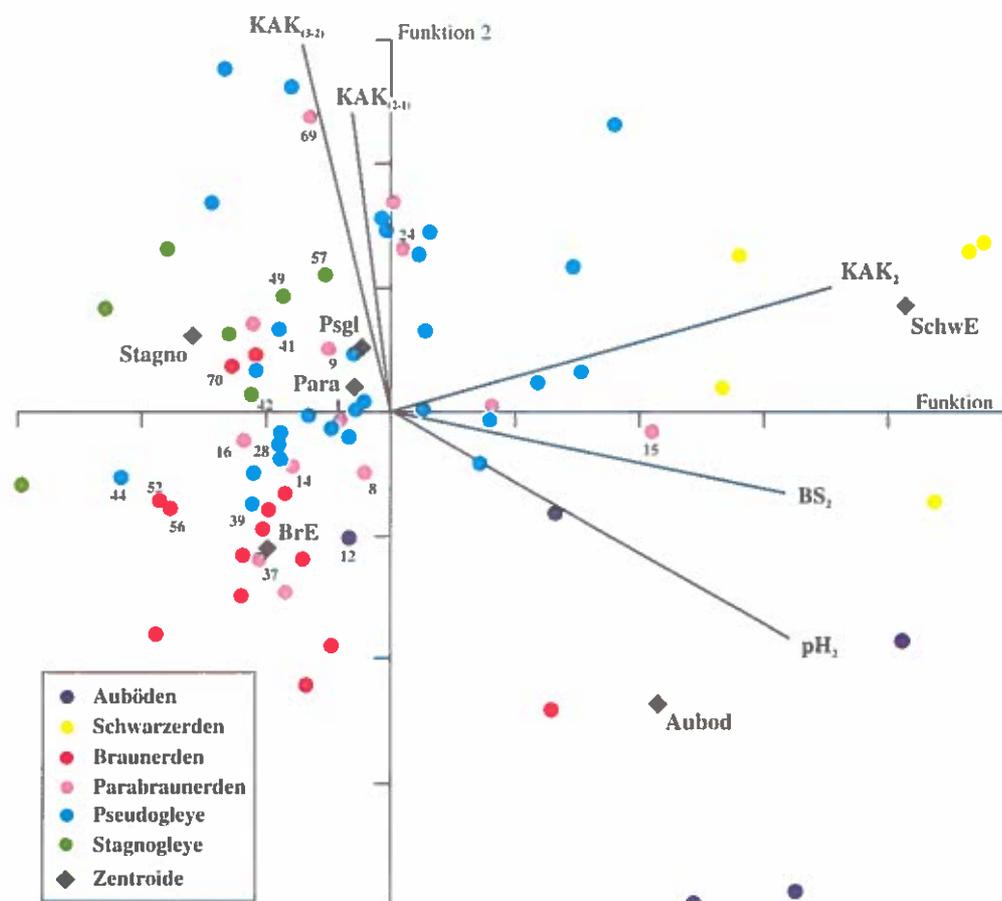
Die zweite Funktion (Eigenwertanteil 19 %) ist geprägt von der Veränderung der oben genannten Größen mit der Tiefe, wobei bezüglich der ersten beiden Tiefenstufen auch die organische Komponente (C_{org} und N_{ges}) etwas in den Vordergrund tritt. Bodentypen mit einem hohen Tongehalt im Unterboden, wie Pseudogleye und Parabraunerden, sind durch einen sprunghaften Anstieg der KAK vom zweiten auf den dritten Horizont gekennzeichnet. Damit ist fast

immer auch ein Ansteigen der Basensättigung und des pH-Wertes verbunden. Der Lößeinfluß, der im nordöstlichen Alpenvorland häufig gegeben ist, kann sich diesbezüglich noch verstärkend auswirken.

Das andere Extrem stellen die Auböden dar, die bei jedem Hochwasser nährstoffreiches Material mit einem hohen Anteil an organischer Substanz und entsprechend hoher Kationenaustauschkapazität aufgelagert bekommen oder bekamen. Die KAK nimmt innerhalb dieses Bodentyps mit der Tiefe stark ab, dies umso mehr, als die Auböden in tieferen Schichten durchwegs durch eine leichte Bodenart (sandiger Lehm bis Sand) charakterisiert sind. Die Schwarzerden, die über alle drei Tiefenstufen einen hohen Gehalt an organischer Substanz aufweisen, sind demnach auch über den gesamten Bereich reich an austauschbaren Kationen. Wenig Veränderung der KAK ist auch bei den Braunerden und Stagnogleyen gegeben. Sie liegen diesbezüglich aber auf einem viel niedrigeren Niveau.

Abb. 4:

Ergebnis der Diskriminanzanalyse im Biplot; es wurden nur die Variablen mit der größten Trennkraft eingezeichnet; die falsch klassifizierten Standorte wurden mit ihren Kennzahlen versehen.



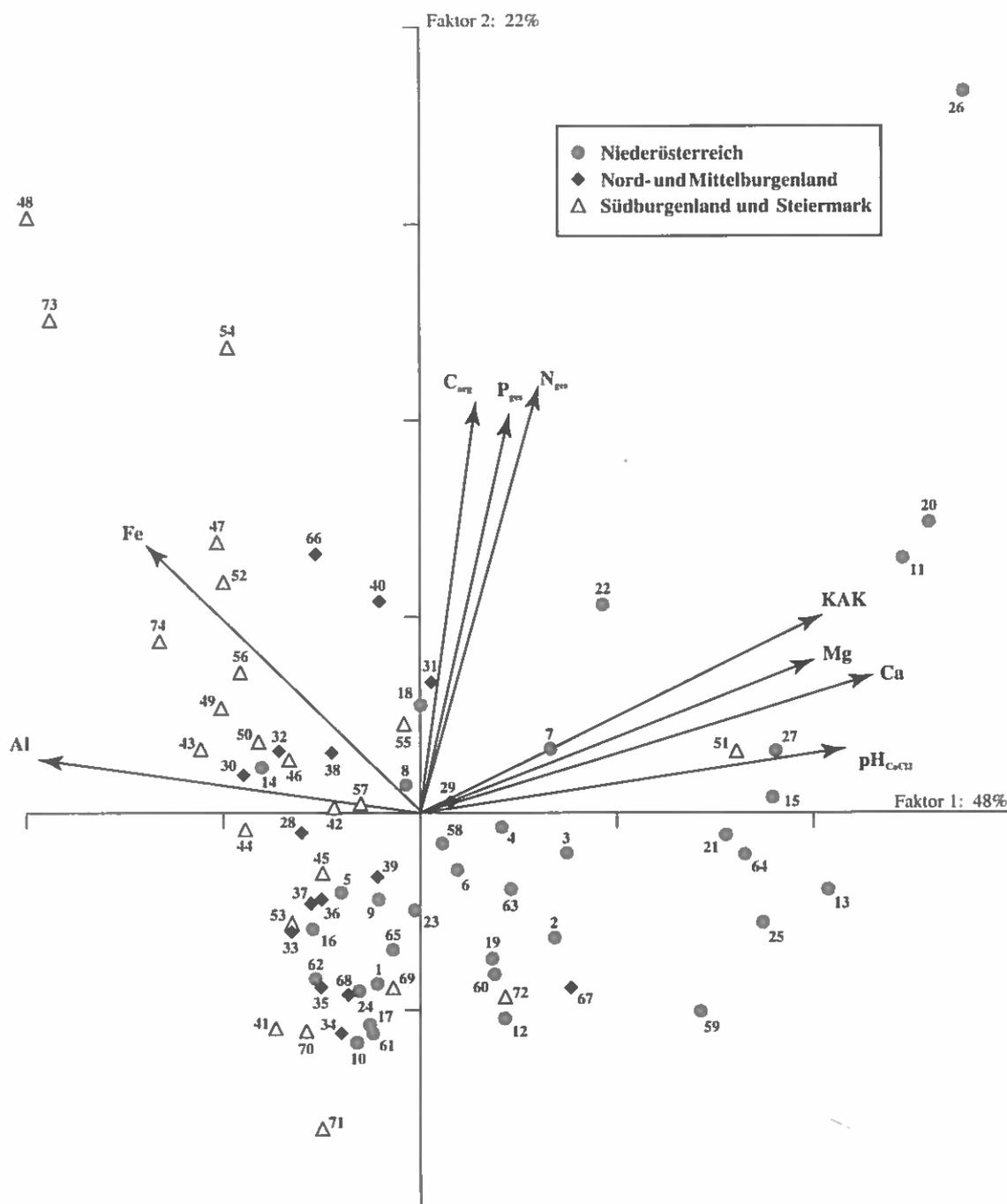
4.1.2 Faktorenanalyse der Oberbodenkennwerte
 Die chemischen Kennwerte des obersten Mineralbodens (0-10 cm), die neben Faktoren wie Feuchtigkeit und Licht für die Verjüngungs- und Wachstumsbedingungen der Bodenvegetation von maßgeblicher Bedeutung sind, wurden einer Faktorenanalyse unterworfen. Ziel war es, die Variablen zu einigen wenigen Hauptfaktoren zusammenzufassen, um diese dann in einer kanonischen Korrespondenzanalyse ge-

meinsam mit anderen Umweltvariablen mit den Vegetationsdaten zu verschneiden.

Die Gehalte an C_{org} , N_{ges} , P_{ges} , an austauschbaren Kationen (K, Ca, Mg, Al, Mn, Fe), die pH_{CaCl_2} -Werte und die KAK-Summen wurden in die Berechnungen miteinbezogen. Eine Varimax-Rotation der Hauptfaktoren wurde durchgeführt, um eine eindeutigere Belegung der Achsen mit den Eingangsvariablen zu erhalten.

Abb. 5:

Grundriß der Faktorenanalyse mit ausgewählten Bodenparametern; die Standorte sind nach Großräumen zu Gruppen zusammengefaßt.



Aus Tabelle 5 ist ersichtlich, daß der erste Hauptfaktor als pH-Achse zu werten ist. Die Kalzium- und Magnesiumgehalte sind hoch positiv mit den pH-Werten korreliert, ebenso die Kationenaustauschkapazität. Eisen und Aluminium, die erst bei niedrigen pH-Werten verstärkt mobil werden, laden erwartungsgemäß hoch negativ auf dieser Achse. Die zweite Achse kann als Achse der organischen Substanz interpretiert werden mit hohen Ladungen von C_{org} , N_{ges} und P_{ges} . Die dritte Achse bildet im wesentlichen nur mehr die Varianz von Mangan ab.

Tab. 5:
Ladungsmuster von 11 bodenchemischen Größen auf die Hauptfaktoren mit einem Eigenwert >1. Werte über 0,5 sind durch eine Schattierung hervorgehoben. Erklärte Varianzanteile: Faktor 1 48 %, Faktor 2 22 % und Faktor 3 10 %.

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Ca	0,94	0,29	-0,02
pH	0,90	0,14	-0,21
KAK	0,84	0,41	0,05
Mg	0,82	0,32	0,11
Al	-0,82	0,11	0,07
Fe	-0,57	0,56	-0,41
Nges	0,25	0,88	-0,03
Corg	0,12	0,86	-0,21
Pges	0,19	0,85	0,03
Mn	-0,23	-0,24	0,83
K	0,50	0,40	0,51

Durch ein dreidimensionales Modell sind somit 80 % der Varianz der Eingangsgrößen erklärbar. Die Auftrennung der Standorte entlang der ersten Achse ist dabei die gewichtigste (Informationsgehalt 48 %).

In Abbildung 5 wurden die Markiermuster nach den Großräumen vergeben, in die das Untersuchungsgebiet unterteilt wurde (vgl. Abb. 1). Schon die Oberbodendaten spiegeln diese vereinfachte räumliche Gliederung eindrucksvoll wider. Die niederösterreichischen Standorte liegen vorwiegend in der rechten Graphikhälfte - der Karbonatgehalt des Lösses und der Donaublagerungen bedingen hohe pH-Werte und Gehalte an basischen Kationen - die steirischen und südburgenländischen beherrschen den linken oberen Quadranten. Letztere weisen vor allem einen relativ hohen Gehalt an organischer Substanz im ersten Mineralbodenhorizont auf, der Ausdruck eines gebremsten Stoffumsatzes ist. Das Bodenleben dürfte durch das saure Milieu und bei Stagnogleyen zusätzlich durch den hoch hinaufreichenden Wassereinfluß beeinträchtigt sein. Beides schlägt sich in schlechteren Humusformen

(mull- bis rohumusartiger Moder) nieder, die besonders auf den Standorten mit hohem Nadelholzanteil gegeben waren.

4.2 Pflanzensoziologische Gliederung

Über die Soziologie der Eichenwälder Österreichs existiert bislang keine wirklich ausgereifte zusammenfassende Bearbeitung. Die kritische Kompilation der zerstreuten, das Gebiet sehr ungleich abdeckenden Literatur durch WALLNÖFER ET AL. (1993) bringt mit der Übernahme des Gliederungskonzepts von NEUHÄUSL (1981), das auf umfangreichen Bearbeitungen der Eichenwälder der Tschechoslowakei fußt, einigen Fortschritt in die Materie. Sie läßt allerdings zahlreiche Fragen zur regionalen und standörtlichen Gliederung der Gesellschaften und ihrer Abgrenzung in Österreich offen. Bis zu einer eingehenden zusammenfassenden Aufarbeitung von vorhandenen und neu zu erhebenden Vegetationsaufnahmen, in die auch repräsentative Daten aus den Nachbarländern einbezogen werden müßten, ist jede Übersicht über die Eichenwälder unseres Gebiets nur als provisorisch zu betrachten. Auch die vorliegende Studie kann nur einen groben Überblick über einige häufigere Ausbildungsformen dieser Gesellschaften im "Pannonischen Tief- und Hügelland" und im "Subillyrischen Hügel- und Terrassenland" geben, die durch regionale oder standörtliche Gegebenheiten oder durch ihre Bewirtschaftung bedingt sind.

Nachfolgend sind die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung behandelten Assoziationen nach der pflanzensoziologischen Gliederung von MUCINA ET AL. (1993) tabellarisch zusammengestellt (Tab. 6). Neben reinen Eichenwäldern sind auch einzelne Buchen-, Fichten- und Föhrenbestände in der Studie enthalten, sodaß auch Randbereiche des Eichenvorkommens erfaßt sind. Immer aber sind Stieleiche (*Quercus robur*) oder Traubeneiche (*Q. petraea* agg.) in der Baumschicht vorhanden.

4.2.1 Hartholz-Auwald und verwandte Gesellschaften (Ulmenion Oberd. 1953)

Die Stieleichenbeständen auf Auböden und Feuchtschwarzerden, die zumindest in der Vergangenheit Anschluß ans Grundwasser hatten, sind standörtlich und floristisch gut abtrennbar. Charakteristische Arten sind die Nährstoffzeiger *Urtica dioica*, *Solidago gigantea* und *Rubus caesius* (vgl. Anhang, Tab. 12).

Eine TWINSPAN-Klassifikation der niederösterreichischen Vegetationsaufnahmen trennt im ersten

Tab. 6: Syntaxonomische Übersicht der Waldgesellschaften

Klasse:	Querco-Fagetea Br.-Bl. & Vlieger 1937
Ordnung:	Fagetalia sylvaticae Pawlowski 1928
Verband:	Alnion incanae Pawlowski 1928
Unterverband:	Ulmenion Oberd. 1953
Ass.:	(A1) Fraxino pannonicae-Ulmetum Soó 1936 corr. Soó 1963
	(A2) Querco-Ulmetum Issler 1926
	(A3) <i>Crataegus monogyna-Quercus robur</i> -Ges.
Unterverband:	Alnenion glutinosae-incanae Oberd. 1953
Ass.:	(B1) <i>Carex brizoides-Quercus robur</i> -Ges.
	(B2) <i>Lamiastrum montanum-Quercus robur</i> -Ges.
Verband:	Carpinion betuli Issler 1931
Ass.:	(C1) Primulo veris-Carpinetum Neuh. & Neuh.-Novotná 1964
	(C2) Carici pilosae-Carpinetum Neuh. & Neuh.-Novotná 1964
	(C3) Festuco heterophyllae-Quercetum Neuh. & Neuh.-Novotná 1964
Verband:	Fagion sylvaticae Luquet 1926
Unterverband:	Eu-Fagenion Oberd. 1957
Ass.:	(D) Carici pilosae-Fagetum Oberd. 1957
Ordnung:	Quercetalia pubescentis Klika 1933
Verband:	Quercion pubescentis-sessiliflorae Br.-Bl. 1932
Ass.:	(E) Quercetum petraeae-cerris Soó ex Máthé & Kovács 1962
Ordnung:	Quercetalia roboris R. Tx. 1931
Verband:	Genisto germanicae-Quercion Neuh. & Neuh.-Novotná 1967
Ass.:	(F1) Deschampsio flexuosae-Quercetum sessiliflorae Firbas & Sigmond 1928
	(F2) Molinio arundinaceae-Quercetum Neuh. & Neuh.-Novotná 1967
Verband:	Luzulo-Fagion Lohmeyer & R. Tx. 1954
Ass.:	(G) Luzulo nemorosae-Fagetum sylvaticae Meusel 1937
Klasse:	Vaccinio-Piceetea Br.-Bl. 1939
Ordnung:	Piceetalia excelsae Pawlowski 1928
Verband:	Piceion excelsae Pawlowski 1928
Ass.:	(H) Mastigobryo-Piceetum (Schmidt & Gaisberg 1936) Br.-Bl. & Sissingh 1939
Verband:	(I) Dicrano-Pinion (Libbert 1932) Matuszkiewicz 1962

Teilungsschritt genau diese Stieleichenbestände vom Rest ab. Bei Hinzunahme der steirischen und burgenländischen Flächen werden im ersten Teilungsschritt noch die Stieleichen-Hainbuchenwälder auf niederösterreichischen Unterhangstandorten (Primulo veris-Carpinetum, *Asarum*-Typ) sowie drei Stieleichenbestände auf Pseudogley und Stagnogley (Aufn. 45, 47, 57) mit den grundwassernahen Stieleichenwäldern gruppiert.

Fraxino pannonicae-Ulmetum

Soó 1936 corr. Soó 1963

Quirleschen-Ulmen-Eichenwald

Die Auwälder an March und Thaya sind nach JELEM (1975) durch überwiegend silikatisches Ausgangsmaterial ihrer Böden gekennzeichnet. Der Kalkgehalt der Böden wird durch das Vorkommen von Schwemmlöß bestimmt, der vor allem über die Thaya eingebracht wird. Hochwässer kommen vorwiegend im Frühling

(März, April) vor, meist noch vor dem vollen Einsetzen der Vegetationsperiode. Die Baumarten der Hartholz-Au werden dadurch kaum beeinträchtigt und kommen deshalb hier, anders als an der Donau, auch auf Standorten vor, die jährlich überschwemmt werden und nur einen geringen Grundwasserabstand haben.

Das Fraxino pannonicae-Ulmetum (Anhang, Tab. 12, A1), die Hartholz-Auwaldgesellschaft an March und Thaya, ist im ungarischen Donautal weiter verbreitet. Sie ist durch stetes Vorkommen von Quirlesche (*Fraxinus angustifolia* subsp. *pannonica*) gut charakterisiert. Die Flatterulme (*Ulmus laevis*) zeigt allgemein eine Präferenz für kalkfreie Astandorte mit schlechter Bodendurchlüftung und ist an March und Thaya stärker vertreten als im Donauebiet. Sie scheint hier das Ulmensterben besser überstanden zu haben als die Feldulme (*Ulmus minor*). Letztere ist in der Standorts-Vegetationstabelle von

JELEM (1975) noch deutlich häufiger vertreten als die Flatterulme. Im Frühjahrsaspekt können *Ranunculus auricomus* agg. und *R. ficaria* erwartet werden.

Aufnahmefläche 26 (Drösing) kann im Vergleich mit JELEM (1975) der Standortseinheit 9 (Quirleschen-Feldulmen-Stieleichenau auf mittel vergleyten Böden) zugeordnet werden. Die Feldbodenansprache ergab vergleyten Auboden bis Naßgley. Hier ist im Frühjahrsaspekt zusätzlich mit *Leucojum aestivum* zu rechnen. Die beiden anderen Aufnahmeflächen sind nicht so grundwassernah und werden nur selten überschwemmt. Dementsprechend sind nur hier die überschwemmungsempfindlichen Baumarten Feldahorn (*Acer campestre*), Winterlinde (*Tilia cordata*) und Hainbuche (*Carpinus betulus*) maßgeblich am Aufbau der Bestände beteiligt. Aufnahmefläche 27 (Bernhardsthal) stockt auf Feuchtschwarzerde aus Schwemmlöß und kann nach JELEM (1975) zur Standortseinheit 12 (Quirleschen-Stieleichen-Linden-Feldahornau auf Tschernosem) gestellt werden. Das wird durch das Vorkommen der Straucharten *Crataegus monogyna* und *Ligustrum vulgare* unterstützt. Hier kann im Frühling auch *Corydalis cava* vorkommen. Aufnahmefläche 63 (Hohenau) auf Braunem Auboden ist nach JELEM (1975) zur Standortseinheit 10 (Quirleschen-Stieleichen-Feldahorn-Hainbuchenau auf schwach vergleyten Böden) zu zählen.

Querco-Ulmetum Issler 1926

Eschen-Ulmen-Eichenwald

Die Donau hat bis etwa zur Hainburger Pforte Oberlaufcharakter. Nach JELEM (1974) ereignen sich die meisten Hochwässer in den Sommermonaten durch starke Regenfälle in den Einzugsgebieten. Der unterste Abschnitt der March bis über Marchegg hinaus (Aufn. 12) unterliegt durch den Marchrückstau bei Donauhochwasser (JELEM 1975) noch dem hydrologischen Regime der Donau. Dementsprechend gehören diese Auwälder wie auch die Murauen noch zum mitteleuropäischen Querco-Ulmetum und nicht zum donauabwärts folgenden Fraxino pannonicarum-Ulmetum. Als Folge der häufigen Hochwässer während der Vegetationszeit sind hier die empfindlicheren Baumarten auf seltener überschwemmte, stromferne Standorte beschränkt. Die aus ihnen aufgebauten Hartholz-Auen sind im Pannonischen Gebiet vegetationskundlich durch Übergangsformen mit grundwasserbeeinflussten Stieleichenwäldern auf Feuchtschwarzerde verbunden.

Das Querco-Ulmetum (Anhang, Tab. 12, A2) ist durch Edelesche (*Fraxinus excelsior*), Traubenkirsche (*Prunus padus*) und Feldulme (*Ulmus minor*) ge-

kennzeichnet. Abgedämmte Astandorte (Aufn. 11, 12) auf Braunem Auboden sind in der Krautschicht durch *Parietaria officinalis* geprägt. Ein Vergleich mit der Standorts-Vegetationstabelle der Donauauen zwischen Greifenstein und Hainburg (JELEM 1974) läßt für den Frühjahrsaspekt unserer Aufnahmeflächen unter anderem zusätzlich *Allium ursinum*, *Galanthus nivalis* und *Anemone ranunculoides* erwarten. Stieleichenwälder auf Feuchtschwarzerde (Aufn. 13, 20) besitzen eine besser entwickelte Strauchschicht als die eigentlichen Auwälder. Stärker weicht Aufnahmefläche 51 (Bachsdorf) aus den Murauen durch das Vorkommen der im Südosten Österreichs häufigen *Knautia drymeia* und einiger weiterer Arten ab. Die hier auftretende *Carex alba* ist auch in mäßig frischen bis trockenen Hartholz-Auen der Donau beheimatet (JELEM 1974).

Crataegus monogyna-*Quercus robur*-Gesellschaft Stieleichenwald auf Sand

Eine Fläche auf einem Sandstandort im Marchfeld (Aufn. 25; Anhang, Tab. 12, A3) wird wegen einiger gemeinsamer Arten (*Urtica dioica*, *Galium aparine*, *Physalis alkekengi*) mit den Hartholz-Auwäldern gruppiert. Diese Arten sind aber besser als Zeiger einer Ruderalisierung durch Stickstoffverfrachtung von angrenzenden Äckern zu werten. Die gut entwickelte Strauchschicht mit *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare* und den trockenheitsertragenden Arten *Berberis vulgaris* und *Prunus spinosa* läßt an eine Verwandtschaft zu den thermophilen Gebüsch-Gesellschaften (Berberidion Br.-Bl. 1950) bzw. an ein im Zuge der Wiederbewaldung von Kulturland auftretendes Sukzessionsstadium denken.

4.2.2 Eichen-Hainbuchenwald

(*Carpinus betuli* Issler 1931)

In der kollinen Höhenstufe vom mitteleuropäischen Typ (OZENDA 1988, S. 159 ff.) stellen Eichen-Hainbuchenwälder die Klimaxvegetation dar. Eine zonale Waldsteppe mit Flaumeiche (*Quercus pubescens*) und Zerreiche (*Q. cerris*), wie sie NIKLFELD (1993) als unterste Teilstufe der planar-kollinen Stufe für das Pannonische Gebiet annimmt, ist in unseren Daten nicht enthalten. Hier einzuordnende Bestände sind nur spärlich, z.B. von JELEM ET AL. (1965), durch Aufnahmen dokumentiert und beschränken sich im wesentlichen auf relativ trockene Tschernosemstandorte über Löß, die heute fast alle in Ackerland umgewandelt sind. Die mittlere Teilstufe, die nach NIKLFELD (1993) von Zerreichen-Traubeneichen-Wald eingenommen wird, wird in der vorliegenden Arbeit noch

dem Klimaxbereich des Eichen-Hainbuchenwalds (*Primulo veris-Carpinetum*) zugeordnet, auch wenn in den Beständen manchmal die Zerreiche eine wichtige Rolle spielt und die Hainbuche fast fehlt, wie etwa im Naturwaldreservat Hochleitenwald-Grenzboden (ZUKRIGL 1990). Gerade für den Hochleitenwald ist die große Bedeutung der Weidewirtschaft bis ins 19. Jahrhundert hinein belegt (KRAL 1985, FRANK 1937). Viele Bestände wurden damals durch Saat auf ehemaligen Weideflächen neu begründet oder gingen aus einer Umwandlung von Weidewäldern hervor, die aus Rotföhre (*Pinus sylvestris*) aufgebaut waren (FRANK 1937). Die heutige Baumartenzusammensetzung ist demnach vor allem unter dem Blickwinkel der früheren Bewirtschaftung zu sehen. Verjüngungsuntersuchungen im Hochleitenwald (ZUKRIGL 1990) lassen einen Baumartenwechsel hin zu Feldahorn und Hainbuche erwarten.

Die kolline Stufe ist mit der kühlen, montanen Rotbuchenstufe durch eine bei ca. 350 m Seehöhe beginnende submontane Übergangsstufe verbunden, in der das alternierende Auftreten von Rotbuchenwäldern und Eichen-Hainbuchenwäldern einerseits durch lokalklimatische Unterschiede, andererseits durch die Bewirtschaftung bestimmt wird (vgl. KILIAN ET AL. 1994, S. 10 f.). Submontane Eichen-Hainbuchenwälder unterscheiden sich von den kollinen durch das regelmäßige Vorkommen der Rotbuche (*Fagus sylvatica*).

Primulo veris-Carpinetum

Neuh. & Neuh.-Novotná 1964

Wärmeliebender subpannonischer Eichen-Hainbuchenwald

Nach NEUHÄUSL (1981) ist das *Primulo veris-Carpinetum* (Anhang, Tab. 13, C1) die Regionalgesellschaft der kollinen Stufe des eigentlichen Pannonischen Gebiets. Im benachbarten südmährischen Eu-Pannonicum ist es die häufigste Waldgesellschaft (NEUHÄUSL & NEUHÄUSLOVÁ 1968). Die wichtigsten Trennarten gegenüber dem *Carici pilosae-Carpinetum* sind *Sorbus torminalis*, *Viola mirabilis* und *Cornus mas*. Zwei von unseren Flächen (Aufn. 3, 18) nähern sich durch ihren Rotbuchenanteil und das Vorkommen von *Euphorbia amygdaloides* (Aufn. 18) dem *Carici pilosae-Carpinetum*. Das *Primulo veris-Carpinetum* kann anhand unseres Datenmaterials in mehrere Typen unterteilt werden.

An Unterhängen und Hangfüßen finden sich Stieleichen-Ausbildungen (*Asarum*-Typ; Tab. 13, C1a) mit *Asarum europaeum* und *Pulmonaria officinalis*. Hier kommt die Esche häufiger in der Baum-

schicht vor. Die Standorte auf Pseudogley oder Parabraunerde (Aufn. 7, 15, 19) fallen durch Hainbuche und Winterlinde auf, die auch in die Oberschicht einwachsen können (Aufn. 7). Die Standorte auf Braunem Tschernosem (Aufn. 59, 64) sind durch *Viola mirabilis* gekennzeichnet. Ähnliche Bestände des Naturwaldreservats Hochleitenwald (ZUKRIGL 1990) besitzen höhere Anteile von Feldahorn und Zerreiche. Im Frühjahrsaspekt ist hier zusätzlich *Ranunculus ficaria* zu erwarten.

Trockenere Traubeneichen-Ausbildungen sind durch das Vorkommen von *Dactylis polygama*, *Lathyrus niger* und *Melampyrum pratense* zu unterscheiden. Sie sind strukturell und in ihrer Artenzusammensetzung in drei Typen (*Acer-Carpinus*-Typ, *Carex pilosa*-Typ, *Pulmonaria-Fragaria*-Typ) differenziert, ohne daß die Unterschiede feldbodenkundlich begründet werden könnten. Pseudogleye oder pseudo-vergleyte Parabraunerden liegen vor. Das Ausgangsmaterial ist entweder Flysch (Aufn. 3, 4) oder relikti-scher Braunlehm. Dieser sitzt in der Regel auf einem kalkhaltigen Sockel aus Löß oder mergeligem, lößähnlich aufwitterndem Tertiärsediment auf. Der meist vorhandene Schotteranteil deutet auf kolluvialen Ursprung des Braunlehms hin. Auf der Aufnahme-fläche 18, die über Kalkgestein liegt, wurden auf einem Teil der Fläche auch rendsinaartige Bodenbildungen gefunden.

Der *Acer-Carpinus*-Typ (Tab. 13, C1b), der wohl die naturnächste Zustandsform innerhalb der Traubeneichen-Ausbildungen darstellt, umfaßt relativ schattige Bestände mit hohem Schlußgrad oder gut entwickeltem Nebenbestand. *Galium odoratum* (Waldmeister), *Crataegus laevigata*, *Alliaria petiolata* haben hier ihren Vorkommensschwerpunkt; Rotbuche und Bergahorn (*Acer pseudoplatanus*) kommen nur hier vor. In den zwei Hochwaldbeständen (Aufn. 3, 14) spielt Hainbuche die wichtigste Rolle im Nebenbestand; die Krautschicht ist artenärmer und weniger deckend. Die übrigen Bestände sind Mittelwald; hier kommen Feldahorn, Hasel (*Corylus avellana*) und Waldrebe (*Clematis vitalba*) dazu. Auf der Aufnahme-fläche 8 besteht das Maisholz fast nur aus Winterlinde und Hasel.

Der *Carex pilosa*-Typ (Tab. 13, C1c) umfaßt lichte Bestände mit einer vor allem von grasartigen Pflanzen (Wimper-Segge) beherrschten Krautschicht. Feldahorn fehlt fast völlig, Hainbuche kommt nur in der Verjüngung vor, Birke (*Betula pendula*) und Faulbaum (*Frangula alnus*) sind dagegen in Strauch-schicht und Verjüngung häufig zu finden. Dieser Typ umfaßt stärker degradierte Bestände, aus denen die

Hainbuche wohl durch die Bewirtschaftung verdrängt wurde. Sehr kurze Umtriebszeit im Maisholz und mangelnde Pflege des Nebenbestands können als Ursachen angenommen werden. Das Vorkommen von Säurezeigern (*Avenella flexuosa*, *Veronica officinalis*, *Calamagrostis arundinacea*) auf den im Untergrund durchwegs kalkhaltigen Standorten weist auf eine Basenverarmung des Oberbodens hin. Nach NEUHAUSL. & NEUHAUSLOVÁ (1968) indiziert im Primulo veris-Carpinetum die Dominanz von *Carex pilosa* und *Calamagrostis arundinacea* wirtschaftliche Degradationsphasen. Zwei Hochwaldbestände (Aufn. 17, 23) sind von Stieleiche bestockt, die hier künstlich eingebracht wurden. Die hochdeckende Krautschicht mit *Poa nemoralis*, *Pteridium aquilinum* (Adlerfarn) und *Brachypodium sylvaticum* ist als Hinweis auf einen gewissen Lichtüberschuß am Boden zu werten. Zwei Bestände (Aufn. 24, 62) sind Mittelwälder mit Hasel-Stockausschlägen kurz nach der Maisholznutzung. Die übrigen drei Bestände können als lichte, einschichtige Hochwälder oder ausgeräumte Mittelwälder ohne Maisholz beschrieben werden. In ihnen kommt *Calamagrostis arundinacea* vor.

Der *Pulmonaria-Fragaria*-Typ (Tab. 13, C1d) umfaßt ebenfalls - z.T. sehr lichte (Aufn. 1, 16) - Bestände, in denen Feldahorn fehlt und Hainbuche nur in der Verjüngung vorkommt. Von einer Auflichtung profitieren hier in erster Linie anspruchsvolle Kräuter (*Pulmonaria officinalis*, *Fragaria vesca*, *Impatiens parviflora*) und *Festuca heterophylla*. Die beim *Carex pilosa*-Typ erwähnten Säurezeiger und auch *Carex pilosa* selbst fehlen hier. An ihre Stelle tritt *Luzula pilosa*. Auf Aufnahmefläche 9, einem Unterhangstandort, dominiert die Stieleiche, auf den übrigen drei Flächen die Traubeneiche.

Die drei Typen von Traubeneichen-Ausbildungen unterscheiden sich bodenchemisch voneinander, wobei der oberste Mineralbodenhorizont (0-10 cm) die ausgeprägtesten Unterschiede zeigt. Der *Acer-Carpinus*-Typ ist am deutlichsten abgesetzt. Er hebt sich gegen die beiden anderen Typen vor allem durch höheren Humusgehalt und, damit zusammenhängend, höhere Kationenaustauschkapazität ab. Der Unterschied im Humusgehalt ist auch im F-Test mit 1,5 % Irrtumswahrscheinlichkeit abgesichert. Schlechter abgesichert ist der höhere $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ -Wert. Zwischen dem *Carex pilosa*-Typ und dem *Pulmonaria-Fragaria*-Typ läßt nur das engere C/N-Verhältnis des letzteren eine Unterscheidung zu. Zusammenfassend kann man annehmen, daß die Unterschiede weniger in primären Bodenmerkmalen begründet liegen als im unterschiedlichen, von der Vegetati-

onsdecke mitbestimmten Humusumsatz. Zwar kommt es im schattigen hainbuchenreichen Bestand (*Acer-Carpinus*-Typ) zu einem höheren Anfall von Bestandesabfall, dieser wird allerdings aufgrund des hohen Anteils an leicht abbaubarer Hainbuchenstreu rasch umgesetzt und in den Mineralboden eingearbeitet. Auf der anderen Seite liefert die Vergrasung mit *Carex pilosa*, die sich in aufgelichteten, übernutzten Beständen mit der Zeit einstellt, schlecht abbaubare Streu. Der höhere pH-Wert und die größere Basensättigung im *Acer-Carpinus*-Typ legen die Vermutung nahe, daß der größere Streuanteil der Baumarten, die mit ihren Wurzeln noch den karbonathaltigen Unterboden erreichen, hier zu einer Aufbasung des Oberbodens beiträgt.

Zwei Mittelwaldbestände (Aufn. 10, 61) mit Hasel und Winterlinde im Maisholz (*Corylus-Quercus petraea*-Typ; Tab. 13, C1e) weichen bodenkundlich deutlich ab. Ihr Bodentyp ist eine leichte Braunerde aus Schotter (Hollabrunner Schotter). Sie fallen durch besondere Artenarmut, durch das Vorkommen von Birke in der Baumschicht und durch geringe Oberhöhen (15 bzw. 20 m) auf. Ihre Zugehörigkeit zum Primulo veris-Carpinetum ist floristisch nur schlecht abgesichert.

Carici pilosae-Carpinetum

Neuh. & Neuh.-Novotná 1964

Karpatischer Wimpersegggen-Eichen-Hainbuchenwald
Diese ursprünglich vom Südrand der slowakischen Karpaten (NEUHAUSL. & NEUHAUSLOVÁ-NOVOTNÁ 1964) beschriebene, vorwiegend submontane Gesellschaft befindet sich in Österreich an der Westgrenze ihres Areals. Sie kommt hier an den Gebirgsrändern der südwestlichen Umrahmung und auf Inselbergen innerhalb des Pannonischen Gebiets vor. Für Österreich ist sie aus dem Leithagebirge am ausführlichsten beschrieben, zuletzt von KARRER & KILIAN (1990). In Niederösterreich stellt sich die Frage der Grenzziehung gegenüber westlich anschließenden Carpinion-Gesellschaften, die ebenfalls ihren Schwerpunkt in der submontanen Stufe haben. Die in der Krautschicht meist von Wimper-Segge (*Carex pilosa*) dominierten Eichen-Hainbuchenwälder des östlichen Wienerwalds (JELEM & MADER 1969) werden von WALLNÖFER ET AL. (1993) zum Galio-Carpinetum Oberd. 1957 (Alpenvorland, Süddeutschland) gestellt. Sie enthalten jedoch sämtliche bei NEUHAUSL. (1981) für das Carici pilosae-Carpinetum genannten Trennarten; wenigstens die Standortseinheiten 9-12 bei JELEM & MADER (1969) sind besser hier einzuordnen. In der nordwestlich an das Pannonicum angrenzenden

Böhmischen Masse werden beide Gesellschaften vom *Melampyro nemorosi-Carpinetum* Passarge 1957 vertreten.

In Entsprechung zum Vorkommen in der submontanen Stufe ist im *Carici pilosae-Carpinetum* die Rotbuche regelmäßig vorhanden. Neben den Hauptbaumarten Traubeneiche und Hainbuche spielt nur die Winterlinde eine größere Rolle.

Unsere Aufnahmen (Anhang, Tab. 14, C2) sind zur Subassoziation *luzuletosum* (Mikyska 1939) Neuh.-Novotná 1964 zu stellen. Sie stammen sämtliche aus dem Burgenland, und zwar aus dem Leithagebirge, dem Rosaliengebirge und dem Günser Gebirge. In Mittelhang-, Oberhang- und Kuppenlage sind auf silikatischem Schiefergestein Pseudogleye oder (pseudovergleyte) Braunerden entwickelt. Neben allgemein verbreiteten Arten des Carpinion (*Galium sylvaticum*, *Festuca heterophylla*, *Dactylis polygama*) und der Fagetalia (z.B. *Galium odoratum*) sind die für die Zuordnung zur Subassoziation maßgeblichen Säurezeiger *Luzula luzuloides* und *Avenella flexuosa* mit hoher Stetigkeit vorhanden. Als Trennarten gegenüber dem *Festuco heterophyllae-Quercetum* können *Carex pilosa* und *Galium odoratum* verwendet werden. Beschränkt man den geographischen Gültigkeitsbereich auf das östliche Österreich, so ist auch *Stellaria holostea* brauchbar.

Festuco heterophyllae-Quercetum

Neuh. & Neuh.-Novotná 1964

Hainbuchen-Eichenwald mit Verschiedenblättrigem Schwingel

Die kollinen Hainbuchen-Eichenwälder auf Tertiärsedimenten (Tegel) im Burgenland (Anhang, Tab. 14, C3) zeigen einerseits eine sehr starke Bindung an das Carpinion, andererseits können sie mit keiner der bei WALLNÖFER ET AL. (1993) genannten Assoziationen identifiziert werden. Eine Einordnung in das illyrische *Erythronio-Carpinion* (Horvat 1958) Marinček 1993, z.B. ins *Asperulo odoratae-Carpinetum* M. Wraber 1969, ist auch nicht möglich, da Kenn- und Trennarten dieses Verbandes fehlen. Dagegen ist die Übereinstimmung mit dem aus der Slowakei beschriebenen *Festuco heterophyllae-Quercetum* auffallend gut, obwohl dort andere geologische Substrate (Andesit, vulkanischer Tuff) besiedelt werden. Die Tabelle 11 im Anhang zeigt einen Vergleich unserer Aufnahmen mit denen der Originaldiagnose (NEUHÄUSL & NEUHÄUSLOVA-NOVOTNÁ 1964). Zu dieser bisher aus Österreich nicht angegebenen Assoziation sind als Stieleichenausbildungen am ehesten auch noch Eichen-Hainbuchenwälder zu stellen, die

ZUKRIGL (1979) aus dem Südburgenland als *Quercus robori-Carpinetum caricetosum montanae* und *Quercus robori-Carpinetum deschampsietosum cespitosae* (z.T.) beschrieben hat.

Unsere Bestände besiedeln Pseudogleye oder pseudovergleyte Parabraunerden. Die Böden sind karbonatfrei und basenärmer als beim *Primulo veris-Carpinetum*; ihre Bodenart ist sehr bindig, meist toniger Lehm. Traubeneiche ist die wichtigste, teilweise sogar die einzige Baumart; Hainbuche ist regelmäßig mit geringem Anteil im Nebenbestand vorhanden. Die Krautschicht setzt sich vor allem aus Carpinion-Arten (z.B. *Festuca heterophylla*, *Dactylis polygama*) und allgemein verbreiteten Laubwald-Begleitern (z.B. *Hieracium sylvaticum*, *Ajuga reptans*, *Mycelis muralis*) zusammen. Als Trennarten können *Cruciata glabra*, *Sorbus torminalis* (gegen das *Carici pilosae-Carpinetum*) und *Tanacetum corymbosum* (gegen das *Primulo-Carpinetum*) dienen.

Bestände auf Pseudogley an Unterhängen und auf Verebnungen (Aufn. 29, 30, 36) haben wohl schon ursprünglich einen Stieleichenanteil besessen; der Stieleichenbestand auf Aufnahmefläche 29 ist jedoch nach Aussage des zuständigen Forstmeisters künstlich mit Slawonischer Eiche begründet worden. Die relativ lichten Bestände sind durch *Sanicula europaea*, *Fraxinus excelsior* und durch Auflichtungszeiger (*Hypericum perforatum*, *Calamagrostis epigeios*, *Agrostis tenuis*, *Prunus spinosa*) gekennzeichnet.

Bestände an Ober- und Mittelhängen (Aufn. 43, 54, 69) mit pseudovergleyter Parabraunerde bis Pseudogley weisen dichteren Kronenschluß auf. Sie sind durch das Vorkommen von *Cruciata glabra*, *Melittis melissophyllum* und *Lathyrus niger* zu unterscheiden. Eine Fläche in der Oststeiermark (Aufn. 54) weicht durch den geologischen Untergrund (Basalt) ab und gehört bereits der submontanen Höhenstufe (Rotbuche) an. Die floristischen Unterschiede (z.B. *Luzula luzuloides*) sind nur geringfügig. Die Geologie wiederum entspricht hier annähernd der Originaldiagnose der Assoziation aus der Slowakei.

4.2.3 Feuchter Stieleichen-Hainbuchenwald

(*Alnion glutinosae-incanae* Oberd. 1953)

***Carex brizoides-Quercus robur*-Gesellschaft**

Seegrasseseggen-Stieleichen-Hainbuchenwald

Im Gegensatz zum niederschlagsarmen Pannonischen Gebiet und seinen Randlagen, wo sich die Rotbuche an ihrer klimatischen Grenze befindet und Eichen-Hainbuchenwälder die Klimaxvegetation bilden, kommen im niederschlagsreichen südöstlichen Al-

penvorland Eichen-Hainbuchenwälder (Anhang, Tab. 14, B1) von Natur aus nur auf Böden vor, auf denen die Rotbuche wegen zu starker Vernässung oder episodischen Überschwemmungen ins Hintertreffen gerät. Es sind dies Talböden (Aufn. 50, Braunerde-Gley) oder ebene Terrassenstandorte mit einer Überdeckung aus wasserstauendem Staublehm, aus dem sich basenarme Stagnogleye entwickelten. Über bodenphysikalische, bodenchemische und bodenhydrologische Eigenschaften von Stagnogleystandorten im Südburgenland berichtet GLATZEL (1982).

Stieleiche und Hainbuche sind in dieser Gesellschaft die wichtigsten Baumarten. In der Krautschicht dominiert bei ausreichendem Lichtgenuß die Seegrasssegge (*Carex brizoides*). Weitere wichtige Arten sind *Oxalis acetosella*, *Athyrium filix-femina* und *Dryopteris carthusiana*.

Eine floristisch und standörtlich ähnliche, aber deutlich atlantisch-westeuropäisch geprägte Gesellschaft ist des *Stellario holostear-Carpinetum* Oberd. 1957. Eichen-Hainbuchenwälder, die unserer Gesellschaft noch besser entsprechen, sind aus dem benachbarten Slowenien als *Robori-Carpinetum* beschrieben worden (WRABER 1969). Dieser Name ist jedoch als jüngeres Homonym des aus Ungarn beschriebenen *Quercus robori-Carpinetum* Soó & Pócs 1957 illegitim. Letzteres wiederum bezeichnet eine sehr weit gefaßte Assoziation, die sämtliche Stieleichen-Hainbuchenwälder des Karpatenbeckens von der Steiermark bis Siebenbürgen enthält. Bei engem Assoziationsbegriff ist der Name mehrdeutig und unsicher in seiner Anwendung. Der für unsere Gesellschaft von WALLNÖFER ET AL. (1993) als Ersatz vorgeschlagene Name *Fraxino pannonicum-Carpinetum* Soó & Borhidi 1962 bezieht sich nach der Originaldiagnose bei SOÓ (1962) auf eine Assoziation des *Erythronio-Carpinion* (mit *Tamus communis*, *Fraxinus ornus*). Somit steht derzeit für diese Gesellschaft kein widerspruchsfrei anwendbarer Assoziationsname zur Verfügung.

Die synsystematische Einordnung der Gesellschaft bereitet gewisse Schwierigkeiten. Wie aus Tabelle 11 im Anhang ersichtlich ist, ist die Übereinstimmung mit den Assoziationen des eigentlichen *Carpinion* relativ gering und beschränkt sich auf allgemein verbreitete Arten der Laubwälder (*Quercus-Fagetum*). Auch Hainbuche und Vogelkirsche (*Prunus avium*), die von WALLNÖFER ET AL. (1993) als *Carpinion*-Kennarten bezeichnet werden, sind nicht sehr eng an dieses gebunden. Durch das Vorkommen von feuchteliebenden Arten (*Sambucus nigra*, *Impatiens parviflora*, *Festuca gigantea*) ist die Ähnlichkeit zu den Au-

wäldern größer. Auch mit den bodensauren Eichen- und Buchenwäldern (*Quercetalia roboris*) sind beträchtliche Gemeinsamkeiten vorhanden. Um die Diskussion anzuregen, weichen wir von der gängigen Einordnung ins *Carpinion* ab und stellen die Gesellschaft in die Nähe der Erlen-Eschen-Auwälder, zumal die häufig dominierende *Carex brizoides* etwa bei WALLNÖFER ET AL. (1993) als Kennart des *Alnenion glutinosae-incanae* geführt wird.

Zwei Flächen (Aufn. 47, 57) sind Stagnogleystandorte in ebener Lage. Hier ist, durch den Menschen gefördert, ein geringer Anteil von Fichte (*Picea abies*) im Nebenbestand vorhanden. Der Hainbuchenanteil ist stark vermindert oder durch Esche (Aufn. 57) ersetzt. Die Nässezeiger *Polygonum hydropiper* und *Festuca gigantea* kommen vor. Wenigstens bei Aufn. 47 ("Lahndörfler Halt") dürfte es sich um einen ehemaligen Weidewald handeln. Zwei Flächen besitzen einen gut entwickelten Hainbuchen-Nebenbestand. Sie weichen aber vermutlich durch geringere Bodenfeuchte ab. Aufnahmefläche 50 liegt auf Braunerde-Gley aus Schwemmaterial von relativ leichter Bodenart (sandiger Lehm). Auf Aufnahmefläche 49, an einem leicht geneigten Terrassenrand gelegen, wirkt sich der geringere Tagwasserstau infolge von Oberflächenabfluß bereits im Vorkommen der Rotbuche aus. Beide Flächen zeichnen sich durch *Prunus avium*, *Tilia cordata* und die Säurezeiger *Vaccinium myrtillus* und *Luzula luzuloides* aus. Aus unserer Gesellschaft fällt Aufnahmefläche 42 floristisch etwas heraus. Infolge seiner Lage in einem Wildschweingatter und wegen des schattenden Hainbuchen-Nebenbestands ist die Krautschicht stark reduziert und mit Störungszeigern (z.B. *Taraxacum*) angereichert.

Lamiastrum montanum-Quercus robur-Gesellschaft Goldnessel-Stieleichen-Hainbuchenwald

Stieleichen-Hainbuchenwälder in Hanglage mit Pseudogleyen auf Tertiärsedimenten (Anhang, Tab. 14, B2) weisen vor allem durch das Vorkommen von *Oxalis acetosella* und *Athyrium filix-femina* eine gewisse Ähnlichkeit mit der *Carex brizoides-Quercus robur*-Gesellschaft auf. Die Argumente für eine Zuordnung zum *Alnenion glutinosae-incanae* sind hier schwächer; immerhin finden sich noch Arten wie *Circaea lutetiana*, *Festuca gigantea* oder *Aegopodium podagraria*.

Die Krautschicht zeigt Beziehungen zum Waldmeister-Buchenwald. Die meisten Arten, die bei WALLNÖFER ET AL. (1993) in der diagnostischen Artenkombination des *Asperulo odoratae-Fagetum* Sougnez & Thill 1959 geführt werden, z.B. Waldmeister (*Galium odo-*

ratum) und Goldnessel (*Lamiaeum montanum*), sind in der Gesellschaft vorhanden. Wenigstens für nordexponierte Standorte (Aufn. 46, 55), in denen die Rotbuche in Strauch- bzw. Krautschicht vorhanden ist, kann angenommen werden, daß der Eichen-Hainbuchenbestand durch die frühere Bewirtschaftung aus einem Waldmeister-Buchenwald hervorgegangen ist. Aufnahmefläche 46 besitzt einen höheren Fichtenanteil und stellt mit *Luzula luzuloides* einen Übergang zu den bodensauren Eichenwäldern dar.

4.2.4 Wärmeliebender Eichenmischwald (*Quercetalia pubescentis* Klika 1933)

Da Wälder mit Flaumeiche aus der Untersuchung bewußt ausgeklammert wurden, sind die submediterran getönten, thermophilen Eichenwälder in der vorliegenden Studie nur durch Zerreichen-Mischwälder vertreten. Die hier nicht erfaßten Flaumeichen-Mischwälder nehmen meist Sonderstandorte auf Kalkuntergrund im eigentlichen Pannonischen Gebiet und am Alpenostrand ein.

Quercetum petraeae-cerris Soó ex Máthé & Kovács 1962

Pannonischer Traubeneichen-Zerreichenwald
Im Mittel- und Südburgenland wurden Eichenmischwälder aus Traubeneiche, Zerreiche und Stieleiche gefunden (Anhang, Tab. 14, E), die dieser aus Ungarn beschriebenen Gesellschaft zugeordnet werden können. Sie besiedeln Pseudogleye von schwerer Bodenart (lehmgiger Ton bis Lehm) in ebener Lage oder auf sanften Hängen im Randbereich des pannonischen Klimas. Die Gesellschaft nimmt ungefähr im selben geographischen Raum ähnliche Standorte ein wie das *Festuco heterophyllae-Quercetum*. Die floristische Verwandtschaft dieser beiden Assoziationen ist auch aus Tabelle 11 ersichtlich. Eine anthropogene Förderung der Zerreiche in Verbindung mit einer früheren Nutzung als Weidefläche bzw. Waldweide auf potentiellen Standorten des *Festuco heterophyllae-Quercetum* wäre denkbar.

Als Trennarten sind *Betonica officinalis*, *Serratula tinctoria* und *Carex montana*, lichtliebende Arten, die eine gewisse Wechselliebbarkeit anzeigen, anzusehen. Zum Artengrundstock gehören weitere Licht- und Wärmezeiger (*Euphorbia cyparissias*, *Trifolium alpestre*, *Vincetoxicum hirsutinaria*) und eine reiche Garnitur von Straucharten (z.B. *Ligustrum vulgare*, *Prunus spinosa*, *Frangula alnus*).

In trockeneren Oberhang-Ausbildungen (Aufn. 35, 39), die bereits der submontanen Stufe zuzurechnen

sind, tritt die Zerreiche gegenüber der Traubeneiche zurück. Säurezeiger (z.B. *Avenella flexuosa*, *Luzula luzuloides*, *Vaccinium myrtillus*) weisen auf eine Bodenverarmung hin. Frischere Ausbildungen (Aufn. 40, 67) aus der kollinen Stufe werden von Zerreiche dominiert; *Acer campestre*, *Pyrus pyrastrer*, *Primula vulgaris* treten hinzu.

Auf zwei Flächen (Aufn. 39, 40) treten Stieleiche, Rotföhre und Fichte auf. Da es sich um unterschiedliche Standorte, einen Oberhang und einen Hangfuß, handelt, läßt sich die abweichende Baumartenzusammensetzung standortkundlich nur schwer erklären. Die Nadelbäume können jedoch als Indikatoren für stärkere menschliche Einflußnahme gewertet werden. Auch das Vorkommen der Stieleiche, die hier im Vergleich mit Traubeneiche und Zerreiche geringere Vitalität aufweist, geht wahrscheinlich auf Saat bei der Umwandlung von lichten Föhren-Eichen-Weidewäldern zurück. Die hier besonders gut entwickelte Strauchschicht, z.B. mit *Cornus sanguinea* und *Prunus spinosa*, zeigt eine Auflichtung an. Feuchtezeiger (*Deschampsia cespitosa*, *Viburnum opulus*) weisen auf einen stärkeren Tagwasserstau hin.

4.2.5 Bodensaurer Eichen- und Buchenwald (*Quercetalia roboris* R.Tx. 1931)

Unter den Laubwäldern der Steiermark und des Burgenlands spielen artenarme bodensaure Eichen- und Buchenwälder die wichtigste Rolle. Sie sind weder auf die Gebiete mit stärker pannonisch beeinflusstem Klima beschränkt wie die Gesellschaften des Carpinion, noch auf edaphische Sonderstandorte wie die feuchten Eichen-Hainbuchenwälder. Vielmehr besiedeln sie eine große Bandbreite an Bodentypen und geologischen Substraten innerhalb der submontanen Höhenstufe, die im südöstlichen Alpenvorland großen Raum einnimmt. Die weniger stark von Tagwasserstau geprägten Standorte werden von Traubeneiche und Rotbuche eingenommen, während auf Stagnogley Stieleiche und Fichte dominieren.

Deschampsio flexuosae-Quercetum sessiliflorae Firbas & Sigmond 1928

Drahtschmielen-Traubeneichenwald
Die Bestände (Anhang, Tab. 14, F1) werden meist von Traubeneiche beherrscht, in einem Fall (Aufn. 52) auch von Stieleiche. Rotföhre, Rotbuche, Lärche und Hainbuche können beigemischt sein. In der Krautschicht dominieren durchwegs Säure- und Magerkeitszeiger, wie z.B. *Luzula luzuloides* (Weißliche Hainsimse), *Avenella flexuosa* (Drahtschmiele) und *Vaccinium myrtillus* (Heidelbeere). Anspruchsvollere

Arten (z.B. *Ajuga reptans*, *Mycelis muralis*) spielen eine untergeordnete Rolle. Die Krautschicht stimmt in ihrer Zusammensetzung in großen Zügen mit dem Luzulo nemorosae-Fagetum überein, ist aber artenreicher (vgl. Tab. 14). In erster Linie kommen Lichtzeiger (*Calamagrostis epigeios*, *Veronica officinalis*, *Rubus fruticosus* agg.) hinzu.

Das Vorkommen der Schatt- und Klimaxbaumart Rotbuche in einem Teil der Aufnahmen, z.T. mit hohem Deckungswert, die floristische Ähnlichkeit und vor allem die standörtliche Übereinstimmung mit dem Luzulo-Fagetum lassen nur die Deutung offen, daß es sich beim Deschampsio flexuosae-Quercetum unseres Arbeitsgebiets um Bestände handelt, die auf eine anthropogene Förderung von Eiche und Rotföhre auf potentiellen Buchenwaldstandorten zurückgehen. Das ist auch im Zusammenhang damit zu sehen, daß sich in den letzten Jahrzehnten die Vorstellungen über die Grenze zwischen natürlichen Eichen- und Buchenwäldern zugunsten der Buche gewandelt haben. Sogar für sehr arme Sande des nordwestdeutschen Flachlands, die früher dem Birken-Stieleichenwald zugesprochen wurden, nimmt etwa LEUSCHNER (1994) unter Berücksichtigung von Standortsansprüchen und Konkurrenzkraft der Baumarten und der aktuellen Walddynamik (Eichen-)Buchenwald als Terminalstadium der Waldentwicklung an.

Als eigenständige standörtliche Ausbildungsform können die Eichenwälder des Gebirgsrandes unterschieden werden. Dort werden einerseits Braunerden über Tertiärschotter (Aufn. 33, 34) besiedelt, die einen leichten sandig-lehmigen Oberboden unterlagert von einem bindigen braunlehmartigen Unterboden besitzen, andererseits pseudovergleyte Parabraunerden sandig-lehmiger Bodenart über Gneis (Aufn. 37). Die Säurezeiger *Avenella flexuosa*, *Melampyrum pratense* und *Vaccinium myrtillus* sind hier stärker vertreten, aber auch *Campanula persicifolia* und *Galium rotundifolium*. Lärche (*Larix decidua*) ist beigemischt.

Ein Rotföhrenbestand mit Traubeneiche und Birke (Aufn. 68) vom Gebirgsrand im Südburgenland, der auf leichter, skelettreicher Braunerde aus Gneis-Blockschutt stockt, stellt eine stärker degradierte Zustandsform dar und könnte synsystematisch bereits zu den Nadelwäldern (*Vaccinio-Piceetea*), zum Dicrano-Pinion (Libbert 1932) Matuszkiewicz 1962 gestellt werden.

Die bodensauren Eichenwälder auf Tertiärsedimenten des Alpenvorlands (Aufn. 41, 44, 70) stocken auf Pseudogleyen und Braunerden von schluffig-lehmiger bis tonig-lehmiger Bodenart. Sie sind artenärmer;

nur *Carex pilulifera* und *Populus tremula* haben hier ihren Schwerpunkt. Zwei Flächen besitzen einen höheren Rotbuchenanteil.

Eine Fläche (Aufn. 52) liegt auf einer leichten, skelettreichen Braunerde, die sich aus dem Niederterrassenschotter des Grazer Felds entwickelt hat. Durch die hohe Artmächtigkeit sowohl von *Vaccinium myrtillus* als auch von *Carex pilulifera* nimmt die Krautschicht eine Position zwischen den beiden vorher beschriebenen Ausbildungen ein. Der Bestand wird von der in bezug auf die Wasserversorgung anspruchsvolleren Stieleiche beherrscht. Wegen der Lage der Fläche in einem Quellschutzgebiet kann vermutet werden, daß die Bäume hier Grundwasseranschluß haben.

Luzulo nemorosae-Fagetum sylvatici Meusel 1937 Hainsimsen-Eichen-Buchenwald

Der Hainsimsen-Eichen-Buchenwald (Anhang, Tab. 14, G) bildet in der submontanen Stufe des südöstlichen Österreich auf den allermeisten Standorten die natürliche Schlußwaldgesellschaft. Die bodensauren Eichenwälder des Gebiets sind durch Übergangsformen damit verbunden und können als bewirtschaftungsbedingte Derivate betrachtet werden. Buche und Traubeneiche dominieren im Luzulo-Fagetum; Edelkastanie (*Castanea sativa*) und Stieleiche können beigemischt sein; Fichte und Rotföhre sind anthropogen gefördert. Die floristischen Unterschiede zwischen dem Deschampsio-Quercetum und dem Luzulo-Fagetum können durch die stärker schattende Baumschicht des letzteren erklärt werden, die einen Ausfall lichtliebender Arten verursacht. Nur wenige Arten, vor allem die namensgebende *Luzula luzuloides*, können sich behaupten. Als zusätzliche Arten des Luzulo-Fagetum können aus unseren Daten nur Jungpflanzen von Esche und Hasel angeführt werden.

Zwei Bestände stocken auf leichter Braunerde aus Schotter (Aufn. 72) bzw. aufgewittertem Schiefergestein (Aufn. 56). Der Buchenanteil ist hier geringer als der Eichenanteil, reicht aber, auf Aufnahme- fläche 72 unterstützt von Edelkastanie und Winterlinde, zur Unterdrückung lichtliebender Pflanzen aus. Aufnahme- fläche 56 stellt einen Übergang zum Deschampsio flexuosae-Quercetum dar. Analog zur standörtlich entsprechenden Variante des Deschampsio-Quercetum auf leichteren Böden sind nur hier *Larix decidua*, *Campanula persicifolia* und *Solidago virgaurea* vorhanden.

Die beiden Bestände auf Tertiärsedimenten (Aufn. 53, 71) werden schon eindeutig von Rotbuche dominiert. Sie stocken auf Pseudogleyen von tonig-lehmiger Bodenart.

Molinio arundinaceae-Quercetum

Neuh. & Neuh.-Novotná 1967

Pfeifengras-Stieleichenwald

Bodensaure artenarme Wälder aus Stieleiche und Fichte (Anhang, Tab. 14, F2/H) auf alten Terrassen, die Stagnogleye aus mächtigen kalkfreien Staublehmdecken tragen, sind standörtlich der *Carex brizoides-Quercus robur*-Gesellschaft sehr ähnlich, insbesondere den Aufnahmeflächen 47 und 57. Gemeinsame Arten der Krautschicht sind etwa *Carex brizoides*, *Oxalis acetosella* und *Dryopteris carthusiana*. Unterschiede in der Bodenvegetation, die auf stärker saures Milieu und größere Basenarmut hinweisen, wie die Säurezeiger *Vaccinium myrtillus* und *Melampyrum pratense* und ganz besonders das dominierende Pfeifengras (*Molinia arundinacea*), lassen sich nur teilweise durch den höheren rezenten Fichtenanteil erklären, besitzen doch gerade die beiden vorhin genannten Flächen (Aufn. 47, 57) der *Carex brizoides-Quercus robur*-Gesellschaft ebenfalls einen Fichten-Nebenbestand. Vielmehr muß hier die Nutzungsgeschichte mitberücksichtigt werden, in der vermutlich Streunutzung eine beträchtliche Rolle gespielt hat. EGGLE (1958) bringt aus demselben Gebiet, aus dem auch unsere Bestände stammen, Vegetationsaufnahmen, die das damals vorherrschende Waldbild auf diesen Terrassen repräsentieren. In seinem "Pineto-Quercetum roboris molinietosum" ist der Anteil der üblicherweise durch Streunutzung geförderten Rotföhre deutlich höher als heute. Auch HARTMANN (1934) berichtet von entsprechenden Terrassenstandorten in der Umgebung von Fürstenfeld (Oststeiermark), auf denen früher Altholzmischbestände aus Rotföhre, Fichte und Eiche wuchsen. Er erwähnt den großen Streubedarf der Landwirtschaft und schlägt zur Vorbereitung des Keimbetts Streunutzung sogar vor (HARTMANN 1934, S. 236).

Als *Molinio-Quercetum* im eigentlichen Sinn kann nur Aufnahmefläche 48 betrachtet werden. Die beiden anderen, sehr ähnlichen Bestände (Aufn. 73, 74) sind von Fichte dominiert und eigentlich bereits zu den *Vaccinio-Piceetea* zu stellen. Die gut entwickelte Moosschicht mit *Sphagnum girgensohnii* (Torfmoos) und *Bazzania trilobata* erlaubt eine Einstufung als eine vom Menschen geschaffene Ausbildung des Mastigobryo-Piceetum (Schmidt & Gaisberg 1936) Br.-Bl. & Sissingh 1939. HARTMANN (1927, 1934) weist auf das üppige Mooswachstum und die Entstehung von hydromorphem Rohhumus mit Torfmoos ("Hochmoor") unter Fichtenreinbeständen auf ebenen Terrassenstandorten hin. Reine Fichtenbestände sind auf diesen Standorten ein relativ junges Phänomen, das auf die Bevorzugung dieser Baumart durch

die Forstwirtschaft des 19. und 20. Jahrhunderts zurückgeht.

4.2.6 Mullbraunerde-Buchenwald (Eu-Fagenion Oberd. 1957)

Carici pilosae-Fagetum Oberd. 1957

Wimperseggen-Buchenwald

In der submontanen Stufe treten Eichen-Hainbuchenwälder und Buchenwälder in unmittelbarem Kontakt zueinander. In diesem warmen Flügel der Buchenwälder wird die Bodenvegetation aus Arten gebildet, die auch in den Eichen-Hainbuchenwäldern vorkommen. *Carex pilosa* ist meist die dominierende Art. Analog zu den Unterschieden, die zwischen *Luzulo-Fagetum* und *Deschampsio flexuosae-Quercetum* bestehen, ist auch das *Carici pilosae-Fagetum* (Anhang, Tab. 13, D) artenärmer als das *Carici pilosae-Carpinetum*.

Aufnahmefläche 65 ist ein Buchenbestand auf Flysch-Pseudogley mit beigemischter Traubeneiche. Der hohe Deckungswert von *Carex pilosa* ist durch reichlich Seitenlicht vom benachbarten Schlagrand verursacht. Aufnahmefläche 5, ebenfalls auf Flysch-Pseudogley, ist aus Mangel an Arten schwer einzuordnen. Ursache für die Artenarmut ist die Lage in einem Wildschweingatter.

4.2.7 Nadelwald (*Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. 1939)

Nadelwälder sind in der kollinen und submontanen Stufe im Osten Österreichs nicht als natürlich, sondern als anthropogene Ersatzgesellschaften von Laubwäldern zu betrachten, auch wenn sie heute gebietsweise, etwa in der Steiermark, das Waldbild prägen. Während die Fichte in der warmen kollinen und submontanen Höhenstufe von Natur aus als gänzlich standortsfremd zu gelten hat, kann der Rotföhre in der natürlichen Vegetation immerhin eine Rolle als Pionier nach großflächigen Störungen (z.B. Waldbrand) zugebilligt werden.

Daß zwischen Eichenwäldern und gewissen Typen von Nadelwäldern Beziehungen bestehen, ist daraus ersichtlich, daß wegen der floristischen Ähnlichkeit ein anthropogen entstandenes Mastigobryo-Piceetum zusammen mit dem *Molinio-Quercetum* behandelt werden mußte, ebenso wie auch ein Bestand des *Dicrano-Pinion* mit dem *Deschampsio flexuosae-Quercetum*. Bleibt nur noch auf einen Forstbestand vom Ostrand des Waldviertels (Aufn. 58; Anhang, Tab. 13, I) hinzuweisen, der aus Rotföhre mit Fichte und Traubeneiche zusammengesetzt ist. *Calamagrostis epigeios* zeigt eine starke Auflichtung an; neben

dem relativ anspruchsvollen *Brachypodium sylvaticum* sind einige Anzeiger von mäßig saurem Milieu (*Galium rotundifolium*, *Carex pilulifera*, *Luzula pilosa*) vorhanden. Dieser Forstbestand ist pflanzensoziologisch schwer einzuordnen und zeigt am ehesten floristische Beziehungen zum Deschampsio flexuosae-Quercetum und zum Dicrano-Pinion.

4.3 Standortkundliche Charakterisierung der Waldgesellschaften

Um eine standortkundliche Beschreibung der Waldgesellschaften in möglichst kondensierter und übersichtlicher Form zu erhalten, wurden die Vegetationsdaten in einer kanonischen Korrespondenzanalyse direkt in Beziehung zu ausgewählten Umweltdaten gesetzt. Die Artenliste wurden vorher nach Stetigkeit 3 gekürzt, d.h. es wurden alle Arten aus der Analyse ausgeschlossen, die seltener als drei Mal im gesamten Datensatz vorkamen. Von den Umweltvariablen gingen die Seehöhe, die Trockenmasse der Auflage und die ersten drei Faktoren aus der Faktorenanalyse der che-

mischen Oberbodendaten (vgl. 4.1.2) als metrisch skalierte Variable in die Berechnungen ein, die Humus- und die Bodentypen wurden binär verschlüsselt. Die ersten drei kanonischen Achsen bilden gemeinsam 48 % (22 + 18 + 8) der Gesamtvarianz des Modells ab. Die sehr hohen Inter-set Korrelationen zwischen den Arten-Umweltachsenpaaren (vgl. Tab. 7) zeigen einen überaus engen Zusammenhang zwischen den Umwelt- und den Vegetationsdaten an. Die Umweltvariablen können also gemeinsam in Linear-kombinationen (Envi Ax 1-3) die durch die Artenachsen (Spec Ax 1-3) beschriebene Variation der Gesellschaftszusammensetzung sehr gut erklären.

Graphisch könnte man das Ergebnis einer CCA in einen sogenannten Triplot umsetzen, in dem neben den Standorten und den Arten auch noch die Umweltvariablen eingezeichnet sind. Dabei liegen die Arten im Schwerpunkt jener Standorte, an denen sie vorkommen. Dasselbe gilt sinngemäß auch für die Zentroide der Boden- und Humustypen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurde diese Darstellungsart vermieden und in zwei getrennte Abbildungen (Abb. 6 und 7) aufgelöst.

Tab. 7: Inter- (graue Schattierung) und Intra-set Korrelationen der CCA.

	Spec Ax1	Spec Ax2	Spec Ax3	Envi Ax1	Envi Ax2	Envi Ax3
Spec Ax1	1					
Spec Ax2	0	1				
Spec Ax3	0,03	-0,03	1			
Envi Ax1	0,95	0	0	1		
Envi Ax2	0	0,91	0	0	1	
Envi Ax3	0	0	0,81	0	0	1
Boden1	0,82	-0,17	-0,08	0,86	-0,19	-0,10
Boden2	0,24	0,36	-0,22	0,26	0,39	-0,28
Boden3	-0,06	-0,51	0,02	-0,06	-0,55	0,03
Seehöhe	-0,67	-0,20	-0,10	-0,70	-0,22	-0,12
TM	-0,58	0,21	-0,41	-0,60	0,23	-0,50
AuBod	0,53	0,16	-0,29	0,55	0,17	-0,36
SchwE	0,53	-0,01	0,02	0,55	-0,01	0,02
BrE	-0,27	-0,03	-0,12	-0,29	-0,04	-0,14
Para	-0,01	-0,31	0,35	-0,01	-0,34	0,43
Psgl	-0,23	-0,43	0,13	-0,24	-0,47	0,17
Stagno	-0,12	0,73	0,24	-0,13	0,80	0,29
Gley	0,19	0,27	-0,02	0,20	0,30	-0,02
Mull	0,45	-0,07	0,26	0,47	-0,07	0,33
moMu	-0,15	-0,21	-0,09	-0,16	-0,23	-0,11
muMo	-0,26	0,06	0,00	-0,27	0,07	0,00
Moder	-0,32	0,37	-0,17	-0,33	0,40	-0,21
rhMo	-0,14	0,47	0,04	-0,15	0,51	0,05

Der Effekt, daß der vielschichtige Gradient, der der Standortgliederung in der Natur zugrunde liegt, in der CCA verkrümmt abgebildet wird, ist besonders gut aus der Anordnung der Arten ersichtlich. Man spricht von einem "arch-effect" oder einem "horse-shoe". Im Tritt dieses Hufeisens steht zentral die Art *Quercus robur*, weil sie die beiden feuchten Enden des Bogens dominiert. Es handelt sich dabei einerseits um karbonatische Au- und Unterhangstandorte in Niederösterreich, die durch Auböden, Feuchtschwarzerden, braune Tschernoseme und zum Teil auch durch Pseudogleye gekennzeichnet sind, und andererseits um staunasse, saure Standorte auf den Staublehmdecken im südlichen Teil des Arbeitsgebietes, wo Stagnogleye unter den Bodentypen vorherrschen.

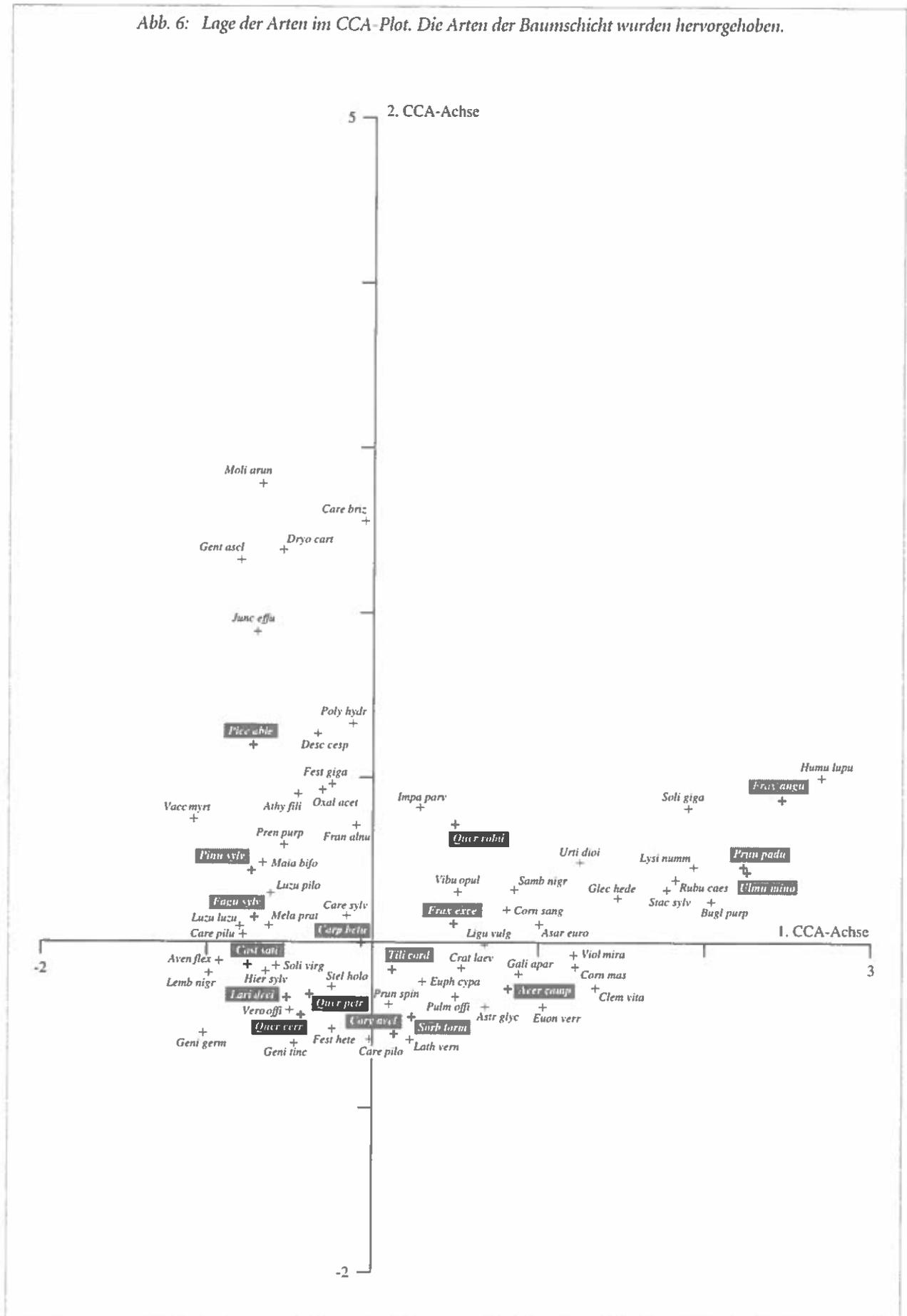
Trauben- und Zerreiche liegen dicht nebeneinander am Scheitel des Bogens, den die grundwasserfernen Standorte der kollinen und submontanen Stufe einnehmen. Die diversen Waldgesellschaften dieser Höhenstufen sind einander wesentlich ähnlicher als den Auwäldern und den feuchten Stieleichenwäldern der ebenen Lagen, sodaß sie sich im linken unteren Quadranten der Graphik konzentrieren. Die relative Verwandtschaft der Landböden, auf denen diese Gesellschaften stocken, besonders die der Parabraunerden und der Pseudogleye, kam ja schon in der Diskriminanzanalyse der Bodentypen deutlich zum Ausdruck. Der Auftrennung in Standorte der Ebene und des Hügellandes entsprechend nimmt die Seehöhe in der Graphik von rechts oben nach links unten zu. Die drei Faktoren Boden 1 bis 3 aus der Faktorenanalyse der chemischen Oberbodendaten sind als solche unabhängig voneinander und stehen im Raum normal aufeinander. Die beiden Vektoren Boden 1 und Boden 3 spannen eine Ebene auf, in der von rechts nach links die verschiedenen Pufferbereiche der Böden (ULRICH 1985) durchlaufen werden, vom Karbonatpufferbereich (in positiver Richtung von Boden 1) über den Austauschpufferbereich, in dem Mangan verstärkt beweglich wird (Boden 3), bis zum Aluminium-Eisenpufferbereich (in negativer Richtung von

Boden 1). Der Normalvektor zu dieser Ebene (Boden 2), der den Gehalt an organischer Substanz beschreibt, weist in Richtung der hydromorphierten Bodentypen, bei denen der zeitweilige Luftabschluß durch hoch anstehendes Wasser die Mineralisierung des Bestandesabfalls bremst.

Als letztes Beispiel für die Stimmigkeit dieses zusammenfassenden standortkundlichen Schaubildes seien noch die Humustypen erwähnt. Die Normalprojektion der Zentroide der einzelnen Humustypen auf den Vektor TM-Auflage (Trockenmasse der Auflage) und dessen Verlängerung ergibt eine Abfolge, die auch der Geschwindigkeit des Humusabbaues entspricht. Sie reicht vom Mull über die Zwischenformen moderartiger Mull (moMu) und mullartiger Moder (muMo) bis zum Moder und zum rohhumusartigen Moder (rhMo).

Um die edaphischen Eigenschaften der ausgeschiedenen Vegetationseinheiten und die Unterschiede zwischen ihnen auch in konkrete Zahlen zu fassen, wurden einige chemische Parameter tiefenstufenweise innerhalb der Gesellschaften gemittelt. Die Mittelwerte sind samt ihren Standardabweichungen in Tabelle 8 zusammengestellt. In den angeschlossenen multiplen Mittelwertvergleich wurden die Bodentypen, die sich in der Diskriminanzanalyse schon als deutlich unterschiedlich erwiesen hatten, nämlich die Schwarzerden und Auböden, nicht miteinbezogen, um zu verhindern, daß sie aufgrund ihrer großen Abweichungen von den Kennziffern der übrigen Böden alle signifikanten Unterschiede auf sich ziehen. Dadurch schieben die Gesellschaften des Ulmenion und der *Asarum*-Typ des *Primulo veris*-Carpinetum aus den Berechnungen aus. Auch die Aufnahme fläche 21, zum *Acer-Carpinus*-Typ des *Primulo veris*-Carpinetum gehörend, mußte aus demselben Grund unberücksichtigt bleiben. Weiters wurde vermieden, Gruppen mit weniger als fünf Mitgliedern in den Mittelwertvergleich miteinzubeziehen, sodaß letztendlich fünf Gesellschaften (Nr. 3-7 in Tab. 8 und 9) auf terrestrischen Bodentypen einander gegenübergestellt wurden.

Abb. 6: Lage der Arten im CCA-Plot. Die Arten der Baumschicht wurden hervorgehoben.



Tab. 8:

Tiefenstufenweise Mittelwerte (MW) wichtiger bodenchemischer Parameter innerhalb der Vegetationsgesellschaften und deren Standardabweichungen (s), incl. Trockenmasse der Auflage;
 Mineralbodenhorizonte: M₁ = 0-10 cm, M₂ = 10-20 cm; M₃ = 20-40 cm

	n	Hor.	pHCaCl2		KAK [mmol lEq/100g]		BS [%]		Corg [%]		Nges [%]		C/N		TM-Aufl. [kg/m ⁰]		
			MW	s	MW	s	MW	s	MW	s	MW	s	MW	s	MW	s	MW	s
1	8	Frax. pann.-Ulmetum & Quercu-Ulmetum	M1	6,1	1,01	22,24	10,18	97,1	4,62	3,75	0,95	0,27	0,10	14,7	3,76	1,02	0,34
			M2	6,3	1,14	17,03	8,00	94,8	11,17	1,74	0,64	0,14	0,05	14,0	5,73		
			M3	6,5	1,08	14,02	6,71	97,5	4,67	0,96	0,45	0,08	0,04	12,1	4,86		
2	5	Primulo veris-Carpinetum Asarum-Typ	M1	5,2	0,69	16,23	6,12	93,2	7,03	2,70	0,55	0,19	0,03	14,3	2,73	0,96	0,57
			M2	5,1	0,90	14,02	6,78	84,9	19,04	1,22	0,23	0,11	0,04	11,3	1,77		
			M3	5,7	1,05	15,41	6,38	93,5	10,31	0,73	0,22	0,06	0,03	12,4	4,45		
3	16	Primulo veris-Carpinetum Acer-Carp.- & Frag.-Pulm.-Typ	M1	4,5	0,44	10,84	3,55	60,2	21,00	2,57	0,70	0,18	0,05	14,6	2,80	1,37	0,57
			M2	4,4	0,47	9,47	3,30	50,6	27,13	1,04	0,26	0,08	0,02	13,3	3,34		
			M3	4,6	0,45	11,95	4,61	70,4	23,93	0,60	0,14	0,05	0,02	12,7	6,37		
4	5	Carc. pilosae-Carpinetum	M1	4,0	0,31	8,25	2,92	50,7	20,93	3,46	1,00	0,24	0,05	14,4	2,35	3,24	1,25
			M2	4,0	0,15	5,64	0,95	23,8	13,77	1,18	0,20	0,08	0,01	14,3	2,12		
			M3	3,9	0,14	4,82	1,02	26,1	14,54	0,65	0,13	0,05	0,01	12,0	2,04		
5	6	Festuco heterophyllae-Quercetum	M1	3,8	0,23	11,63	2,19	39,9	18,54	2,63	0,77	0,19	0,04	13,8	2,41	2,42	1,42
			M2	3,8	0,10	11,68	2,43	31,8	9,00	1,12	0,13	0,10	0,02	11,3	2,09		
			M3	4,0	0,18	17,34	5,50	63,6	12,55	0,73	0,13	0,06	0,02	12,0	2,42		
8	4	Quercetum petraeae-cerris	M1	4,2	0,25	10,00	3,50	58,2	24,81	2,45	0,64	0,18	0,07	13,8	1,39	3,51	1,11
			M2	4,1	0,19	10,93	7,81	46,0	23,63	0,95	0,30	0,08	0,03	11,8	0,62		
			M3	4,1	0,18	13,98	10,44	62,0	16,63	0,56	0,30	0,05	0,03	10,4	1,06		
6	9	Deschampsio flexuosae-Quercetum (incl. Dicrano-Pinion)	M1	3,9	0,07	7,23	3,07	31,3	18,73	2,58	0,94	0,15	0,05	18,0	2,89	3,23	1,31
			M2	4,1	0,19	5,32	3,03	27,4	23,70	1,10	0,51	0,07	0,03	16,2	6,81		
			M3	4,3	0,57	6,46	5,47	43,5	29,81	0,54	0,21	0,04	0,02	17,1	11,23		
9	4	Luzulo nemorosae-Fagetum	M1	3,9	0,22	8,30	1,09	37,6	32,12	2,10	0,74	0,11	0,03	18,1	2,52	2,66	0,97
			M2	3,9	0,14	6,28	0,79	30,7	25,70	0,83	0,28	0,05	0,02	15,5	3,36		
			M3	4,1	0,10	7,30	2,00	56,9	24,83	0,40	0,40	0,03	0,02	15,5	9,91		
10	3	Lamiasium montanum-Q. rob. Ges.	M1	3,9	0,06	9,99	1,43	43,4	17,10	2,47	0,40	0,21	0,04	12,0	0,21	2,33	0,58
			M2	3,9	0,00	8,82	0,98	38,6	11,68	1,07	0,15	0,10	0,02	10,5	1,64		
			M3	4,0	0,12	8,58	0,89	54,4	16,35	0,73	0,23	0,08	0,02	9,2	1,07		
7	5	Carex brizoides-Q. rob. Ges.	M1	4,0	0,18	7,23	1,30	30,5	17,59	2,98	0,66	0,23	0,05	13,2	1,18	1,51	0,73
			M2	4,1	0,05	5,30	1,78	25,4	22,15	0,98	0,11	0,09	0,02	11,0	2,11		
			M3	4,2	0,19	6,30	3,14	42,0	36,11	0,64	0,17	0,07	0,02	9,8	2,62		
11	3	Molinio arundinaceae-Quercetum (incl. Mastigobryo-Piceetum)	M1	3,7	0,15	7,19	1,19	9,3	2,37	4,90	0,85	0,31	0,09	16,4	3,16	6,35	1,90
			M2	4,0	0,10	3,99	0,51	7,6	2,00	1,73	0,23	0,14	0,04	13,4	3,99		
			M3	4,1	0,09	3,92	0,81	11,2	0,91	0,90	0,30	0,09	0,01	10,3	2,66		

In diesem Vergleich ragte das *Primulo veris-Carpinetum* (*Acer-Carpinus*-, *Carex pilosa*- und *Fragaria-Pulmonaria*-Typ gemeinsam) als Regionalgesellschaft der kollinen Stufe des Pannonischen Raumes, wo großräumig karbonatische Ausgangsmaterialien vorliegen, durch die höchsten pH-Werte heraus. Besonders die pH-Werte und die Basensättigung der beiden obersten Mineralbodenhorizonte liegen gegenüber den anderen Gesellschaften in einem günstigen Bereich, der in Zusammenspiel mit den klimatischen Gegebenheiten an diesen Standorten einen raschen Umsatz der leicht zersetzbaren Pflanzenrückstände (Schattenkräuter, Hainbuchen-, Linden-, und Feldahornstreu) und dadurch einen geschlossenen Nährstoffkreislauf gewährleistet. Dafür sprechen auch die engen C/N-Verhältnisse und die geringen Auflagetrockenmassen.

Die meisten der übrigen signifikanten Unterschiede kommen durch die hohe Kationenaustauschkapazität der Böden des *Festuco heterophyllae-Quercetum* zustande. In ihr spiegelt sich der hohe Tongehalt der sehr bindigen Böden wider. Die chemischen Kennwerte innerhalb dieser Gesellschaft zeigen eine enge bodenkundliche Verwandtschaft mit dem *Quercetum petraeae-cerris* an. Im Vergleich mit letzterem ist nur die Basenverarmung im Oberboden auffallend. Die hohen C/N-Verhältnisse in den Böden des *Deschampsio flexuosae-Quercetum* und die hohen Auflagetrockenmassen sind Ausdruck dafür, daß an den Standorten dieser Gesellschaft regelmäßig Nadelhölzer (Fichte und/oder Kiefer) in größerem Ausmaß beigemischt sind, die eine stickstoffarme und schwer abbaubare Streu aufweisen. Ähnliches gilt für das *Luzulo nemorosae-Fagetum* und die beiden Aufnahme-flächen 73 und 74, die eigentlich schon einer anthropogenen Fichtenwaldgesellschaft zugeordnet werden müssen.

4.4 Kronenverlichtung der Versuchsbestände

Während die Kronenverlichtung der WBZI-Versuchsbestände jährlich im Rahmen des Waldbeobachtungssystems (WBS) geschätzt wird, erfolgte die Kronenansprache auf den FIW-Flächen nur in den Jahren 1990 und 1991. Überdies waren 1990 erst die niederösterreichischen Flächen eingerichtet, sodaß Angaben über den Kronenzustand der übrigen Bestände aus diesem Jahr fehlen. Insgesamt liegen von 32 Aufnahme-flächen Ansprachen aus beiden Jahren vor.

Die Anspracheergebnisse der Einzelbäume (nur Eichen) wurden bestandesweise gemittelt und die Bestände nach diesen Mittelwerten in Verlichtungsklassen eingeteilt (siehe Legenden der Abbildungen 8 und 9). Vergleicht man die mittlere Kronenverlichtung der Bestände 1990 mit der aus 1991, so ist eine allgemeine Verbesserung von 1990 auf 1991 festzustellen. Bei 16 Verbesserungen blieben 13 Bestände gleich, und nur drei Bestände fielen in eine schlechtere Klasse zurück. Änderungen um mehr als eine Klasse kamen nur in drei Fällen vor (eine Verschlechterung, zwei Verbesserungen).

Im Beobachtungszeitraum konnten keine auffallenden biotischen Schädigungen festgestellt werden. Die beiden Aufnahme-flächen 3 und 11, die in beiden Jahren zu den schlechtesten zählten, liegen im unmittelbaren Nahbereich von Wien. Die Tatsache, daß im schlechteren Jahr 1990 vor allem die Austandorte und die Unterhangstandorte der kollinen Stufe Niederösterreichs durch eine starke Kronenverlichtung gekennzeichnet waren, kann dahingehend interpretiert werden, daß in diesem dritten Jahr einer Abfolge von sehr niederschlagsarmen Jahren mit außergewöhnlich heißen Sommern die grundwassernahen Ökosysteme besonders unter der Trockenheit gelitten haben. Dies umso mehr, als seit etwa 25 Jahren auch der Grund-

Tab. 9:
Ergebnis des multiplen Mittelwertsvergleiches (Scheffé-Test); signifikante Unterschiede auf dem 5 %-Niveau durch einen Punkt gekennzeichnet.

	pH _{CaCl2}			KAK			BS			C _{org}		N _{ges}		C/N		TM
	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M1	M2	M1	M2	
3 vs 4									•							•
3 vs 5	•	•														•
3 vs 6	•				•			•								
3 vs 7																
4 vs 5					•	•										
4 vs 6												•				
4 vs 7																
5 vs 6					•	•										
5 vs 7					•	•										
6 vs 7														•		

Abb. 8: Kronenverlichtung der Aufnahmefflächen 1990 im standortkundlichen Überblick des CCA-Diagrammes

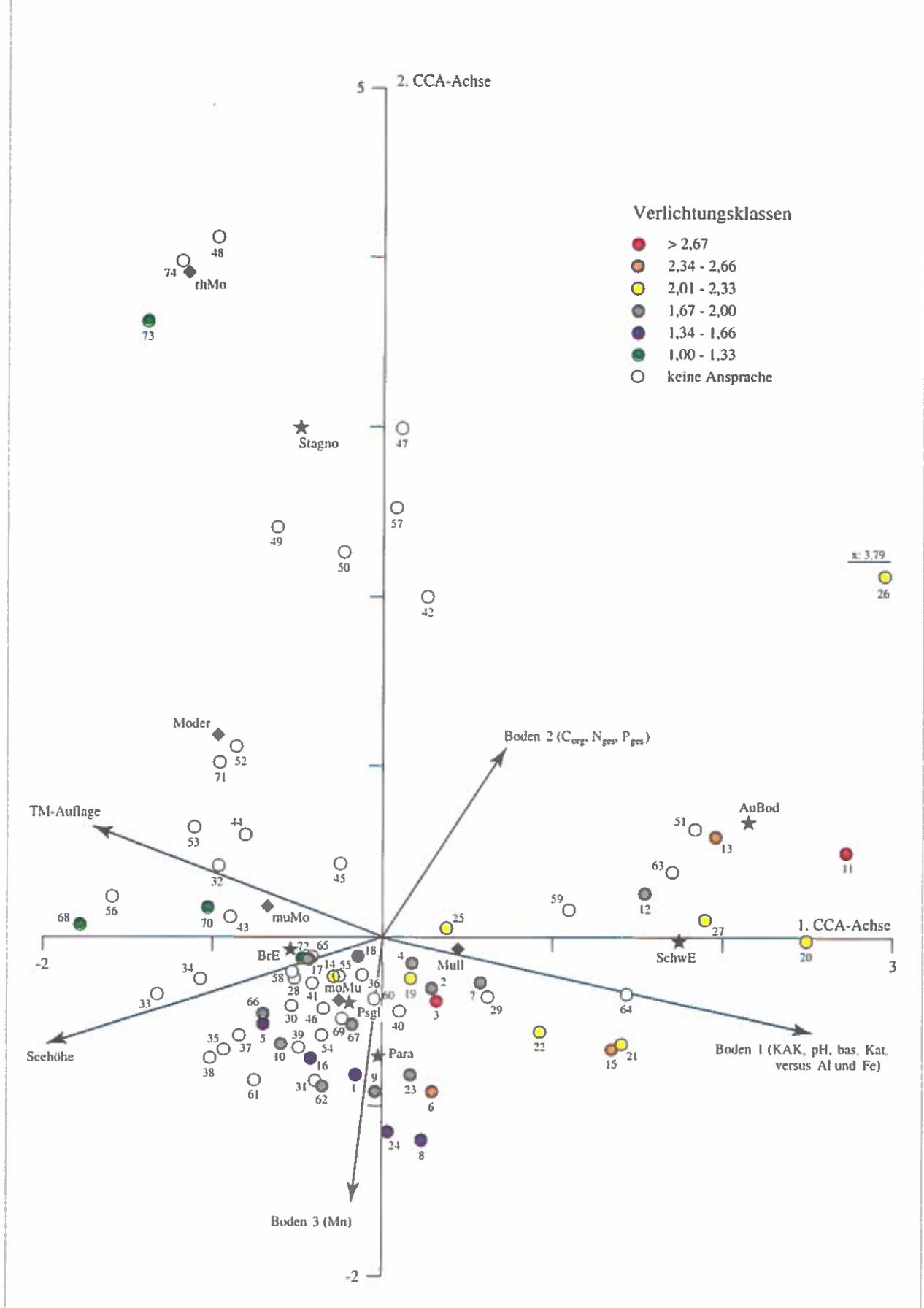
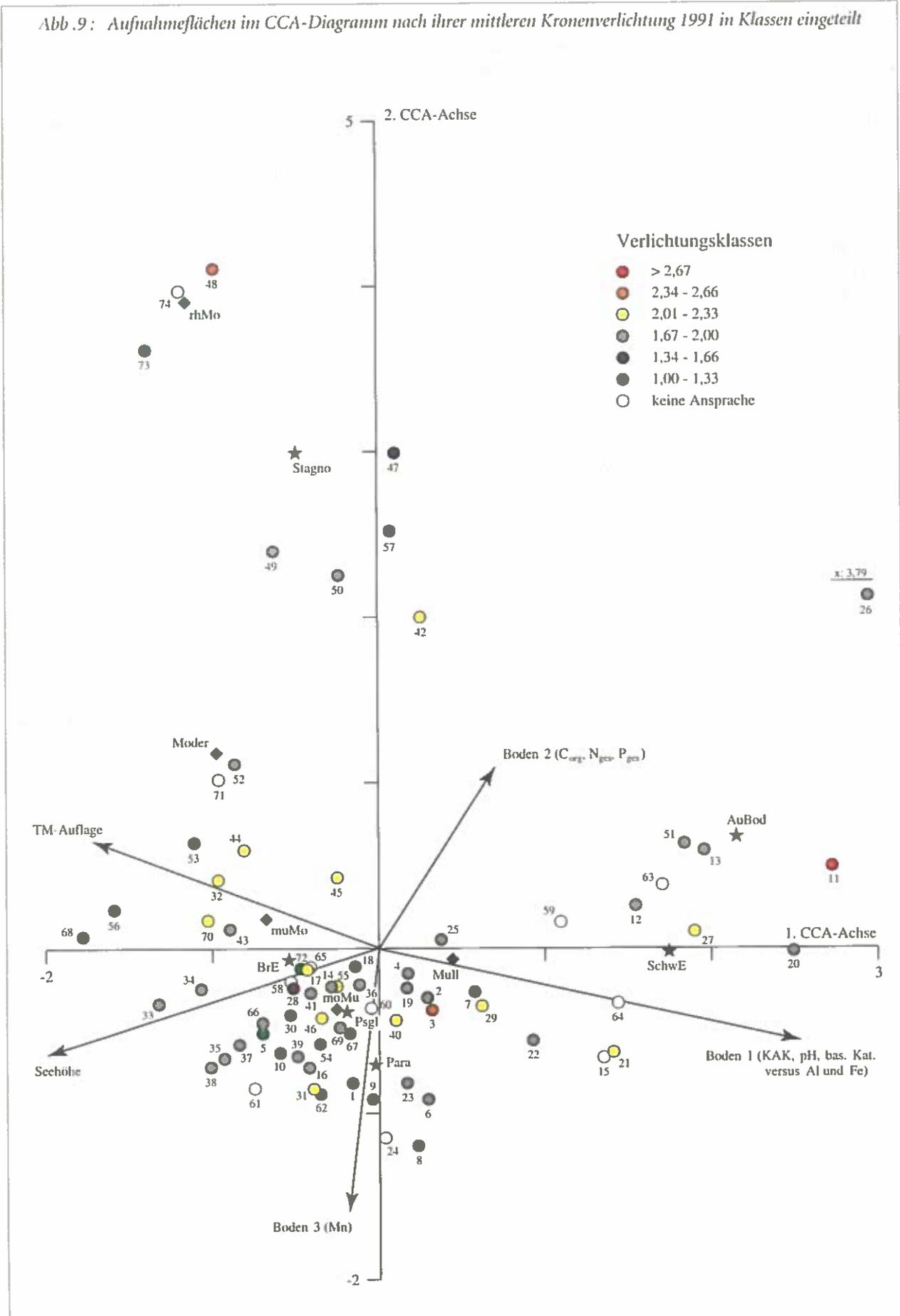


Abb. 9: Aufnahmeflächen im CCA-Diagramm nach ihrer mittleren Kronenverlichtung 1991 in Klassen eingeteilt



wasserspiegel im pannonischen Osten Österreichs stark sinkt. An 14 Meßstellen im Weinviertel und im Marchfeld wurden im Zeitraum von 1966 bis 1990 Rückgänge zwischen 0,3 und 2,7 m registriert, im Schnitt sank der mittlere Grundwasserspiegel um 1,7 m (SCHUMÉ 1992).

Bäume, die in der Jugend andere Bedingungen (Grundwasseranschluß oder zumindest mehr Niederschlag) vorgefunden hatten und dementsprechende Höhen und Kronenlängen aufweisen, können vor dem Hintergrund des Niederschlags- und Grundwasserrückganges ihre große Biomasse nicht mehr aufrechterhalten, und versuchen bei Trockenstreß durch den Abwurf von Blättern oder ganzen Zweigen die Anzahl der Wasserverbraucher zu reduzieren. Wie stark der Niederschlagsrückgang im Norden des Arbeitsgebiets war, ist aus Tabelle 10 zu ersehen.

Dem beachtlichen Abfall der Normalzahl an der Station Mailberg um 96 mm (16,4 %) steht sogar eine geringfügige Zunahme an der Station Bad Gleichenberg gegenüber. Für die beiden Beobachtungsjahre 1990 und 1991 wird für Mailberg zwar dieselbe Jahressumme von 476 mm ausgewiesen, jedoch geht aus diesem Wert die Verteilung der Niederschläge nicht hervor. So fielen in den Monaten Mai bis August 1990 nur 168 mm Niederschlag, im Folgejahr aber 299 mm, wobei der für die Vegetationsentwicklung wichtige Monat Mai allein auf 110 mm kam. Trotz der geringen Niederschlagsmenge 1991 könnten die Bäume also von der günstigen Verteilung profitiert haben. Die Verbesserung des Kronenzustandes im Jahr 1991 spricht zumindest für eine gewisse Regenerationsfähigkeit der Bestände.

5. Diskussion und Zusammenfassung

Das Untersuchungsgebiet stellt sich keineswegs als geographisch einheitlicher Raum dar, sondern kann nach geologisch-bodenkundlichen, klimatischen und vegetationskundlichen Kriterien weiter unterteilt werden. Als Gegenpole stehen einander das Weinviertel in Niederösterreich und das steirische Alpenvorland gegenüber.

Das Weinviertel besitzt niederschlagsarmes, sommerwarmes Klima und überwiegend karbonatbeeinflusste Böden (Löß). Es ist mit Ausnahme der höheren zentralen Hügelländer der rotbuchenfreien kollinen Stufe zuzurechnen, als deren Klimaxvegetation der Eichen-Hainbuchenwald (*Primulo veris-Carpinetum*) angesehen werden kann. Dieser wird überwiegend von Traubeneiche beherrscht, auf feuchteren Standorten auch von Stieleiche. Der Karbonateinfluß schlägt sich in höheren pH-Werten und einer höheren Basensättigung der Böden der Weinviertler Eichen-Hainbuchenwälder (Tab. 8) nieder.

Das steirische Alpenvorland ist deutlich niederschlagsreicher als das Weinviertel. Diese Tatsache und die durchschnittlich etwas größeren Seehöhen bedingen die Zugehörigkeit zur submontanen Höhenstufe, in der die Rotbuche (*Fagus sylvatica*) eine dominierende Stellung einnimmt. Auf den kalkarmen Böden herrschen in der natürlichen Vegetation bodensaure Buchenwälder (*Luzulo-Fagetum*) vor. Bodensaure Traubeneichenwälder (*Deschampsio flexuosae-Quercetum*) können als davon abgeleitet betrachtet werden. Von Natur aus rotbuchenfrei sind hier vor allem

Tab. 10:

Entwicklung der Niederschläge und der Temperaturen an zwei Klimameßstationen im Nord- und im Südteil des Arbeitsgebietes. NZ steht für Normalzahl.

		NZ alt		NZ neu		88	89	90	91
		31-60	71-80	81-90	61-90				
Mailberg	NS. [mm]	585	466	488	489	440	434	476	476
	Temp. [°C]	9,4	9,3	9,3	9,2	9,9	9,8	9,1	9,0
Bad Gleichenberg	NS. [mm]	844	819	839	857	835	853	821	937
	Temp. [°C]	9,3	8,6	9,1	8,9	9,3	9,6	9,6	8,6

Standorte auf staublehmbedeckten Terrassen mit ausgeprägtem Tagwasserstau (Stagnogley). Hier bilden feuchte Stieleichen-Hainbuchenwälder (*Carex brizoides-Quercus robur*-Ges.) und Stieleichenwälder (*Molinio-Quercetum*) die natürliche Vegetation.

Das Burgenland, zwischen diesen beiden Landschaften gelegen, nimmt eine Übergangsposition ein. Kalkarme Sedimente einerseits, andererseits aber noch pannonisches Klima sowie eine ausgedehnte, niedrig gelegene kolline Stufe sind der Grund für das Auftreten eigenständiger Eichenwaldgesellschaften (*Festuco heterophyllae-Quercetum*, *Quercetum petraeae-cerris*). Die Gebirgsränder des Untersuchungsgebiets und die höheren Hügelländer innerhalb der Beckenlandschaften sind weitere naturräumliche Einheiten. Im nördlichen und mittleren Burgenland sind auf Silikatgesteinen unter pannonischem Klimaeinfluß submontane Eichen-Hainbuchenwälder (*Carici pilosae-Carpinetum*), andererseits auch bodensaure Buchen-Eichenwälder vorhanden.

Die unterschiedlichen geologischen Substrate dieser drei Landschaftsräume spiegeln sich in den bodenchemischen Kennzahlen der Oberböden deutlich wider, wodurch die Eigenschaften der Bodentypen überlagert werden. Das führt unter anderem dazu, daß die großen Gruppen der Pseudogleye und Parabraunerden, die über das gesamte Arbeitsgebiet verbreitet sind, in der Diskriminanzanalyse der Bodentypen nur sehr schlecht zu unterscheiden sind.

Die heutige Baumartenzusammensetzung weicht häufig von der potentiell natürlichen ab. Die Ursachen liegen teils in historisch weit zurückreichenden Nutzungsformen, teils in der ökonomisch motivierten Begünstigung von Nadelbaumarten, insbesondere von Fichte. Waldweide bewirkte vor allem eine Auflichtung der Bestände und eine Benachteiligung von Schattbaumarten, Streunutzung wirkte sich in einer Verarmung der Böden aus. Im weit verbreiteten Ausschlagwald mit kurzer Umtriebszeit wurden vor allem Hasel und Birke gefördert. Als Folge dieser unterschiedlichen Maßnahmen kamen Waldbilder mit Rotföhren-Eichen-Weidewäldern und Hasel-Niederwäldern zustande, wie sie FRANK (1937) beschreibt oder KRAL (1985) pollenanalytisch nachweist. Die Umwandlung dieser nicht sehr ertragreichen Bestände erfolgte meist mittels Saat. Die verschiedenen Baumarten unterliegen und unterlagen diesen Einflüssen in unterschiedlichem Ausmaß.

Trauben- und Stieleiche weisen im Untersuchungsgebiet unterschiedliche Ansprüche an den Wasserhaushalt auf. Die Stieleiche (*Quercus robur*) bevorzugt gut wasserversorgte Standorte und hat einen

Schwerpunkt auf Auböden und Stagnogleyen, während die Traubeneiche (*Quercus petraea* agg.) auf den trockeneren Standorten vorherrscht. Wenn auf einem bestimmten Standort wider Erwarten die andere der beiden Eichenarten vorherrscht, kann das als Hinweis auf eine künstliche, nicht standortgemäße Bestandesbegründung gewertet werden. Die Traubeneiche erscheint in Niederösterreich vergleichsweise wenig durch den Menschen beeinflußt, in der Steiermark und im Südburgenland hat sie jedoch infolge von Waldweide und Streunutzung ihre Bedeutung auf Kosten der Rotbuche (*Fagus sylvatica*) vergrößern können. Hier muß auch darauf hingewiesen werden, daß die Traubeneiche taxonomisch uneinheitlich ist. Im Weinviertel überwiegen nach eigenen stichprobenartigen Beobachtungen Formen, die *Quercus dalechampii* zuzurechnen sind, während in der Steiermark *Quercus petraea* s.str. vorherrscht. Die Stieleiche stockt deutlich häufiger auf Standorten, die nach standortkundlichen Merkmalen bereits zum Herrschaftsbereich der Traubeneiche gehören (z.B. Aufn. 17, 23, 39). Sie wurde in der Vergangenheit bei der Bestandesbegründung durch Saat vorgezogen, wobei besonders slawonische Herkünfte zum Zug kamen. In abgeschwächtem Ausmaß dürfte die frühere Bevorzugung bei der Eichelsaat auch für die Zerreiche (*Quercus cerris*) zutreffen.

Die Hainbuche (*Carpinus betulus*) gilt landläufig als Baumart, die durch die Niederwaldwirtschaft gefördert wird. Das mag für die submontane Stufe, wo sie ihr klimatisches Optimum hat, etwa im Wienerwald oder in Teilen des Leithagebirges, unbeschränkt gelten. Wie die Pollenprofile von KRAL (1985) zeigen, ist die Hainbuche (*Carpinus betulus*) im Weinviertel jedoch in der Vergangenheit durch die Bewirtschaftung keineswegs begünstigt worden. Vielmehr zeigt sie erst nach Eindämmung der bis ins vorige Jahrhundert intensiv betriebenen Waldweide eine Zunahme. Einerseits war sie als Schattbaumart, die in der Lage ist, die Bodenvegetation zu verdämmen, in Weidewäldern vermutlich nicht sehr erwünscht. Andererseits befindet sie sich im Weinviertel in ihrem klimatischen Grenzbereich, wo im Ausschlagwald bei den dort üblichen kurzen Umtriebszeiten von ca. 20 Jahren eher Hasel (*Corylus avellana*) und Winterlinde (*Tilia cordata*) begünstigt werden und die Hainbuche in verstärktem Ausmaß auf die generative Verjüngung angewiesen ist.

Unter den Nadelbäumen hatte in historischer Vergangenheit (vgl. KRAL 1985) nur die Rotföhre (*Pinus sylvestris*) eine Bedeutung. Sie wurde als lichtliebende, anspruchslose Pionierbaumart sowohl durch Wald-

weide als auch durch Streunutzung gefördert und nahm im gesamten Untersuchungsgebiet früher größere Flächen ein als heute. Fichte (*Picea abies*) und Lärche (*Larix decidua*) dagegen wurden erst relativ spät mit dem Ziel, den wirtschaftlichen Ertrag zu steigern, eingebracht. Fichtenforste sind im trockenwarmen Pannonischen Gebiet verhältnismäßig selten, nehmen aber im niederschlagsreicheren subillyrischen Hügel- und Terrassenland in der submontanen Stufen einen beträchtlichen Anteil der Waldfläche ein. Die Fichte ist jedoch auch hier keine betriebssichere Baumart (Wind, Borkenkäfer). Sie sollten möglichst durch die standortangepaßten Laubbaumarten, Eiche und Buche, ersetzt werden.

Danksagung

Für die kritische Durchsicht des Manuskriptes und wertvolle Anregungen danken wir Prof. Dr. H. Niklfeld, Dr. L. Schrott-Ehrendorfer und Prof. Dr. H. Hager.

Literatur

- BACKHAUS K., ERICHSON B., PLINKE W. & WEIBER R. 1994: *Multivariate Analysemethoden. Eine anwendungsorientierte Einführung*. Berlin, Springer-Verlag, 594 S.
- BLUM W., DANNEBERG O., GLATZEL G., GRALL G., KILIAN W., MUTSCH F. & STOHR D. 1986: *Waldbodenuntersuchungen. Geländeaufnahmen, Probennahme, Analyse*. Wien, Österr. Bodenkundl. Ges., 59 S.
- BRAUN-BLANQUET J. 1951: *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde*. 2. Aufl. Wien, Springer-Verlag, 631 S.
- BRIX F. 1970: *Die Entstehung der Gesteine und der Landschaft (Geologie, Geomorphologie und Geophysik)*. In: STARMÜHLNER F. & EHRENDORFER F. (Red.): *Naturgeschichte Wiens. Band 1*. Wien/München, Jugend und Volk, 27-190.
- EGGLER J. 1958: *Wiesen und Wälder des Saftales in Steiermark*. Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 88: 23-50.
- EHRENDORFER F. (Hrsg.) 1973: *Liste der Gefäßpflanzen Mitteleuropas*. 2. Aufl. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag, 318 S.
- ENGLISCH M. 1992: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Teil II: Standorts- und Bodenbeschreibung*. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Wien, 168/I: 23-43.
- ENGLISCH M., KARRER G. & MUTSCH F. 1992: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Teil I: Methodische Grundlagen*. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Wien, 168/I: 5-21.
- FLUGEL H.W. & NEUBAUER F. 1984: *Steiermark - Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen*. Wien, Geologische Bundesanstalt, 127 S.
- FRAHM J.P. & FREY W. 1983: *Moosflora*. Stuttgart, Ulmer, UTB 1250. 522 S.
- FRANK J. 1937: *Der Hochleitenwald. Einführung zur Wälderschau des Niederösterreichischen Forstvereines 1937 in das Rudolf Graf von Abensperg und Traunische Forstrevier Wolkersdorf*. Wien, Niederösterreichischer Forstverein, 19 S., 1 Kt.
- GLATZEL G. 1982: *Standortskundliche Untersuchungen zur Frage der Bewirtschaftung von Stagnogleystandorten im südöstlichen Österreich*. Cbl. Ges. Forstwesen, 99: 65-88.
- HARTMANN F. 1927: *Die Fichtenwirtschaft auf ebenen Lehmgeländen der Oststeiermark*. Cbl. Ges. Forstwesen, 53: 38-50, 65-87.
- HARTMANN F. 1934: *Naturverjüngung des Waldes auf ökologischer Grundlage im Hochmoorwaldgebiete von Fürstenfeld (Steiermark)*. Cbl. Ges. Forstwesen, 60: 104-147, 193-208, 225-239.
- HILL M.O. 1973: *Reciprocal averaging: An eigenvector method of ordination*. J. Ecol., 61: 237-249.
- HILL M.O. 1979: *TWINSPAN - A FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes*. Ithaca, N.Y., Cornell University, 47 S.
- HOLLER H. & KOLMER H. 1965: *Sedimentpetrographische Untersuchungen an steirischen Lössen und Lößlehmen*. Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 95: 115-122.
- HUBER S. 1993: *Bodenmineralstoffhaushalt, Ernährungszustand und Kronenverlichtung von Eichenwäldern im nordöstlichen Niederösterreich*. FIW-Forschungsberichte, 1993/3: 1-146.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH 1983: *Die Niederschläge, Schneeverhältnisse und Lufttemperaturen in Österreich im Zeitraum 1971-1980*. Wien, Hydrograph. Zentralbüro im BM. f. Land- und Forstwirtschaft.
- JELEM H. & MADER K. 1969: *Standorte und Waldgesellschaften im östlichen Wienerwald*. Forstl. Bundes-Versuchsanst., Inst. f. Standort, Heft 24 (1). 207 S., tt.
- JELEM H. 1974: *Die Auwälder der Donau in Österreich*. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Wien, 109: 1-287, 109B: Beilagen.
- JELEM H. 1975: *Marchauen in Niederösterreich*. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanst. Wien, 113: 1-93, 1 Kt., 3 tt.
- JELEM H., KILIAN W. & NEUMANN A. 1965: *Standortserkundung im Zisterseengebiet des östlichen Weinviertels. Steinbergwald (Zistersdorf, Niederösterreich)*. Forstl. Bundes-Versuchsanst., Inst. f. Standort, Heft 16. 40 S.
- KARRER G. 1991: *Waldbodenzustandsinventur. Die Vegetationsaufnahmen und Möglichkeiten ihrer forstökologischen Auswertung*. FBVA-Berichte, 49: 49-61.
- KARRER G. 1992: *Über den Einsatz multivariater Analyseverfahren der Vegetationsökologie zur Ausscheidung forstlicher Standortseinheiten. 1. Teil: Klassifikation und Ordination von Wäldern im Leithagebirge (Niederösterreich)*. Ber. Nat.-Med. Ver. Innsbruck, 79: 85-102.
- KARRER G. & KILIAN W. 1990: *Standorte und Waldgesellschaften im Leithagebirge - Revier Sommerein*. Mitt. Forstl. Bundes-Versuchsanstalt Wien, 165: 1-244.
- KILIAN W., MÜLLER F. & STARLINGER F. 1994: *Die forstlichen Wuchsbereiche Österreichs. Eine Naturraumgliederung nach waldböologischen Gesichtspunkten*. FBVA-Berichte, 82: 1-60.

- KOLMER H. 1968: *Über Lößsedimente des Murtales*. Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, 98: 11-15.
- KRAL F. 1985: *Zur natürlichen Bewaldung im Nordosten Österreichs mit Berücksichtigung der Eichenmistel*. Cbl. Ges. Forstwesen, 102: 215-234.
- LEUSCHNER C. 1994: *Walddynamik auf Sandböden in der Lüneburger Heide (NW-Deutschland)*. Phytocoenologia, 22: 289-324.
- MUCINA L., GRABHERR G. & WALLNÖFER S. (Hrsg.) 1993: *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III. Wälder und Gebüsche*. Jena, Gustav Fischer Verlag.
- MUCKENHAUSEN E. 1975: *Die Bodenkunde und ihre geologischen, geomorphologischen, mineralogischen und petrologischen Grundlagen*. Frankfurt, DLG-Verlag, 579 S.
- NEUHAUSI R. & NEUHAUSLOVA Z. 1968: *Mesophile Waldgesellschaften in Südmähren*. Rozpravy Cs. Akad. Ved, Ser. Math.-Nat., Praha, 78(11): 1-83, tt.
- NEUHAUSI R. & NEUHAUSLOVA-NOVOTNA Z. 1964: *Vegetationsverhältnisse am Südrand des Schemnitzer Gebirges*. Bratislava, Vyd. Slov. Akad. Vied. 77 S.
- NEUHAUSI R. 1981: *Entwurf der syntaxonomischen Gliederung mitteleuropäischer Eichen-Hainbuchenwälder*. In: DIERSCHKE H. (Hrsg.): *Syntaxonomie*. Vaduz, J. Cramer, 533-546.
- NEUMANN M. & POLLANSCHÜTZ J. 1988: *Taxationshilfe für Kronenzustandserhebungen*. Österr. Forstzeitung 6/1988: 27-37.
- NIKIFELD H. 1993: *Pflanzengeographische Charakteristik Österreichs*. In MUCINA L., GRABHERR G. & ELLMAUER T. (Hrsg.): *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil I*. Jena, Gustav Fischer Verlag, 43-75.
- OZENDA P. 1988: *Die Vegetation der Alpen im europäischen Gebirgsraum*. Stuttgart - New York, Gustav Fischer Verlag, 353 S.
- PODANI J. 1990: *SYN-TAX IV. Computer programs for data analysis in ecology and systematics on IBM-PC and Macintosh computers*. Trieste, UNIDO, Int. Centre for Science and High Technologies.
- SCHUME H., HUBER S. & HAGER H. 1995: *Gesamtauswertung*. In: ROSEL K. & REUTHER M. (Hrsg.): *Differentialdiagnostik der Schäden an Eichen in den Donauländern*. GSF-Bericht, 11/95: 17-224.
- SCHUME H. 1992: *Vegetations- und standortkundliche Untersuchungen in Eichenwäldern des nordöstlichen Niederösterreich unter Zuhilfenahme multivariater Methoden*. FIW-Forschungsberichte, 1992/3: 1-138.
- SCHUME H. 1993: *Standörtliche Zonierung von Eichenwaldökosystemen in Ostösterreich*. FIW-Forschungsberichte, 1993/5: 118-156.
- SOÓ R. 1962: *Systematische Übersicht der pannonischen Pflanzengesellschaften V. Die Gebirgswälder I*. Acta Bot. Acad. Sci. Hung., 8: 335-366.
- SPSS GMBH SOFTWARE 1993: *SPSS for Windows - Professional Statistics Release 6.0*. Chicago. 385 S.
- TER BRAAK C.J.F. 1991: *CANOCO - A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis, principal components analysis and redundancy analysis (version 3.12)*. Wageningen, Agriculture Mathematics Group.
- THENIUS E. 1974: *Niederösterreich - Geologie der österreichischen Bundesländer in kurzgefaßten Einzeldarstellungen*. Verh. Geol. Bundesanst., Bundesländerserie, Heft NÖ., Wien, 280 S.
- ULRICH B. 1985: *Natürliche und anthropogene Komponenten der Bodenversauerung*. Mitt. Deutsch. Bodenk. Ges., 43(1): 159-187.
- VAN DER MAAREL E. 1979: *Transformation of cover/abundance values in phytosociology and its effects on community similarity*. Vegetatio, 39: 97-114.
- WALLNÖFER S., MUCINA L. & GRASS V. 1993: *Quercus-Fagetum*. In MUCINA L., GRABHERR G. & WALLNÖFER S. (Hrsg.): *Die Pflanzengesellschaften Österreichs. Teil III. Wälder und Gebüsche*. Jena, Gustav Fischer Verlag, 85-236.
- WRABER M. 1969: *Über die Verbreitung, Ökologie und systematische Gliederung der Eichen-Hainbuchenwälder in Slowenien*. Feddes Repert., Berlin, 79(6): 373-389.
- ZUKRIGL K. 1979: *Die Waldgesellschaften im Wildpark Güssing-Punitz und ihre Bedeutung für die Wildzucht*. Burgenl. Heimatbl., Eisenstadt, 41(2): 49-64.
- ZUKRIGL K. 1990: *Naturwaldreservate in Österreich. Stand und neu aufgenommene Flächen*. Wien, Bundesministerium f. Umwelt, Jugend u. Familie.

Verfasser: Dipl.-Ing. Helmut Schume
Universität für Bodenkultur
Institut für Waldökologie
Peter Jordan Straße 82
A-1190 Wien

Dipl.-Ing. Franz Starlinger
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstökologie
Seckendoff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Anhang

Vegetationstabellen

Im Tabellenkopf verwendete Abkürzungen:

Waldgesellschaft:

Die Kennbuchstaben entsprechen denen in Tab. 6. Zusätzlich werden verwendet:

- C1a Primulo veris-Carpinetum, *Asarum*-Typ
- C1b Primulo veris-Carpinetum, *Acer-Carpinus*-Typ
- C1c Primulo veris-Carpinetum, *Carex pilosa*-Typ
- C1d Primulo veris-Carpinetum, *Pulmonaria-Fragaria*-Typ
- C1e Primulo veris-Carpinetum, *Corylus-Quercus petraea*-Typ

Bodentyp:

- AuB Auboden
- BE Braunerde
- FSE Feuchtschwarzerde
- Gl Gley
- PBE Parabraunerde
- Psgl Pseudogley
- Rd Rendsina
- Stgl Stagnogley
- Ts Tschernosem
- b braun
- g vergleht
- ps pseudovergleht

Bodenart:

- L Lehm
- S Sand
- T Ton
- U Schluff
- al anlehmig
- l lehmig
- s sandig
- t tonig
- u schluffig

Relief:

- Eb Ebene
- MH Mittelhang
- OH Oberhang
- Pt Platte
- Rü Rücken, Kuppe
- UH Unterhang, Hangfuß
- VEb Verebnung

Aufnahmeorte und -termine sowie in den Vegetationstabellen nicht enthaltene zusätzliche Arten:

- 1 2,5 km NW Oberrußbach, 16.7.1990: *Campanula rotundifolia* +, *Primula* sp. +.
- 2 1,8 km SO Oberrußbach, 18.7.1990: *Deschampsia cespitosa* 1, *Epipactis purpurata* +, *Pimpinella major* 1, *Rubus caesius* 1, *Sanicula europaea* +, *Sorbus aucuparia* K +.
- 3 1,6 km W Schloß Wilhelminenberg, 19.7.1990: *Allium ursinum* 1, *Carex sylvatica* +, *Circaea lutetiana* 1, *Hedera helix* K +, *Hordelymus europaeus* 1, *Lonicera xylosteum* S 1, K 1, *Sanicula europaea* +.
- 4 Lainzer Tiergarten, 1,6 km SW Lainzer Tor, 23.7.1990: *Daphne laureola* K +, *Epipactis purpurata* +, *Polytrichum* sp. +.
- 5 Lainzer Tiergarten, 2,2 km WSW Lainzer Tor, 24.7.1990: *Prunus spinosa* K +, *Quercus rubra* B1 2, K +.
- 6 Ladenbrunner Wald 3,6 km NNW Asparn an der Zaya, 26.7.1990: *Agrostis tenuis* +, *Epilobium montanum* +.
- 7 Ladenbrunner Wald 3,9 km NNW Asparn an der Zaya, 27.7.1990: *Daphne mezereum* K +, *Lamium montanum* +, *Lamium maculatum* 1, *Polygonatum odoratum* +, *Stachys sylvatica* +.
- 8 4,9 km WSW Asparn an der Zaya, S Michelstetten, 1.8.1990: *Rubus caesius* +, *Salvia glutinosa* +.
- 9 4 km SSO Patzmannsdorf, 2.8.1990: *Cruciata laevipes* +, *Genista tinctoria* +, *Melampyrum nemorosum* +, *Potentilla alba* +, *Prunus spinosa* K +, *Solidago virgaurea* +, *Trifolium alpestre* +.
- 10 4,3 km SO Patzmannsdorf, 3.8.1990: *Rubus caesius* +.
- 11 Lobau, 0,4 km NW Franzosenfriedhof, 6.8.1990: *Ailanthus altissima* S +, K +, *Mycelis muralis* +, *Verbascum densiflorum* +.
- 12 1,5 km SSO Bhf. Marchegg, 7.8.1990: *Chaerophyllum temulum* +, *Quercus rubra* K +.
- 13 0,9 km NO Schloß Niederweiden, 8.8.1990: *Clinopodium vulgare* +, *Convallaria majalis* +, *Galium rotundifolium* +, *Melica nutans* 1, *Moehringia trinervia* +.
- 14 3,1 km SSW Wolfsthal, 9.8.1990.
- 15 2,1 km SSW Wolfsthal, 10.8.1990: *Glechoma hederacea* +.
- 16 1,8 km W Ruine Falkenstein, 13.8.1990: *Pteridium aquilinum* +.
- 17 1,9 km WNW Ruine Falkenstein, 14.8.1990: *Genista tinctoria* +, *Lembotrops nigricans* +, *Pteridium aquilinum* 3.
- 18 3,1 km NNW Ernstbrunn, 16.8.1990: *Anemone nemorosa* +, *Daphne mezereum* K +, *Euphorbia amygdaloides* +.
- 19 5,8 km NNW Ernstbrunn, ca. 3 km W Klement, 20.8.1990: *Cyclamen purpurascens* +, *Epipactis purpurata* +.
- 20 2,7 km N Matzen, 21.8.1990: *Artemisia vulgaris* +, *Cirsium arvense* +, *Cornus mas* S 1, K 1, *Digitalis grandiflora* +, *Eupatorium cannabinum* 1, *Sorbus torminalis* S +.
- 21 Hochleitenwald, 2,2 km W Groß-Schweinbarth, 22.8.1990.
- 22 Hochleitenwald, 2,3 km WNW Groß-Schweinbarth, 23.8.1990: *Ailanthus altissima* S +, *Arctium lappa*, *Artemisia absinthium* +, *Artemisia vulgaris* +, *Carex pallescens* +, *Cirsium arvense* 1, *Eupatorium cannabinum* +, *Inula conyza* 1, *Lathyrus pratensis* +, *Linaria vulgaris* +, *Origanum vulgare* 1, *Rubus idaeus* S +, K +, *Solidago virgaurea* +, *Stachys germanica* +, *Verbascum austriacum* 1.
- 23 Heidleiten, ca. 6,5 km N Mistelbach, 24.8.1990: *Allium ursinum* +, *Hypericum hirsutum* +, *Lilium martagon* +, *Peucedanum cervaria* +, *Pimpinella major* +, *Sorbus aucuparia* K +.
- 24 Heidleiten, ca. 6,5 km N Mistelbach, 27.8.1990: *Eupatorium cannabinum* +.
- 25 Brunnfeld 4,9 km NNO Untersiebenbrunn, 29.8.1990: *Calamagrostis epigeios* +, *Festuca heterophylla* 1, *Hieracium* cf. *sabaudum* +, *Physalis alkekengi* +, *Vincetoxicum hirundinaria* +.
- 26 3,4 km OSO Drösing, 30.8.1990: *Ballota nigra* +.
- 27 3,4 km NO Bernhardsthal, 3.9.1990: *Carex brizoides* 1, *Carex remota* +, *Colchicum autumnale* +, *Ribes rubrum* S +, K +.
- 28 Jägerhaus, 4,7 km NO Eisenstadt, 9.7.1991: *Digitalis grandiflora* +, *Milium effusum* +.
- 29 "Tiergarten", 2,9 km NW Schützen am Gebirge, Juli 1991: *Astragalus glycyphyllos* +, *Clematis vitalba* K +, *Digitalis grandiflora* +, *Galium verum* +, *Linaria vulgaris* +, *Lysimachia nummularia* +, *Stellaria graminea* +.
- 30 "Tiergarten", 2,9 km NW Schützen am Gebirge, Juli 1991: *Aesculus hippocastanum* K +.
- 31 Leithagebirge, 5 km NW Purbach, ca. 6 km W Breitenbrunn, 22.7.1991: *Dentaria bulbifera* +, *Lathyrus vernus* 1.
- 32 Rosalia, 1,5 km WSW Bad Sauerbrunn 12.6.1991: *Linaria vulgaris* +, *Viburnum lantana* K +.
- 33 2,2 km SO Rohrbach bei Mattersburg, 22.8.1991: *Cyclamen purpurascens* +.
- 34 3,5 km SSO Rohrbach bei Mattersburg, 23.8.1991: *Conyza canadensis* +, *Epilobium angustifolium* +, *Erechtites hieracifolia* 1, *Eupatorium cannabinum* +, *Filago arvensis* +, *Genista pilosa* +, *Salix caprea* K +, *Sorbus aria* S +.
- 35 3,4 km NW Lackenbach, 21.8.1991: *Genista tinctoria* +, *Gnaphalium sylvaticum* +, *Lathyrus vernus* +, *Lycopus europaeus* +, *Mentha arvensis* +, *Plantago major* +, *Prunella vulgaris* +, *Rumex sanguineus* +, *Senecio erraticus* +.
- 36 2,5 km SW Nebersdorf, SO Langental, 28.8.1991: *Cirsium arvense* +, *Leucanthemum vulgare* agg. +, *Listera ovata* +, *Lysimachia vulgaris* +, *Quercus rubra* K +, *Ribes rubrum* K +, *Robinia pseudacacia* S +, *Rumex sanguineus* +.
- 37 1,8 km NW Kaisersdorf, 29.8.1991: *Carex remota* +, *Ranunculus repens* +.
- 38 3,3 km NNO Rechnitz, 20.8.1991: *Astragalus glycyphyllos* +, *Campanula trachelium* +, *Cephalanthera damasodanum* +, *Festuca altissima* 2.

- 39 2,3 km SW Riedlingsdorf, 27.8.1991: *Aconitum vulparia* +, *Brachypodium pinnatum* +, *Cardamine flexuosa* +, *Cephalanthera damasonium* +, *Daphne mezereum* S +, K +, *Pimpinella saxifraga* +, *Selinum carvifolia* +.
- 40 1,6 km S Drumling, 26.8.1991: *Berberis vulgaris* S +, *Campanula trachelium* +, *Euphorbia dulcis* +, *Galium glaucum* +, *Heracleum sphondylium* +, *Listera ovata* +, *Lysimachia nummularia* +, *Peucedanum cervaria* +, *Pimpinella major* 1, *Potentilla erecta* +, *Ranunculus acris* +, *Ribes rubrum* S +, *Succisa pratensis* +.
- 41 NW Höll, 9.8.1991.
- 42 3 km O Unterbildein, 8.8.1991: *Carex leersiana* +, *Cerastium glomeratum* +, *Erechtites hieracifolia* +, *Juncus bufonius* agg. +, *Solidago gigantea* +.
- 43 2 km NW Kroatisch-Ehrendorf, 7.8.1991: *Neottia nidus-avis* +, *Ribes rubrum* K +, *Vicia villosa* +.
- 44 3 km NNW Güttenbach, 19.7.1991: *Malus sylvestris* K +.
- 45 Krottendorf, 1,7 km NW Güssing, 5.8.1991: *Cirsium palustre* +.
- 46 0,9 km S St. Martin an der Raab, 6.8.1991: *Angelica sylvestris* +.
- 47 1,6 km ONO Halbenrain, 16.7.1991.
- 48 Sugaritzwald, 1,1 km W Schloß Brunnsee, 17.7.1991: *Lythrum salicaria* +.
- 49 1,6 km NW Arnfels, 18.7.1991: *Alnus glutinosa* B2 1, *Pteridium aquilinum* +.
- 50 Silberwald W Wagna, 29.7.1991: *Malus sylvestris* S +, K +.
- 51 Grallaauen, 1,4 km OSO Bachsdorf, 30.7.1991: *Achillea millefolium* agg. +, *Asarum europaeum* 1, *Asparagus officinalis* +, *Betonica officinalis* 1, *Cardaminopsis halleri* +, *Cruciata glabra* 1, *Equisetum sylvaticum* +, *Molinia arundinacea* 1, *Oxalis fontana* 1, *Pimpinella saxifraga* 1, *Prunella vulgaris* +, *Ranunculus acris* +, *Symphytum officinale* +, *Veronica chamaedrys* agg. +, *Vicia sepium* +.
- 52 2,1 km SSW Kalsdorf bei Graz, 31.7.1991: *Rubus idaeus* S 2.
- 53 Labuchberg N Hart, 12.8.1991: *Juglans regia* K +.
- 54 1 km NO Bad Gleichenberg, 13.8.1991: *Allium montanum* +, *Anthericum ramosum* +, *Sedum maximum* +, *Galium glaucum* +, *Juglans regia* K +, *Peucedanum cervaria* +, *Polypodium vulgare* +.
- 55 1,5 km SSO Riegersburg, 26.7.1991: *Aegopodium podagraria* 1, *Daphne mezereum* K +, *Lamium maculatum* +.
- 56 N Hochlangegg, 12.8.1991: *Calluna vulgaris* +, *Festuca ovina* agg. 3, *Genista pilosa* 2, *Lembotropis nigricans* S +, *Polypodium vulgare* +, *Vaccinium vitis-idaea* +.
- 57 2,4 km SSW Burgau, 12.8.1991: *Aegopodium podagraria* 1, *Equisetum sylvaticum* +, *Heracleum sphondylium* +, *Impatiens noli-tangere* 3, *Lonicera caprifolium* K 1, *Lythrum salicaria* +, *Phalaris arundinacea* 1, *Scutellaria galeericulata* +, *Solidago gigantea* +.
- 58 "Spieß", 1,6 km ONO Sigmundsherberg, 13.9.1993: *Agrostis tenuis* +, *Atropa bella-dona* +, *Brachythecium rutabulum* M +, *Carex spicata* +, *Cirsium arvense* +, *Festuca "guestphalica"* r, *Rubus idaeus* K +, *Rumex obtusifolius* r, *Sorbus aucuparia* K +.
- 59 Feldleiten, 1,5 km OSO Raschala bei Hollabrunn, 14.9.1993: *Aconitum variegatum* +, *Arrhenatherum elatius* 2, *Campanula rapunculoides* +, *Cornus sanguinea* K r, *Dactylis glomerata* +, *Fragaria moschata* +, *Galium album* 2, *Hypericum hirsutum* r, *Juglans regia* K r, *Lilium martagon* r, *Pimpinella major* r, *Poa angustifolia* r, *Salvia glutinosa* +, *Solidago gigantea* r, *Stellaria holostea* 2, *Vicia sepium* 1.
- 60 3,3 km SSW Enzersdorf im Thale, 14.9.1993: *Lonicera xylosteum* S r, *Molinia arundinacea* 1.
- 61 2,5 km WNW Klement, 14.9.1993: *Dicranella heteromalla* M +, *Hypnum cupressiforme* M +.
- 62 Heidleiten, ca. 6,5 km N Mistelbach, 14.9.1993: *Centaureum erythraea* +, *Cirsium arvense* +, *Eupatorium cannabinum* r, *Genista germanica* +, *Gnaphalium sylvaticum* +, *Hierochloa australis* +, *Hieracium lachenalii* +, *Lapsana communis* +, *Linaria vulgaris* r, *Populus tremula* S +, K 1, *Potentilla argentea* r, *Prunella vulgaris* r, *Prunus spinosa* K r, *Ranunculus polyanthemos* agg. +, *Stellaria graminea* r, *Vicia sepium* +, *Viola canina* +, *Viola collina* +.
- 63 SO Hohenau, W "Lange Wiesen", 1.9.1993: *Acer platanoides* K r, *Aesculus hippocastanum* K r, *Chenopodium album* r, *Hypericum perforatum* r, *Lamium maculatum* 1, *Lapsana communis* +, *Lathyrus vernus* +, *Pinus sylvestris* B1 1, *Scrophularia nodosa* +, *Solanum dulcamara* K r, *Viola odorata* 1.
- 64 Herrschaftswald, SW Ebenthal, 1.9.1993: *Buglossoides purpureoacerulea* +, *Carex michelii* +, *Cornus sanguinea* S +, *Lonicera xylosteum* K r.
- 65 S St. Andrä vor dem Hagenthale, 1.10.1993: *Pohlia nutans* M +, *Prenanthes purpurea* +, *Salvia glutinosa* 1, *Solidago virgaurea* r.
- 66 SW Bad Sauerbrunn, 24.9.1993: *Brachythecium velutinum* M +, *Bromus benekenii* +, *Carex muricata* agg. +, *Lapsana communis* +, *Myosotis sylvatica* r.
- 67 "Bresischtje" NO Unterpullendorf, 24.9.1993: *Berberis vulgaris* K r, *Dicranum scoparium* M +, *Festuca rubra* +, *Hieracium umbellatum* r, *Juniperus communis* K +, *Lychnis viscaria* +, *Lysimachia punctata* +, *Poa angustifolia* 2, *Quercus rubra* K r, *Silene nutans* +.
- 68 Hochart N Pinkafeld, 24.9.1993: *Orthilia secunda* +, *Vaccinium vitis-idaea* +.
- 69 Schandorfer Wald, 23.9.1993: *Festuca rubra* r, *Fragaria moschata* +, *Robinia pseudacacia* B1 +, B3 +, S +, K +.
- 70 1,5 km SSO Olbendorf, 23.9.1993: *Anemone nemorosa* r, *Atrichum undulatum* M +, *Carex umbrosa* 1, *Cladonia* sp. r, *Eurhynchium angustirete* M +, *Prunella vulgaris* r, *Thuidium tamariscinum* M +.
- 71 3 km WSW Bad Gleichenberg, 22.9.1993: *Cyclamen purpurascens* r, *Eurhynchium angustirete* M +, *Hylocomium splendens* M 1, *Hypnum cupressiforme* M +, *Isoetes alopeuroides* M +.
- 72 Kronenberg N Lugitsch, 2,8 km SO Jagerberg, 23.9.1993: *Atrichum undulatum* M r, *Hypnum cupressiforme* M r, *Juniperus communis* r, *Pteridium aquilinum* 1.
- 73 2,5 km WNW Deutsch Goritz, 22.9.1993: *Dicranum scoparium* M +.
- 74 Sugaritzwald SW Weinburg am Saßbach, 22.9.1993: *Alnus glutinosa* B1 +, S +, *Tussilago farfara* +.

Tab. 11: Übersichtstabelle (Stetigkeitstabelle) der wichtigsten Eichenwaldgesellschaften Ostösterreichs

Waldgesellschaft	B2	B1	A1	A2	C1a	C1b	C1d	C1c	C2	C3	E	F1(II)	G	F2/H		
	<i>Lamium montanum-Quercus robur-Ges.</i>	<i>Carex brizoides-Quercus robur-Ges.</i>	<i>Fraxino pannonicae-Ulmum</i>	<i>Quercus-Ulmum</i>	<i>Primula veris-Carpinetum, Asarum-Typ</i>	<i>Primula veris-Carpinetum, Acer-Carpinus-Typ</i>	<i>Primula veris-Carpinetum, Pulmonaria-Fragaria-Typ</i>	<i>Carex pilosa-Typ</i>	<i>Carex pilosa-Carpinetum, Carex pilosa-Typ</i>	<i>Carex pilosa-Carpinetum</i>	<i>Festuca heterophyllae-Quercetum (Slowakei)</i>	<i>Festuca heterophyllae-Quercetum (Österreich)</i>	<i>Quercetum petraeae-cerris</i>	<i>Deschampsio flexuosae-Quercetum sessiliflorae</i>	<i>Luzulo nemorosae-Fagetum</i>	<i>Molinio arund.-Quercetum (+ Mastigobryo-Piceetum)</i>
Anzahl der Aufnahmen	3	5	3	5	5	6	4	7	5	20	6	4	8	4	3	
<i>Quercus robur</i>	100/4	100/4	100/3	100/5	100/4	100/5	25/4	29/5	100/5	100/5	17/4	50/3	25/4	75/2	100/4	
<i>Quercus petraea</i>	33/2	20/3			20/2	100/5	100/5	71/5	100/5	100/5	83/5	75/5	100/5	75/4		
<i>Carpinus betulus</i>	100/3	80/4	33/3	20/+	80/4	83/4	75/+	86/3	100/3	40/1	83/2	75/1	75/3	75/1		
<i>Quercus cerris</i>																
<i>Fagus sylvatica</i>	67/2	20/2				33/2			60/1	5/+	33/2	25/+	63/3	100/4	33/+	
<i>Pinus sylvestris</i>		20/2	33/1				25/1	14/+			33/+	100/2	75/4	75/3	67/2	
<i>Picea abies</i>	100/2	60/3					25/1		40/+		17/+	75/2	88/1	100/3	100/4	
<i>Galeopsis spec.</i>	100/2	80/1	100/1	60/+	20/+	33/1	50/+	14/+	40/+	15/r	33/+	75/+	50/2	25/+	33/+	
<i>Prunus avium</i>	67/2	40/1			20/r	50/+	50/2	29/+	80/1	45/+	83/1	100/+	75/+	100/+	33/+	
<i>Tilia cordata</i>	33/1	40/3	67/2	40/2	80/3	33/3	50/2	57/1	80/2	20/r	33/+	25/+	13/+	25/2		
<i>Viola reich./riv.</i>	100/2	20/+	33/1	60/1	80/+	50/1	100/2	29/1	100/2	80/+	67/1	100/1	75/+	50/+		
<i>Convallaria majalis</i>	33/1			20/+	20/+	67/1	75/1	86/1	80/1	25/1	17/+	25/+	25/1	25/+		
<i>Acer campestre</i>	33/+		67/2	60/1	100/2	100/2		14/+	20/+	60/+	50/+	50/1		25/r		
<i>Euonymus europaea</i>	67/+	40/+	100/1	60/1	40/+	33/+		14/1		10/r	33/+	75/1		25/+		
<i>Ligustrum vulgare</i>		20/+	33/+	100/3	20/+	17/1	25/+		20/1	85/1	50/1	75/2		25/+		
<i>Acer pseudoplatanus</i>	33/2	20/+			60/+	50/1			40/+					25/+		
<i>Fraxinus excelsior</i>	67/1	40/2		80/2	100/2	50/+	75/+	14/+	20/+	10/r	33/2	50/+		100/+		
<i>Corylus avellana</i>	33/1			20/2	80/1	67/3	100/3	71/3		10/2	33/+	25/2		75/+		
<i>Scrophularia nodosa</i>	67/+	20/+	33/+		40/+	33/+	25/+	71/1	80/1	50/+	50/1	50/+			33/+	
<i>Poa nemoralis</i>			67/+	20/1	40/r	50/1	50/1	57/4	80/2	100/5	33/1	50/1	50/1		33/+	
<i>Rubus frut./coryl. agg.</i>	67/1	100/2	33/+	20/+	40/1	67/1	75/2	29/+	60/+	70/+	67/1	100/2	75/2		67/1	
<i>Brachypodium sylvaticum</i>		20/+	67/+	80/2	20/+	83/1	75/1	29/3	20/+	35/+	67/1	25/2	25/+			
<i>Ajuga reptans</i>	67/1	40/+	67/+	20/1	40/1		25/+	14/+	80/1	75/1	100/2	75/1	75/1			
<i>Moehringia trinervia</i>	67/1	40/+		20/+	40/+		50/1		80/1		67/2	100/+	38/1			
<i>Geum urbanum</i>	33/+		67/1	60/1	20/+	67/1	50/1		40/+	30/+	50/1	50/+	13/+			
<i>Fragaria vesca</i>	33/+			40/+	20/+	50/+	100/2	43/+	40/+	25/+	67/2	50/2	38/2			
<i>Mycelis muralis</i>	67/+			20/+	20/+	33/+	25/+		100/1	70/1	83/1	100/1	75/1			
<i>Galium sylvaticum</i>	33/+				60/+	83/1	100/1	86/1	100/2		17/1	50/+	13/2			
<i>Galium odoratum</i>	67/2				20/+	83/2		14/+	80/2	15/2	17/+	25/+	25/1			
<i>Rosa spec.</i>	33/+		33/r	20/+	20/r	83/+	100/+	14/+	20/+	90/+	100/+	75/+				
<i>Crataegus laevigata</i>	33/+	20/+		20/1	20/+	100/+	50/+			35/+	50/+	50/1				
<i>Viburnum opulus</i>		40/+		60/1			50/+		20/+	5/r	50/2	50/2				
<i>Frangula alnus</i>	33/+	40/+	33/r	60/2			50/+		20/+		50/+	75/2	25/2	75/+	100/2	
<i>Carex sylvatica</i>	67/1	20/+	33/+	20/+		17/+			20/1		17/2	50/+	38/+			
<i>Polygonatum multiflorum</i>	100/1	20/+	33/1	20/+	20/r	33/1			20/1		17/r		13/+			
<i>Urtica dioica</i>	33/1	20/2	100/3	60/2	20/+	17/+	25/+		20/+		33/+					
<i>Sambucus nigra</i>	100/+	40/+	67/2	60/1		50/+	25/+						25/+			
<i>Circaea lutetiana</i>	67/1	20/+	33/+	20/1		17/1										
<i>Cornus sanguinea</i>	33/+	40/+	33/2	100/2	40/+					35/1	17/+	50/2		25/+		
<i>Solidago gigantea</i>		40/+	100/2	100/2	20/r											
<i>Impatiens parviflora</i>		60/2	33/+	60/+	20/r		50/3							25/+	33/+	
<i>Carex brizoides</i>		80/5	33/1												67/1	
<i>Salvia glutinosa</i>	67/+			20/2	20/+	17/+					17/1					
<i>Lamium montanum</i>	67/3															
<i>Actaea spicata</i>	67/1															
<i>Dryopteris filix-mas</i>	67/1									5/r		50/+				
<i>Festuca gigantea</i>	33/+	40/+									17/+	25/+				
<i>Polygonum hydropiper</i>		60/+									17/+	25/+				
<i>Glechoma hederacea</i> agg.			100/2	20/1	20/+					10/+	33/1	25/+				
<i>Lysimachia nummularia</i>			67/1	40/1						15/r	17/+	25/+				
<i>Rubus caesius</i>			100/3	80/2		17/+	25/1					25/1				
<i>Stachys sylvatica</i>			33/+	80/1	20/+											
<i>Humulus lupulus</i>			33/+	40/1												
<i>Fraxinus angustifolia</i>			100/2													
<i>Ulmus laevis</i>			100/2													
<i>Rumex sanguineus</i>			67/1								17/+	15/+				
<i>Agropyron caninum</i>			67/+													
<i>Aristolochia clematitis</i>			67/+													
<i>Prunus padus</i>				80/1												
<i>Parietaria officinalis</i>				40/3												
<i>Pulmonaria officinalis</i>	67/1		67/+	40/1	80/2	33/+	100/2	43/+	60/+	10/+	17/+					
<i>Galium aparine</i>			100/2	60/1	40/+	33/1	25/1	29/1		10/+	17/r					
<i>Robinia pseudacacia</i>			33/+	60/2		17/2	25/2				33/1					
<i>Fallopia (cl.) dumetorum</i>			33/3		20/r	50/+		14/+	20/+	35/1	50/1					
<i>Alliana petiolata</i>			33/1	20/2	40/+	67/+				10/r	33/1					
<i>Digitalis grandiflora</i>				20/+	20/+		50/+	43/1	20/+	35/1	17/+					
<i>Epipactis helleborine</i> agg.				60/+					40/1							
<i>Astragalus glycyphyllos</i>				40/1		17/1	25/+	29/+	20/+	100/1	17/+					
<i>Sorbus torminalis</i>				20/+	20/1	83/+	50/+	57/2		20/r	50/+			25/1		
<i>Melica nutans</i>				20/1		33/1	25/1	29/+		20/+						
<i>Viola mirabilis</i>				60/1	40/1	33/+	50/+	14/+								
<i>Cornus mas</i>				20/1	20/2	33/1	25/+	14/+								

Tab. 12: Hartholz-Auwald und verwandte Gesellschaften

Waldgesellschaft	A1			A2				A3	
Aufnahmefläche	26	27	63	51	20	13	11	12	25
Seehöhe in m	150	155	150	280	200	140	150	150	150
Bodentyp	gAuB	FSE	bAuB	bAuB	FSE	FSE	bAuB	bAuB	BE
Bodenart (Tiefe 20-40 cm)	aIS	.	uS	aIS	.	L	IS	IS	IS
BAUMARTEN									
<i>Quercus robur</i> B1/B2	3	3	2	4	5	4	4	4	4
<i>Quercus robur</i> B3/S	.	.	.	1	.	+	+	.	.
<i>Quercus robur</i>	.	.	r	1	+	1	+	+	.
<i>Acer campestre</i> B3/S	.	2	.	.	+	+	+	.	.
<i>Acer campestre</i>	.	+	1	.	1	+	+	.	.
<i>Fraxinus angustifolia</i> B1/B2	2	.	2	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus angustifolia</i> B3/S	+	2	.	.	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus angustifolia</i>	1	2	2	.	.	.	.	.	.
<i>Ulmus laevis</i> B3/S	2	1	+	.	.	.	.	.	.
<i>Ulmus laevis</i>	+	+	+	.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i> B1/B2	.	.	3	.	.	.	.	.	.
<i>Carpinus betulus</i>	.	.	1	+	.	.	.	.	.
<i>Tilia cordata</i> B1/B2	.	.	2	.	.	.	.	.	.
<i>Tilia cordata</i> B3/S	.	2	.	2	.	+	.	.	.
<i>Tilia cordata</i>	.	.	+	+	.	.	.	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i> B1/B2	.	.	.	.	2	.	1	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i> S	.	.	.	.	2	.	2	.	.
<i>Fraxinus excelsior</i>	.	.	.	.	+	+	1	.	.
<i>Robinia pseudacacia</i> B1	.	.	.	.	.	.	1	.	.
<i>Robinia pseudacacia</i> B3/S	.	.	+	.	.	+	+	2	.
<i>Robinia pseudacacia</i>	.	.	+	.	.	+	.	.	.
STRÄUCHER									
<i>Euonymus europaea</i> S	+	+	+	+	1	1	.	.	.
<i>Euonymus europaea</i>	.	1	+	1	1	.	.	.	.
<i>Rubus caesius</i> S	1	+	.	.	1	+	.	.	.
<i>Rubus caesius</i>	1	3	+	2	+	1	+	.	.
<i>Cornus sanguinea</i> S	.	2	.	2	+	1	+	.	.
<i>Cornus sanguinea</i>	.	1	.	1	+	1	.	+	.
<i>Crataegus monogyna</i> B3/S	.	1	.	.	+	+	+	2	.
<i>Crataegus monogyna</i>	.	+	r	.	+	.	+	+	1
<i>Ligustrum vulgare</i> S	.	+	.	1	+	3	+	2	.
<i>Ligustrum vulgare</i>	.	+	.	1	+	2	.	+	1
<i>Rhamnus cathartica</i> S	.	+	.	+	.	+	.	.	1
<i>Rhamnus cathartica</i>	.	+	.	.	.	+	.	.	.
<i>Rubus corylifolius</i> agg. S	.	+	.	.	+	.	.	.	+
<i>Rubus corylifolius</i> agg.	.	+	.	.	+	.	.	.	1
<i>Sambucus nigra</i> S	+	.	2	.	1	.	+	.	.
<i>Sambucus nigra</i>	.	.	.	.	+	.	.	+	.
<i>Prunus padus</i> S	.	.	.	1	.	1	1	.	.
<i>Prunus padus</i>	.	.	.	1	+	1	+	.	.
<i>Crataegus laevigata</i> S	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Crataegus laevigata</i>	.	.	.	1	.	.	.	.	.
<i>Frangula alnus</i> S	.	.	.	2	1	+	.	.	.
<i>Frangula alnus</i>	.	.	r	+	.	.	.	.	.
<i>Viburnum opulus</i> S	.	.	.	+	+	1	.	.	.
<i>Viburnum opulus</i>	.	.	.	+	+	1	.	.	.
<i>Corylus avellana</i> S	.	.	.	.	2	.	.	.	.
<i>Ulmus minor</i> S	.	.	.	.	+	+	.	.	.
<i>Ulmus minor</i>	.	.	.	.	+	1	+	.	.
<i>Clematis vitalba</i> S	.	.	.	.	3	1	+	.	.
<i>Clematis vitalba</i>	.	.	.	.	2	1	+	+	.
<i>Humulus lupulus</i> S	.	.	.	.	.	1	.	.	.
<i>Humulus lupulus</i>	.	.	.	.	.	1	+	.	.
<i>Berberis vulgaris</i> S	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Berberis vulgaris</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Rosa spec.</i> S	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Rosa spec.</i>	.	.	r	.	.	+	.	.	+
<i>Prunus spinosa</i> S	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Prunus spinosa</i>	.	.	.	.	.	+	.	.	+
KRAUTSCHICHT									
<i>Urtica dioica</i>	3	1	1	.	2	.	+	2	1
<i>Galeopsis spec.</i>	+	+	1	.	+	.	+	+	+
<i>Galium aparine</i>	+	2	.	.	.	.	+	+	+
<i>Geum urbanum</i>	.	1	+	.	1	.	+	+	+
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	.	+	+	2	.	1	+	1	2
<i>Torilis japonica</i>	.	+	+	.	.	.	1	.	+
<i>Solidago gigantea</i>	2	+	+	2	1	1	+	+	.
<i>Stachys sylvatica</i>	.	+	.	+	.	1	+	+	.
<i>Impatiens parviflora</i>	.	+	.	.	.	.	+	.	+
<i>Pulmonaria officinalis</i>	.	+	+	.	1	+	.	.	.
<i>Geranium robertianum</i>	.	.	2	.	+	.	.	+	.
<i>Viola (cf.) reichenbachiana</i>	.	.	1	+	.	1	.	+	.
<i>Aristolochia clematitis</i>	+	+	.	.	.	.	.	.	.
<i>Agropyron caninum</i>	.	+	r	.	.	.	.	.	.
<i>Rumex sanguineus</i>	.	1	r	.	.	.	.	.	.
<i>Glechoma hederacea</i>	1	2	+	1	.	.	.	.	.
<i>Lysimachia nummularia</i>	1	1	.	1	+	.	.	.	.
<i>Ajuga reptans</i>	+	.	+	1	.	.	.	.	.
<i>Dactylis polygama</i>	.	1	+	+	.	.	.	.	.
<i>Aegopodium podagrana</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Carex alba</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Knautia drymeia</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Salvia glutinosa</i>	.	.	.	2	.	.	.	.	.
<i>Heracleum sphondylium</i>	.	.	r	+	.	.	.	.	.
<i>Astragalus glycyphyllos</i>	.	.	.	+	1	.	.	.	+
<i>Epipactis helleborine</i> agg.	.	.	.	+	+	+	.	.	.
<i>Fragaria vesca</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	+
<i>Viola mirabilis</i>	.	.	.	.	1	+	1	.	.
<i>Carduus crispus</i>	.	.	.	.	+	.	1	.	.
<i>Arctium lappa</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Buglossoides purpurocaerulea</i>	.	.	.	.	.	.	+	.	.
<i>Panetana officinalis</i>	.	.	.	.	.	.	.	3	2
<i>Alliana petiolata</i>	.	1	.	.	.	.	.	2	1
<i>Poa nemoralis</i>	.	.	+	.	.	.	.	1	.
<i>Euphorbia cyparissias</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	1
<i>Teucrium chamaedrys</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Ranunculus polyanthemus</i> agg.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Circaea lutetiana</i>	.	+	.	.	.	1	.	.	.
<i>Carex sylvatica</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.
<i>Polygonatum multiflorum</i>	.	.	1	.	.	+	.	.	.
<i>Fallopia spec.</i>	.	.	3	.	.	.	.	.	+

Tab. 13: Eichenwaldgesellschaften ohne Grundwassereinfluß im nordöstlichen Niederösterreich

Waldgesellschaft	C1a			C1b			C1c			C1d			C1e			D	I												
Standortnummer	15	19	7	64	59	14	3	22	21	18	8	17	23	62	24	4	6	60	9	16	2	1	61	10	65	5	58		
Seehöhe in m	210	300	295	220	275	280	370	245	250	390	360	400	265	280	280	345	330	325	310	395	340	355	350	340	330	430	455		
Exposition	O	SW	N	SSW	N	N	SW	-	-	NW	O	-	O	O	O	NW	N	NW	S	-	N	NW	-	SW	SO	S	-		
Hangneigung in %	40	4	4	15	18	5	15	0	0	14	20	0	6	10	10	15	27	24	16	0	9	12	0	26	8	17	0		
Relief	UH	UH	UH	UH	UH	Rü	OH	VEb	Pt	MH	UH	Rü	MH	MH	MH	OH	OH	MH	Pt	OH	OH	MH	Pt	MH	OH	UH	Ed		
Bodentyp	PBE	Psgl	Psgl	bTs	bTs	PBE	Psgl	Psgl	Ts/PsPBE	Psg/Rd	psPBE	Psgl	psPBE	psPBE	psPBE	Psgl	Psgl	psPBE	psPBE	psPBE	Psgl	psPBE	BE	BE	Psgl	psPBE	psPBE		
Bodenart (20-40 cm Tiefe)	tL	tL	tL	uL	uL	sL	tL	tL	tL	tL	tL	tL	uL	tL	tL	tL	tL	sL	tL	tL	tL	sL	uS	aS	uL	L	uL		
BAUMARTEN																													
<i>Quercus robur</i> B1/B2	3	4	3	1	4							5	5						4										
<i>Quercus robur</i> B3				+																									
<i>Quercus robur</i>	+	+	r	+								1	1																
<i>Quercus petraea</i> agg. B1/B2	2			2		5	5	4	4	4	4		3	5	4	4	4	4	2	5	4	4	3	3	2	4	2		
<i>Quercus petraea</i> agg. S(B3)				1				+																1					
<i>Quercus petraea</i>				r			+	+	2	+	+		2	1	1	1	1	1		+	1	+	+	1	+		+		
<i>Carpinus betulus</i> B1		2	3					1																					
<i>Carpinus betulus</i> B2	3	4				2	2	2	1																		2		
<i>Carpinus betulus</i> B3	1					2	3	2	2	2															+				
<i>Carpinus betulus</i> S						+	1	2	+	2			1												+				
<i>Carpinus betulus</i>	+	+	+		+	+	+	1	1	1	+	+	3	+	+	1	1		+	+	+	r			+	+	+		
<i>Fagus sylvatica</i> B1/B2										2															4	3			
<i>Fagus sylvatica</i> B3/S						1				+																			
<i>Fagus sylvatica</i>						+																							
<i>Acer campestre</i> B1/B2			2					1	2	2																			
<i>Acer campestre</i> B3/S	1			2			+	2	+	+																			
<i>Acer campestre</i>	+	+	+	+	+	+	+	1	1	+	+																		
<i>Corylus avellana</i> B3				+				1	2	3								1	3						+	3			
<i>Corylus avellana</i> S			+	1				+	2	1			3	2			1	2	+			2	2						
<i>Corylus avellana</i>		+	+					+	1	+	+		1	1	+	+	+	1	+	1	+	+	+						
<i>Tilia cordata</i> B1/B2	2	3	3							2									2	2				3					
<i>Tilia cordata</i> B3/S	1		+			+				3														1	+				
<i>Tilia cordata</i>		+	+	r							+	+	+											+	+		+		
<i>Prunus avium</i> B1/B2																						2							
<i>Prunus avium</i>				r		+	+			+			+	+						+	+						+		
<i>Sorbus torminalis</i> B2																			2										
<i>Sorbus torminalis</i> B3/S				1			+	+		+												r			+				
<i>Sorbus torminalis</i>						+	+			+			r	+	+	1	+	+				+			+				
<i>Ulmus minor</i> B3				2																									
<i>Ulmus minor</i> S				1																									
<i>Fraxinus excelsior</i> B1/B2	2			2																									
<i>Fraxinus excelsior</i> B3/S				1				+																					
<i>Fraxinus excelsior</i>	+	+	+	1	r			+	+	+																	+		
<i>Betula pendula</i> B1																								1					
<i>Betula pendula</i> B3/S													+												1				
<i>Betula pendula</i>			+										+	1	+	+													
<i>Lanx decidua</i> B1/B2					1									1							2								
<i>Robinia pseudacacia</i> B1										2														2					
<i>Robinia pseudacacia</i> B3/S										+														2					
<i>Robinia pseudacacia</i>																								+					
<i>Picea abies</i> B1/B2																													2
<i>Picea abies</i> B3/S																													+
<i>Pinus sylvestris</i> B1																													3
<i>Pinus sylvestris</i>													r																
STRÄUCHER																													
<i>Viburnum lantana</i> S				+																									
<i>Viburnum lantana</i>				r	r																+								
<i>Pyrus pyraster</i> S				1																									
<i>Pyrus pyraster</i>				r			+			+																			+
<i>Ligustrum vulgare</i> S								+																					
<i>Ligustrum vulgare</i>								1			+																		
<i>Acer pseudoplatanus</i> S									1																				
<i>Acer pseudoplatanus</i>	+	+	+					+		+																			+
<i>Clematis vitalba</i> S									3	1	+																		
<i>Clematis vitalba</i>									2	2	+																		
<i>Crataegus laevigata</i> S			+					+		+																			+
<i>Crataegus laevigata</i>								+		+	+																		+
<i>Crataegus monogyna</i> S(B3)				1				+	+	+	+																		

Tab. 15: Chemische Parameter des ersten Mineralbodenhorizontes (0-10 cm). KAK in [mmol IEq/100 g FB]

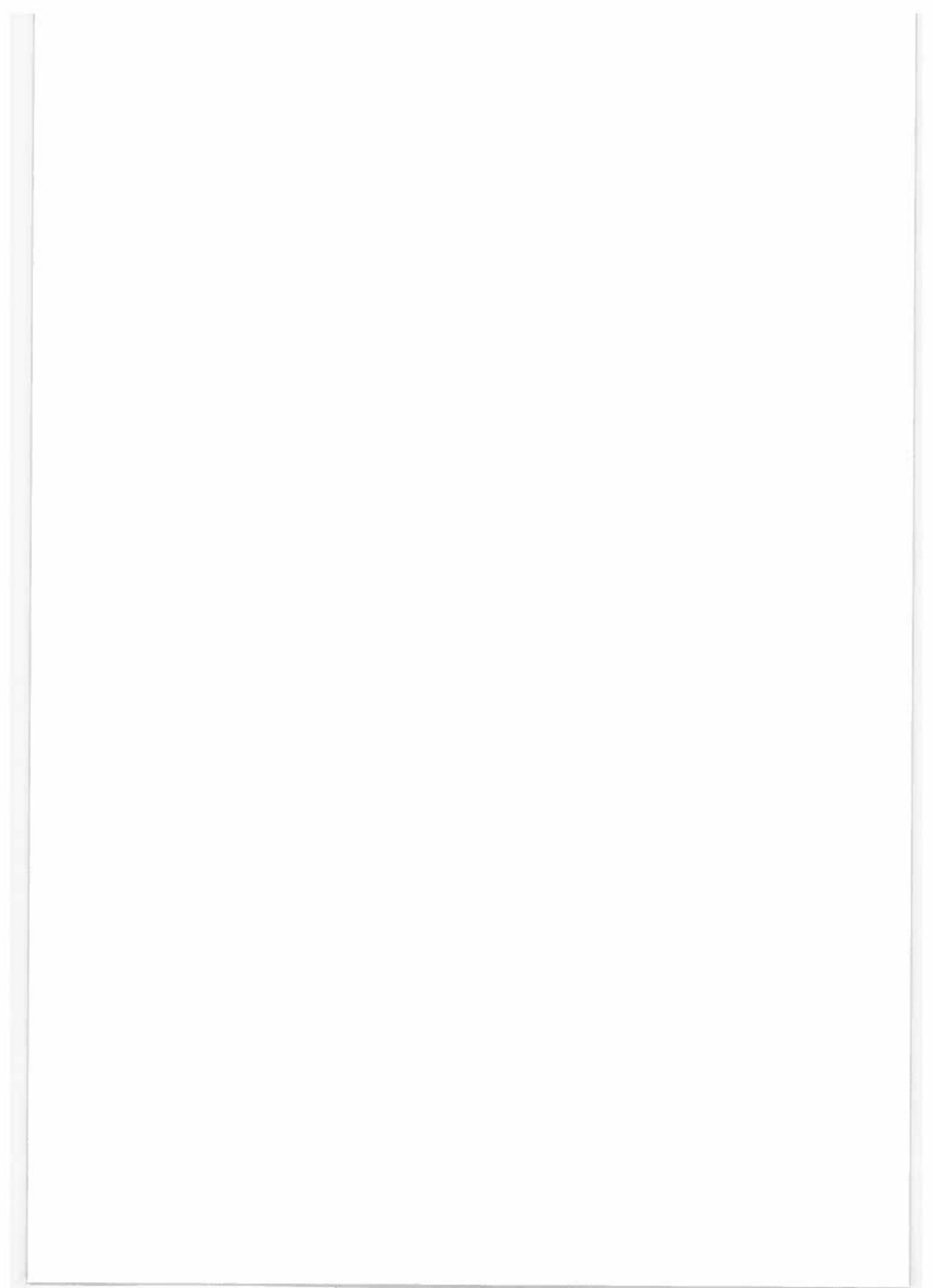
Aufn.	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	CaCO ₃ [%]	Corg [%]	Nges [%]	Pges [%]	C/N	K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	KAK	BS [%]	
								lm BaCl ₂ -Auszug [mg/100g FB]								
1	4,5	5,2	0,0	2,1	0,16	0,029	12,8	7,80	59,0	6,90	27,80	11,10	0,64	7,43	49,9	
2	4,6	5,8	0,0	2,0	0,15	0,037	12,9	14,40	175,8	26,00	12,20	7,50	0,58	13,03	86,5	
3	5,4	6,2	0,0	3,0	0,21	0,037	14,3	13,40	185,8	23,20	9,20	11,00	0,54	13,03	88,4	
4	4,7	5,8	0,0	3,4	0,21	0,035	16,5	11,40	192,4	18,00	20,20	9,00	0,52	14,05	81,0	
5	4,4	5,4	0,0	2,4	0,21	0,034	11,7	9,40	45,8	5,80	37,80	12,10	0,44	7,82	38,4	
6	4,5	5,5	0,0	2,5	0,11	0,043	23,0	18,60	118,0	20,40	27,60	15,60	0,44	11,85	67,8	
7	4,8	5,9	0,0	3,2	0,23	0,057	13,7	13,60	190,8	30,40	9,00	9,40	0,56	13,80	89,6	
8	4,5	5,3	0,0	2,9	0,22	0,050	13,1	12,56	127,8	10,60	23,40	15,60	0,52	10,92	69,3	
9	4,4	5,3	0,0	2,1	0,16	0,044	13,1	12,30	51,2	11,20	34,80	9,60	0,60	8,23	46,0	
10	4,3	5,2	0,0	2,4	0,12	0,023	19,6	6,42	25,3	4,40	18,20	10,80	0,68	4,48	39,9	
11	7,2	7,6	23,7	4,6	0,32	0,079	14,3	15,18	495,6	44,40	0,26	0,30	0,44	28,84	99,8	
12	5,3	6,0	0,0	2,3	0,15	0,039	15,6	7,44	108,1	9,80	4,40	6,50	0,54	7,20	88,7	
13	7,3	7,7	3,4	3,5	0,16	0,057	22,5	9,42	395,6	26,60	0,12	0,40	0,48	22,23	99,7	
14	4,1	5,0	0,0	3,6	0,24	0,032	15,1	6,58	34,7	5,90	47,40	9,80	1,32	8,39	28,4	
15	6,3	6,8	0,0	3,3	0,17	0,073	18,9	12,42	360,4	34,20	0,54	2,10	0,42	21,28	99,2	
16	3,9	4,9	0,0	2,2	0,17	0,042	13,1	6,96	37,1	4,60	36,60	9,00	0,60	7,03	34,3	
17	4,4	5,5	0,0	1,8	0,12	0,035	14,5	8,02	36,0	5,30	28,20	8,60	0,60	6,07	40,2	
18	4,4	5,4	0,0	3,6	0,24	0,047	14,9	16,42	138,6	9,28	35,22	4,33	0,73	12,33	65,7	
19	4,6	5,6	0,0	2,2	0,16	0,030	13,7	15,75	99,9	12,57	9,35	5,97	0,51	7,78	82,6	
20	6,7	7,3	4,2	3,9	0,32	0,081	12,1	23,42	564,4	39,20	0,22	0,30	0,38	32,05	99,8	
21	5,4	6,1	0,0	2,5	0,23	0,039	11,1	18,12	337,4	31,80	1,22	5,40	0,46	20,28	98,2	
22	5,1	5,7	0,0	3,3	0,28	0,052	11,8	23,70	292,5	27,90	24,39	8,85	0,77	20,60	84,9	
23	4,5	5,5	0,0	2,1	0,17	0,051	12,4	7,89	105,3	18,31	16,77	20,06	0,52	9,68	71,9	
24	3,8	4,9	0,0	1,4	0,11	0,036	12,3	7,38	63,8	20,80	55,20	8,60	0,60	11,81	43,0	
25	6,8	7,6	0,9	3,1	0,23	0,041	13,3	5,00	329,0	27,80	0,28	0,30	0,46	18,91	99,6	
26	6,3	7,0	1,2	5,3	0,46	0,144	11,4	24,46	596,8	77,20	0,32	2,30	0,48	36,91	99,6	
27	5,7	6,5	0,0	3,0	0,28	0,057	10,9	12,84	337,6	50,60	0,28	2,20	0,44	21,48	99,4	
28	3,8	4,5	0,0	2,7	0,21	0,033	12,6	10,98	32,6	7,26	37,80	8,40	1,02	7,26	34,5	
29	4,2	4,9	0,0	2,9	0,22	0,041	13,0	12,20	116,5	28,60	22,00	12,20	0,56	11,49	73,8	
30	3,7	4,4	0,0	2,8	0,21	0,043	13,2	7,80	25,7	12,20	69,20	11,20	0,70	10,94	22,7	
31	4,5	5,2	0,0	3,7	0,29	0,051	12,6	14,40	136,4	9,80	14,60	8,30	0,62	9,98	80,0	
32	3,7	4,7	0,0	2,7	0,18	0,058	14,9	14,20	20,4	9,80	48,20	9,70	0,88	8,19	26,7	
33	3,9	4,6	0,0	2,5	0,14	0,021	17,6	7,80	30,6	5,24	28,80	3,70	2,56	5,88	36,7	
34	3,9	4,8	0,0	2,2	0,12	0,020	18,2	7,00	25,6	5,20	26,40	2,50	1,28	5,13	36,7	
35	3,9	4,7	0,0	1,8	0,12	0,026	15,4	11,28	16,6	9,80	45,80	10,60	0,66	7,68	25,0	
36	3,8	4,6	0,0	1,9	0,17	0,042	11,1	9,80	32,2	12,70	43,80	9,20	0,72	8,39	34,6	
37	3,8	4,5	0,0	2,0	0,13	0,044	15,0	8,40	25,2	14,60	33,20	5,50	2,00	6,92	38,7	
38	4,1	4,8	0,0	3,1	0,23	0,067	13,5	11,54	26,6	7,60	10,80	12,90	0,66	4,05	55,5	
39	4,2	5,0	0,0	2,5	0,18	0,045	14,0	11,80	59,0	10,82	15,04	13,10	0,74	6,42	64,4	
40	4,1	5,0	0,0	3,3	0,27	0,069	12,0	11,80	96,6	35,00	45,20	11,80	0,98	13,70	58,4	
41	3,8	4,4	0,0	1,6	0,10	0,031	15,3	5,08	6,6	7,40	48,40	12,80	0,76	7,27	14,7	
42	4,0	4,9	0,0	2,5	0,19	0,062	13,1	9,20	53,6	13,80	32,00	11,90	0,78	8,27	48,9	
43	3,6	4,4	0,0	2,5	0,14	0,038	17,5	8,82	37,6	19,40	87,00	7,10	2,80	14,09	26,2	
44	3,8	4,5	0,0	3,4	0,18	0,035	18,6	5,20	12,0	7,96	46,60	11,00	1,16	7,34	18,9	
45	3,9	4,6	0,0	2,1	0,17	0,046	12,2	9,00	22,0	18,20	45,00	10,40	0,76	8,56	33,0	
46	3,8	4,6	0,0	2,4	0,20	0,060	11,8	8,60	38,6	21,20	61,20	12,30	0,72	11,42	34,0	
47	4,3	4,4	0,0	4,1	0,31	0,081	13,3	6,56	7,4	3,08	37,00	4,00	2,36	5,37	14,7	
48	3,9	4,3	0,0	4,8	0,36	0,093	13,2	6,60	4,2	4,26	43,80	0,40	7,24	6,20	11,8	
49	3,8	4,0	0,0	2,8	0,20	0,060	13,9	8,90	16,8	6,18	59,20	1,00	2,40	8,51	18,5	
50	4,0	5,2	0,0	3,0	0,21	0,056	14,5	9,00	13,8	4,74	43,80	0,80	2,14	6,51	20,1	
51	6,3	6,7	0,9	4,2	0,25	0,068	16,9	4,14	275,6	51,00	0,24	2,00	0,46	18,19	99,3	
52	3,9	4,5	0,0	4,5	0,26	0,086	17,5	5,40	11,2	2,46	35,60	2,70	1,58	5,19	17,3	
53	3,8	4,6	0,0	2,0	0,11	0,041	17,9	10,04	24,4	7,02	54,80	4,40	1,20	8,61	23,8	
54	3,6	4,8	0,0	3,9	0,25	0,108	15,8	18,80	55,0	22,00	76,40	2,00	2,42	14,12	35,6	
55	3,9	4,7	0,0	2,9	0,25	0,056	11,8	14,48	83,4	21,60	28,40	4,80	0,76	9,99	63,1	
56	3,9	4,6	0,0	3,0	0,14	0,070	21,2	12,68	36,2	10,44	49,80	4,60	3,02	9,16	32,6	
57	4,0	4,3	0,0	2,5	0,22	0,067	11,4	7,00	44,2	17,00	29,60	4,00	0,76	7,50	50,4	
58	3,9	4,4	0,0	3,2	0,19	0,037	16,8	8,60	188,6	17,25	31,05	8,80	0,37	15,12	73,2	
59	5,6	5,9	0,0	2,1	0,18	0,039	11,7	7,82	244,0	32,44	0,90	1,68	0,00	15,30	98,5	
60	4,7	4,9	0,0	3,1	0,18	0,020	17,2	8,21	84,8	20,66	16,29	2,70	0,20	8,19	75,1	
61	3,9	4,5	0,0	2,3	0,16	0,022	14,4	7,43	34,4	3,40	22,32	4,81	0,07	5,15	42,6	
62	3,7	4,4	0,0	2,0	0,12	0,025	16,7	8,21	45,6	10,08	61,20	5,50	0,60	10,77	30,8	
63	4,3	4,9	0,0	3,2	0,23	0,035	13,9	8,99	172,0	13,61	6,93	3,30	0,00	10,99	90,6	
64	4,9	5,2	0,0	2,7	0,20	0,041	13,5	14,08	361,4	44,23	5,67	5,09	0,09	23,01	95,9	
65	4,1	4,5	0,0	2,7	0,18	0,025	15,0	8,21	91,0	7,53	32,85	7,29	0,11	9,52	56,5	
66	4,1	4,5	0,0	5,1	0,28	0,055	18,2	13,29	113,0	8,26	38,61	14,16	0,61	11,79	56,6	
67	4,5	5,0	0,0	2,2	0,16	0,022	13,8	13,29	148,8	31,10	13,50	5,50	0,09	12,20	84,8	
68	4,0	4,4	0,0	2,0	0,08	0,045	25,0	11,34	26,4	2,92	32,58	4,84	0,60	5,73	32,3	
69	3,9	4,7	0,0	1,8	0,15	0,032	12,0	7,04	65,4	18,95	48,96	3,27	0,22	10,77	46,5	
70	3,8	4,0	0,0	1,8	0,10	0,029	18,0	7,82	8,0	3,52	46,26	4,35	0,71	6,53	13,6	
71	3,7	4,1	0,0	1,2	0,08	0,020	15,0	7,04	5,4	2,92	51,21	3,11	0,19	6,71	10,3	
72	4,2	4,8	0,0	2,2	0,12	0,032	18,3	14,86	109,4	17,50	9,63	4,68	0,17	8,70	83,8	
73	3,6	3,9	0,0	5,8	0,35	0,046	16,6	8,21	4,8	3,77	64,26	0,63	5,36	8,51	8,9	
74	3,7	4,2	0,0	4,1	0,21	0,057	19,5	4,69	3,4	2,43	53,37	0,08	3,24	6,85	7,1	

Tab. 16: Chemische Parameter des zweiten Mineralbodenhorizontes (10-20 cm). KAK in [mmol IEq/100 g FB]

Aufn.	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	CaCO ₃ [%]	Corg [%]	Nges [%]	Pges [%]	C/N	K Im BaCl ₂ -Auszug [mg/100g FB]	Ca	Mg	Al	Mn	Fe	KAK	BS [%]
1	4,2	5,0	0,0	0,7	0,07	0,020	10,7	3,80	29,2	6,24	35,20	4,30	0,56	6,36	32,5
2	4,9	6,1	0,0	1,0	0,09	0,034	10,5	12,60	184,0	31,80	4,40	5,20	1,46	12,90	93,9
3	5,0	6,0	0,0	1,3	0,11	0,026	12,0	6,80	138,2	21,40	17,40	6,40	0,52	11,12	79,4
4	4,4	5,5	0,0	1,5	0,10	0,028	15,1	8,00	104,2	13,44	64,20	3,30	0,52	13,99	46,5
5	4,2	5,1	0,0	1,3	0,10	0,025	12,5	4,60	15,2	3,20	46,40	4,30	0,56	6,64	17,2
6	4,2	5,3	0,0	1,1	0,10	0,038	11,2	10,60	62,0	16,40	26,40	8,40	0,52	8,17	57,7
7	4,5	5,4	0,0	1,3	0,10	0,044	13,4	6,80	106,0	28,00	21,20	6,20	0,52	10,53	73,8
8	4,4	5,4	0,0	1,2	0,08	0,041	15,1	9,02	58,2	9,00	44,00	8,40	0,52	9,29	41,7
9	4,4	5,4	0,0	0,9	0,08	0,058	10,9	7,82	34,1	10,82	30,00	4,10	0,50	6,46	43,3
10	4,3	5,1	0,0	0,8	0,05	0,017	15,1	3,10	6,3	1,36	21,60	3,70	0,56	3,19	15,8
11	7,3	7,9	26,6	2,4	0,18	0,072	13,7	8,22	375,2	29,66	0,22	0,20	0,46	21,44	99,7
12	4,8	5,6	0,0	0,4	0,03	0,031	11,8	3,78	29,7	3,80	6,60	1,90	0,48	2,79	67,7
13	7,3	8,0	7,8	1,9	0,08	0,053	23,7	6,18	328,0	18,60	0,06	0,20	0,48	18,10	99,7
14	4,1	4,7	0,0	1,1	0,07	0,027	15,4	2,70	7,1	2,50	46,00	2,20	0,72	6,05	10,4
15	6,4	6,7	1,4	1,5	0,17	0,072	8,8	6,04	274,6	27,90	0,44	1,20	0,42	16,27	99,2
16	3,7	4,4	0,0	0,8	0,05	0,029	14,6	3,88	6,4	1,80	40,80	2,40	0,52	5,37	10,6
17	4,2	5,1	0,0	0,9	0,05	0,028	19,0	4,42	8,6	2,10	38,20	3,10	0,56	5,26	13,6
18	4,1	5,1	0,0	1,3	0,10	0,043	13,0	8,54	61,8	5,12	56,17	1,50	0,61	10,21	36,6
19	4,2	5,2	0,0	0,9	0,07	0,026	12,5	8,52	42,8	7,85	18,07	3,15	0,45	5,30	56,6
20	7,0	7,8	5,2	2,3	0,22	0,073	10,4	11,46	501,2	33,60	0,24	0,20	0,42	28,13	99,8
21	6,3	6,6	2,0	1,1	0,10	0,038	10,5	8,30	401,6	25,80	0,16	1,00	0,44	22,46	99,6
22	4,6	5,5	0,0	1,2	0,10	0,042	12,3	14,97	176,6	28,14	34,35	5,26	0,58	15,65	73,6
23	4,3	5,4	0,0	1,0	0,10	0,046	10,2	5,47	75,1	17,79	18,93	19,07	0,49	8,33	64,3
24	3,8	5,0	0,0	0,6	0,06	0,036	9,8	6,16	61,4	28,40	53,20	3,20	0,56	11,86	46,8
25	7,2	8,2	4,7	0,8	0,07	0,032	11,3	3,34	112,0	13,20	0,22	0,10	0,44	6,82	99,1
26	6,6	7,5	2,8	1,5	0,20	0,078	7,4	13,00	374,0	59,40	0,40	1,20	0,38	24,00	99,5
27	5,7	6,7	0,0	1,4	0,14	0,037	9,8	8,36	262,4	45,00	0,20	1,50	0,42	17,11	99,4
28	3,8	4,3	0,0	1,0	0,08	0,025	12,7	5,38	5,5	3,04	39,60	2,70	0,66	5,39	12,3
29	3,9	4,6	0,0	1,2	0,11	0,034	11,3	7,32	48,0	28,80	61,60	3,40	0,58	12,26	40,4
30	3,7	4,3	0,0	1,0	0,10	0,027	9,8	6,00	14,0	16,80	75,80	2,70	0,66	11,10	20,1
31	4,1	4,8	0,0	1,4	0,11	0,035	12,8	7,20	29,4	2,98	22,80	2,60	0,58	4,65	40,0
32	4,0	4,9	0,0	1,0	0,08	0,061	12,9	8,40	22,8	9,60	31,20	2,50	0,70	5,93	36,1
33	4,0	4,5	0,0	2,0	0,06	0,014	33,2	4,80	5,0	2,14	26,20	0,80	1,22	3,71	14,8
34	3,9	4,7	0,0	0,9	0,06	0,014	14,2	4,44	7,4	2,20	25,00	0,70	1,06	3,62	18,3
35	3,9	4,6	0,0	0,8	0,07	0,022	11,6	8,32	8,8	12,40	42,60	6,80	0,54	6,88	24,3
36	3,7	4,5	0,0	1,0	0,11	0,035	9,2	6,36	15,2	12,40	52,60	4,40	0,63	8,29	23,4
37	4,0	4,7	0,0	0,7	0,06	0,041	12,2	5,60	11,2	11,80	21,80	2,90	0,72	4,43	37,7
38	4,1	4,8	0,0	1,1	0,07	0,054	15,3	6,52	8,4	4,40	33,80	6,90	0,52	5,10	18,6
39	3,9	4,7	0,0	0,8	0,06	0,037	12,7	5,60	12,6	7,20	22,98	6,60	0,60	4,31	31,6
40	4,1	5,1	0,0	1,4	0,12	0,064	11,4	6,80	53,4	30,80	42,20	5,30	0,70	10,54	51,0
41	4,0	4,6	0,0	0,8	0,06	0,029	12,9	4,20	9,6	13,20	38,26	10,50	0,50	6,58	25,4
42	4,0	4,8	0,0	0,9	0,08	0,058	10,7	4,90	25,0	13,60	38,60	5,60	0,64	7,27	34,3
43	3,7	4,6	0,0	1,0	0,07	0,033	15,2	7,60	30,2	36,20	91,00	1,40	2,18	15,46	30,3
44	3,9	4,6	0,0	1,0	0,07	0,030	13,4	3,80	5,9	6,96	35,40	4,30	0,66	5,28	18,2
45	3,9	4,7	0,0	1,1	0,09	0,048	12,3	5,00	12,4	16,40	46,00	4,70	0,62	7,73	27,2
46	3,9	4,7	0,0	1,2	0,12	0,054	10,0	6,20	31,8	23,40	48,20	8,50	0,74	9,62	38,1
47	4,1	4,5	0,0	1,1	0,11	0,072	10,4	2,28	3,1	1,54	24,72	1,00	0,62	3,28	10,4
48	4,1	4,4	0,0	1,6	0,16	0,087	10,0	2,20	3,1	1,74	27,40	0,50	1,00	3,56	9,9
49	4,0	4,6	0,0	1,1	0,11	0,052	10,3	3,80	5,6	3,84	48,80	0,50	0,68	6,29	11,0
50	4,1	4,8	0,0	0,9	0,06	0,045	14,7	2,78	3,8	1,50	27,00	0,60	0,54	3,53	10,9
51	7,1	8,0	3,7	2,1	0,10	0,060	21,5	2,08	237,2	30,20	0,28	0,20	0,50	14,45	99,5
52	4,4	4,5	0,0	1,9	0,13	0,088	14,1	2,18	2,5	0,78	19,00	0,60	0,74	2,47	9,9
53	3,9	4,7	0,0	0,7	0,06	0,038	10,9	7,02	11,6	6,98	47,20	5,10	0,56	6,95	19,2
54	3,9	5,0	0,0	1,3	0,11	0,084	11,3	12,62	62,2	24,40	63,20	0,60	1,18	12,74	42,7
55	3,9	4,7	0,0	0,9	0,10	0,051	9,1	8,44	45,8	25,60	37,60	1,60	0,64	9,12	50,5
56	3,8	4,8	0,0	1,0	0,05	0,069	18,9	7,40	16,8	7,60	42,00	1,50	1,28	6,64	24,9
57	4,1	5,1	0,0	0,9	0,10	0,041	9,2	3,40	38,9	20,40	19,10	1,70	0,54	6,11	60,6
58	4,4	4,9	0,0	1,2	0,09	0,032	13,3	7,82	184,6	20,53	12,15	5,23	0,00	12,78	87,0
59	5,7	6,2	0,0	1,3	0,12	0,038	10,8	6,26	229,6	32,44	0,72	1,02	0,06	14,50	98,7
60	5,6	5,9	0,0	1,3	0,06	0,016	21,7	3,52	89,6	33,90	1,44	0,88	0,00	7,58	97,2
61	4,0	4,6	0,0	1,1	0,08	0,015	13,8	4,30	13,8	1,70	20,43	3,14	0,00	3,52	26,7
62	4,1	5,1	0,0	0,7	0,06	0,024	11,7	6,65	109,0	28,31	41,13	3,38	0,22	12,97	61,3
63	4,5	5,2	0,0	1,9	0,14	0,033	13,6	4,69	166,0	13,61	4,50	1,93	0,19	10,22	93,3
64	4,9	5,3	0,0	1,1	0,10	0,033	11,0	8,99	358,6	54,43	5,31	4,35	0,00	23,52	96,3
65	3,7	4,1	0,0	1,7	0,12	0,020	14,2	4,30	23,6	2,31	55,62	2,12	0,20	8,05	18,4
66	3,8	4,1	0,0	1,4	0,08	0,055	17,5	5,47	8,8	2,67	53,55	1,82	0,56	7,13	11,2
67	4,3	4,9	0,0	0,8	0,07	0,013	11,4	13,69	216,6	70,35	42,39	1,54	0,04	22,00	77,2
68	4,0	4,4	0,0	0,8	0,04	0,053	20,0	7,82	7,8	1,70	27,72	4,13	0,39	4,14	17,6
69	3,8	4,6	0,0	1,2	0,11	0,028	10,9	6,65	38,8	16,40	58,32	2,20	0,24	10,24	33,8
70	4,0	4,2	0,0	0,6	0,05	0,027	12,0	3,91	6,6	4,86	32,40	5,01	0,00	4,82	17,2
71	3,8	4,2	0,0	1,1	0,07	0,022	15,7	6,26	4,2	2,07	39,06	2,50	0,13	5,14	10,5
72	4,1	4,6	0,0	0,5	0,03	0,026	16,7	7,04	58,8	15,19	16,38	1,87	0,09	6,41	68,2
73	3,9	4,1	0,0	2,0	0,16	0,059	12,5	2,74	1,0	2,07	36,81	0,33	0,43	4,55	6,4
74	4,0	4,5	0,0	1,6	0,09	0,086	17,8	1,17	1,6	1,70	31,32	0,03	0,19	3,86	6,5

Tab. 17: Chemische Parameter des dritten Mineralbodenhorizontes (20-40 cm). KAK in [mmol IEq/100 g FB]

Aufn.	pH CaCl ₂	pH H ₂ O	CaCO ₃ [%]	Corg [%]	Nges [%]	Pges [%]	C/N	K Ca Mg Al Mn Fe Im BaCl ₂ -Auszug [mg/100g FB]						KAK	BS [%]
								K	Ca	Mg	Al	Mn	Fe		
1	4,6	5,5	0,0	0,4	0,04	0,024	10,8	4,40	91,0	18,80	9,94	3,40	0,48	7,55	82,2
2	5,4	6,4	0,0	0,6	0,05	0,032	11,1	11,60	247,2	38,40	0,74	3,00	0,90	16,03	98,5
3	5,1	6,1	0,0	0,8	0,07	0,024	11,2	6,40	152,2	23,40	8,80	5,80	0,52	10,94	88,5
4	5,3	6,1	0,0	0,8	0,02	0,034	35,1	9,80	337,4	19,60	0,48	2,50	0,54	18,88	99,1
5	4,4	5,2	0,0	0,7	0,05	0,022	13,0	3,60	12,2	4,20	39,20	2,60	0,52	5,65	18,5
6	4,3	5,5	0,0	0,5	0,05	0,035	9,2	11,40	98,2	21,40	46,20	5,70	0,46	12,51	55,6
7	4,9	6,1	0,0	0,8	0,04	0,042	19,9	7,20	145,6	38,40	5,60	2,50	0,46	11,42	92,9
8	4,4	5,4	0,0	0,6	0,04	0,048	14,0	10,10	87,8	22,80	40,60	5,40	0,52	11,45	56,9
9	4,7	5,6	0,0	0,5	0,05	0,034	9,2	8,42	93,8	28,20	15,20	2,30	0,48	9,13	79,0
10	4,3	5,1	0,0	0,3	0,02	0,016	12,6	2,02	4,6	1,32	15,40	2,70	0,48	2,32	16,7
11	7,5	8,1	32,1	1,0	0,09	0,061	10,7	6,18	282,0	24,48	0,32	0,10	0,48	16,32	99,6
12	5,1	6,0	0,0	0,3	0,04	0,032	7,2	4,16	52,0	6,20	3,40	1,60	0,42	3,73	86,2
13	7,4	8,2	8,3	1,2	0,06	0,050	19,8	4,80	305,8	15,98	0,30	0,10	0,44	16,77	99,6
14	4,2	4,9	0,0	0,7	0,05	0,022	13,9	2,90	10,2	3,50	30,40	3,00	0,50	4,54	19,2
15	6,7	7,4	2,1	0,9	0,10	0,069	8,8	5,48	264,8	30,40	0,06	0,20	0,36	15,90	99,7
16	3,8	4,8	0,0	0,4	0,05	0,042	8,8	5,48	27,2	10,90	34,60	2,30	0,46	6,50	36,8
17	4,3	5,3	0,0	0,5	0,03	0,038	16,1	5,58	26,6	10,18	31,80	2,90	0,48	6,17	37,4
18	4,6	5,6	0,0	0,6	0,06	0,052	10,0	8,71	138,7	11,07	44,60	1,17	0,46	13,15	61,2
19	4,3	5,4	0,0	0,4	0,03	0,019	12,0	8,89	91,6	21,49	16,64	2,06	0,44	8,67	75,8
20	7,3	8,0	6,3	1,7	0,16	0,070	10,3	8,20	456,8	31,60	0,18	0,10	0,42	25,66	99,8
21	7,1	7,7	8,5	1,0	0,10	0,049	10,2	9,00	471,6	26,00	0,34	0,10	0,48	25,98	99,7
22	5,1	6,0	0,0	0,8	0,08	0,046	9,0	15,42	285,1	37,72	9,25	3,10	0,51	18,91	93,7
23	4,7	5,7	0,0	0,8	0,08	0,055	9,5	7,34	150,9	28,87	8,93	15,59	0,45	11,76	85,8
24	4,1	5,4	0,0	0,5	0,04	0,044	12,4	9,28	171,0	48,60	23,40	2,60	0,50	15,68	81,4
25	7,3	8,6	5,4	0,4	0,02	0,024	16,8	3,36	93,0	7,40	0,38	0,10	0,42	5,41	98,6
26	6,6	7,7	1,1	0,4	0,06	0,037	6,6	7,40	203,6	29,40	0,36	0,60	0,40	12,86	99,3
27	6,0	7,0	0,8	1,0	0,10	0,034	10,1	8,06	275,6	47,40	0,20	1,10	0,40	17,95	99,5
28	3,8	4,4	0,0	0,6	0,05	0,025	11,5	5,00	4,6	3,14	31,20	1,50	0,60	4,37	14,1
29	3,9	4,9	0,0	0,6	0,04	0,031	15,0	15,52	138,4	101,20	74,00	0,90	0,88	24,33	64,2
30	3,8	4,5	0,0	0,8	0,07	0,033	11,6	10,60	58,8	52,00	69,20	0,60	0,70	15,55	48,1
31	3,9	4,5	0,0	0,6	0,05	0,029	12,1	4,80	10,6	1,90	26,40	1,90	0,52	3,96	20,4
32	4,0	4,9	0,0	0,5	0,05	0,053	10,2	6,60	25,4	9,20	25,60	2,10	0,58	5,30	41,4
33	4,0	4,6	0,0	0,8	0,04	0,013	22,2	4,60	5,0	3,34	24,00	0,80	0,82	3,53	18,2
34	4,0	4,7	0,0	0,5	0,03	0,013	16,3	3,36	5,4	2,20	17,28	0,40	0,76	2,58	20,7
35	3,9	4,7	0,0	0,4	0,04	0,022	9,1	12,00	39,2	43,60	58,20	1,70	0,60	12,66	46,2
36	3,9	4,8	0,0	0,9	0,09	0,030	10,0	6,00	48,2	21,00	31,40	3,60	0,54	8,13	52,7
37	4,1	4,9	0,0	0,4	0,03	0,037	11,8	5,40	12,6	14,40	11,40	3,70	0,52	3,50	55,8
38	4,1	5,0	0,0	0,7	0,06	0,049	10,9	6,82	14,0	10,20	18,80	3,80	0,52	4,09	41,9
39	4,0	4,8	0,0	0,5	0,05	0,037	10,5	6,20	23,8	15,00	21,38	3,80	0,58	5,25	49,2
40	4,3	5,3	0,0	1,0	0,10	0,063	10,4	5,20	73,2	35,80	17,28	5,80	0,54	9,04	74,4
41	4,3	5,1	0,0	0,4	0,04	0,030	10,0	5,38	56,4	43,80	22,40	6,00	0,48	9,48	69,1
42	4,2	5,1	0,0	0,5	0,06	0,067	9,1	6,98	95,4	32,80	21,80	2,20	0,60	10,37	73,7
43	4,0	4,9	0,0	0,6	0,04	0,033	15,1	10,60	111,6	83,80	68,60	0,30	0,92	20,81	61,2
44	4,2	5,0	0,0	0,4	0,04	0,029	9,3	4,20	40,4	29,60	23,20	3,00	0,52	7,47	61,0
45	4,1	4,9	0,0	0,6	0,06	0,047	9,8	6,00	23,8	33,00	34,40	4,30	0,56	8,31	48,8
46	3,9	4,8	0,0	1,0	0,10	0,053	9,8	5,60	25,0	22,80	36,40	7,20	0,86	7,87	41,5
47	4,1	4,6	0,0	0,5	0,07	0,078	6,8	1,70	3,7	3,62	25,20	0,50	0,60	3,50	15,0
48	4,1	4,7	0,0	0,7	0,09	0,086	7,9	1,38	2,9	2,66	24,20	0,60	0,54	3,23	12,3
49	4,0	4,8	0,0	0,9	0,09	0,063	10,1	2,82	9,2	7,76	38,40	0,30	0,68	5,61	20,9
50	4,1	4,8	0,0	0,7	0,05	0,045	13,9	2,26	4,2	1,66	24,92	1,40	0,48	3,34	12,0
51	7,4	8,5	5,3	0,9	0,05	0,062	18,3	1,86	178,0	17,80	0,30	0,10	0,46	10,46	99,3
52	4,5	4,5	0,0	1,0	0,07	0,077	13,7	1,44	2,8	0,80	11,80	0,80	0,58	1,65	14,5
53	4,1	4,9	0,0	0,5	0,05	0,053	10,6	7,22	24,5	21,80	31,20	4,20	0,50	6,97	45,9
54	4,2	5,3	0,0	0,8	0,08	0,082	10,5	13,72	188,2	45,20	26,40	0,60	0,64	16,60	81,1
55	4,1	4,8	0,0	0,6	0,08	0,052	8,0	6,98	76,4	36,20	21,00	1,40	0,56	9,58	72,8
56	4,2	5,3	0,0	0,4	0,03	0,069	13,4	9,96	91,2	34,00	20,80	1,30	0,58	10,14	74,9
57	4,5	5,6	0,0	0,6	0,07	0,042	9,0	3,98	90,4	37,40	7,18	2,30	0,44	8,71	88,2
58	5,8	6,3	0,0	0,6	0,04	0,043	15,7	9,58	324,0	35,11	0,18	2,20	0,00	19,41	99,46
59	6,1	6,5	0,0	0,7	0,07	0,045	9,3	6,65	244,1	37,73	0,45	0,28	0,00	15,58	99,22
60	4,4	5,0	0,0	0,6	0,05	0,028	13,3	6,45	77,7	30,25	27,41	0,78	0,10	9,80	66,63
61	4,2	4,9	0,0	0,7	0,06	0,015	12,7	3,52	23,5	3,77	12,51	2,34	0,01	3,23	48,76
62	4,4	5,4	0,0	0,5	0,05	0,035	9,0	9,38	232,4	42,16	22,05	3,42	0,10	18,15	84,33
63	4,9	5,5	0,0	1,2	0,09	0,029	14,1	2,93	142,4	11,97	1,49	0,69	0,09	8,44	96,8
64	6,5	6,8	0,4	0,9	0,08	0,038	12,0	8,99	441,1	38,52	0,05	1,38	0,01	25,48	99,74
65	3,7	4,2	0,0	1,0	0,07	0,015	14,3	4,11	13,0	3,10	55,22	1,46	0,14	7,47	13,5
66	3,8	4,1	0,0	0,9	0,06	0,056	15,5	5,08	6,3	4,25	46,98	1,84	0,56	6,39	12,42
67	4,2	4,7	0,0	0,4	0,03	0,009	11,7	14,86	287,8	96,17	53,69	0,39	0,08	28,97	78,19
68	4,0	4,3	0,0	0,5	0,01	0,062	45,0	10,36	3,2	2,00	28,44	3,60	0,32	4,06	14,52
69	4,3	5,0	0,0	0,7	0,07	0,034	10,0	8,60	174,8	59,96	40,68	1,44	0,20	18,63	74,49
70	4,1	4,4	0,0	0,4	0,04	0,028	10,0	5,08	22,7	14,64	32,67	2,63	0,10	6,41	38,5
71	4,0	4,4	0,0	0,4	0,05	0,022	8,0	6,06	10,7	9,72	33,17	4,29	0,07	5,48	27,18
72	4,2	4,7	0,0	0,3	0,01	0,028	30,0	5,08	68,8	20,66	10,26	2,16	0,07	6,60	79,73
73	4,0	4,3	0,0	0,8	0,08	0,064	10,0	1,76	2,8	4,07	37,31	0,39	0,03	4,82	10,78
74	4,1	4,6	0,0	1,3	0,10	0,083	13,2	1,37	3,4	2,31	28,76	0,03	0,15	3,71	10,63



Standortseinflüsse auf die Bonität von Fichtenbeständen in Österreich

Eine Analyse mittels linearer Regressionen

E. HERZBERGER

Institut für Waldökologie, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Aus den Erhebungen des Österreichischen Waldschaden-Beobachtungs-Systems (WBS) lagen standorts- und bodenkundliche, bodenchemische sowie vegetationskundliche Daten von über 500 Probeflächen vor. An einer Stichprobe von knapp 200 Flächen mit überwiegender Fichtenbestockung werden eine Vielzahl der erhobenen Parameter, im wesentlichen über (multiple) lineare Regressionen, auf ihre Bedeutung für das Ertragsvermögen der Bestände untersucht. Dieses Ertragsvermögen wurde als Absolutbonität mittels Ertragstafel (über Alter und Oberhöhe) geschätzt.

Es zeigt sich, daß die allgemeinen Standorts- und Lageparameter sowie die ökologischen Zeigerwerte der Krautschicht enger mit der ermittelten Ertragsklasse korreliert sind als die chemischen Analysenwerte des Oberbodens. Vor allem Seehöhe, Temperatur-, Stickstoff- und Reaktionszahl weisen enge Korrelationen mit dem untersuchten Ertragsparameter auf.

Es wird aber auch deutlich, daß aus der vorliegenden Stichprobe, die einen Querschnitt über die Vielfalt der Standortstypen Österreichs darstellt, allgemeine Aussagen über das Ertragsvermögen von Standorten nur sehr bedingt möglich sind.

Schlüsselworte: Fichte, Bonität, Standort

Abstract. [Site-specific influences on the Yield Class of Norway Spruce Stands in Austria. - An Analysis by Means of Linear Regression.] The Austrian Forest Damage Monitoring System (WBS) delivered general site-related data, the results of chemical analyses of the upper soil and ecological indicator values of more than 500 sample plots. These parameters are tested on their influence on stand growth by means of a subsample of about 200 plots dominated by Norway Spruce. Stand growth is estimated as yield-class using yield tables (dominant height and stand age). The correlations are examined by (multiple) linear regression.

General site parameters and ecological indicator values prove to be more closely correlated with yield than the results of chemical soil analyses. Yield class shows close correlations with altitude, average temperature, nitrogen and reaction values. A large portion of the variation cannot be explained by the model due to the heterogeneity of the sites in Austria.

Keywords: Norway spruce, yield class, site

1. Einleitung

Im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) wurde zwischen 1988 und 1991 zum ersten Mal eine systematische Zustandsinventur der Waldböden des gesamten österreichischen Bundesgebietes durchgeführt. Dabei wurden auf 513 der 534 WBS-Flächen boden- und vegetationskundliche Daten erhoben.

Ziel dieser Arbeit war es, herauszufinden, welche der erhobenen Standortparameter am engsten mit dem Wachstum der Bestände korreliert sind und wie weit sich die allgemeinen standortkundlichen Vorstellungen um die Günstigkeit bzw. Ungünstigkeit von Parametern mit den Ergebnissen aus dieser Stichprobe decken.

Es interessierte aber auch, welcher Anteil an der Streuung der Bonitäten mittels linearer Regressionen erklärt werden kann.

2. Material und Methodik

2.1 Aufbau und Auswahl der Probeflächen

Der im Gelände eingemessene Rasterpunkt des WBS-Versuchsnetzes bildet jeweils den Mittelpunkt eines Kreises, innerhalb dessen jährlich die Ansprache des Kronenzustandes der Bäume erfolgt (17,84 m für die flächenhafte, 30 m für die einzelbaumweise Kronenansprache). Außerhalb dieser Fläche, zwischen 30 m und 50 m vom Mittelpunkt entfernt, wurden 3 geeignete Probebäume zu Zwecken der Nadelanalyse markiert. Ihnen wurde bei homogenen Standortverhältnissen jeweils eine Boden-Profilgrube zugeordnet, anhand derer der Boden beschrieben wurde. Die Mineralbodenproben wurden aus den drei Gruben gewonnen und je geometrischer Tiefenstufe zu einer Mischprobe vereinigt. Bei heterogenen Verhältnissen am Standort wurde nur der flächig dominierende Aspekt beprobt und beschrieben. Im Bereich jeder Profilgrube wurde auch eine Probe des Auflagehumus genommen und als Mischprobe analysiert. Der Aufbau einer WBS-Probefläche ist in Abbildung 1 beispielhaft dargestellt.

Für die vorliegende Untersuchung lagen von 513 Probepunkten Daten vor. Da damit die ganze Bandbreite des österreichischen Waldes erfaßt ist, ist dieses Kollektiv zwangsläufig recht heterogen. Folgende Einschränkungen wurden getroffen, um die Variationsbreite der zu untersuchenden Stichprobe zu verringern und mögliche Aussagen präziser fassen zu können:

Es wurden nur Flächen untersucht, deren Baumbestand einen Fichtenanteil von mindestens 50 % und zum Zeitpunkt der Probeflächeneinrichtung ein Alter von mehr als 40 Jahren aufwies. Dieses Alterskriterium wurde eingeführt, weil die unter Punkt 2.2 beschriebene Bonitätsermittlung bei jungen Beständen mit einer größeren Unsicherheit behaftet ist.

Ein Einfluß von Mischbaumarten auf das Wachstum der Fichte ist auch bei einem geforderten Mindest-Fichtenanteil von 50 % nicht auszuschließen. Von einer weitergehenden Einschränkung bzw. einer Reduzierung des Untersuchungskollektivs auf reine Fichtenbestände wurde aber in Hinblick auf die damit verbundene starke Verringerung des Stichprobenumfangs abgesehen. Es verblieben schließlich 195 Probeflächen zur Auswertung in Abbildung 2, die das Bundesgebiet mit allen WBS-Probeflächen zeigt, sind diese Flächen gesondert gekennzeichnet.

Abb. 1:

Schematischer Aufbau einer Probefläche des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS)

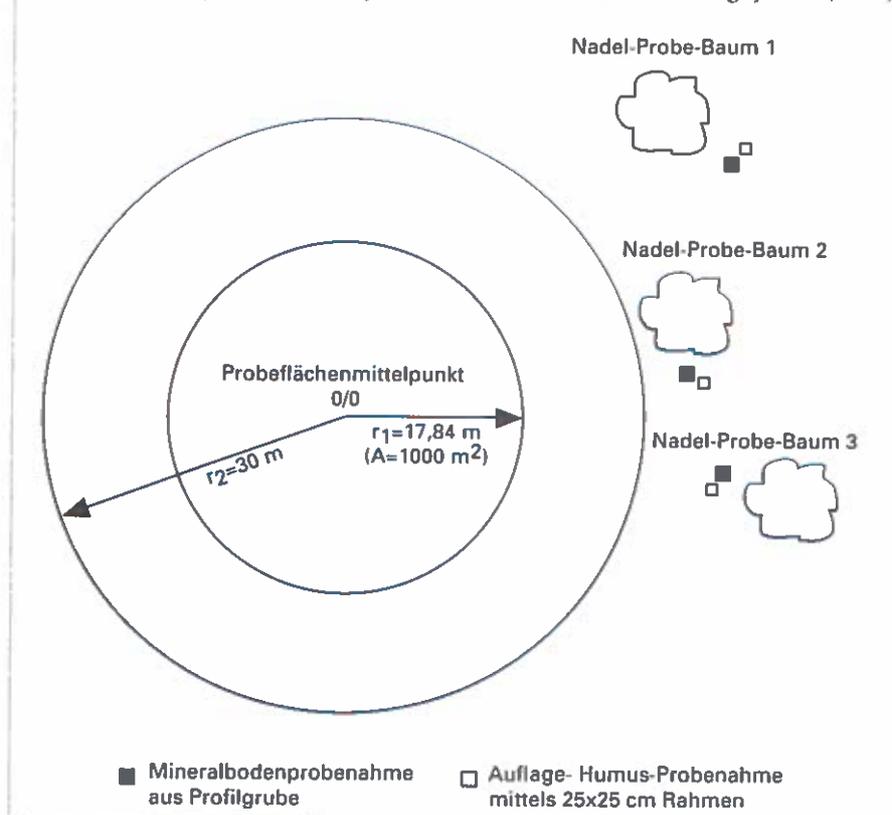
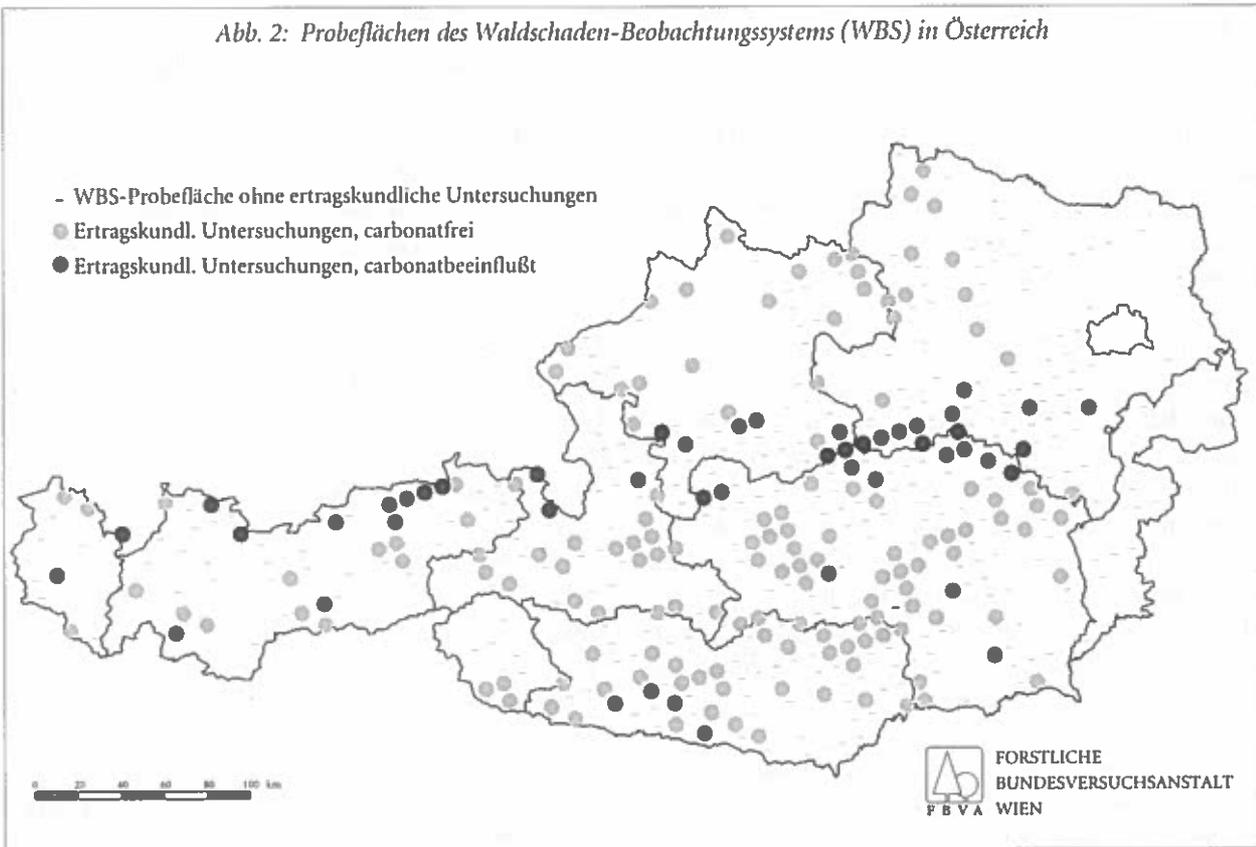


Abb. 2: Probeflächen des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) in Österreich



2.2 Untersuchte Parameter

2.2.1 Die abhängige Variable

Die zu erklärende Größe ist der durchschnittliche Gesamtwuchs im Alter 100. Dieser wurde im Zuge der Einrichtung der WBS-Flächen mittels Ertragstafel geschätzt. Dazu wurden die Höhen der fünf stärksten Stämme gemessen und das Alter an zumindest einem Bohrkern der dominierenden Altersklasse bestimmt.

Nachfolgend werden an Stelle der exakten Definition 'mittels Ertragstafel über Alter und Oberhöhe ermittelter durchschnittlicher Gesamtwuchs im Alter 100' die Begriffe 'Ertragsklasse' sowie 'Bonität' synonym verwendet.

Unter der Annahme, daß alle relevanten Merkmale (exakt und richtig) erhoben wurden und die Ertragstafel den Verhältnissen jeweils entspricht, müßte die Bonität aus einer Funktion der erhobenen Parameter berechnet werden können.

2.2.2 Die unabhängigen Variablen

Im Feld erhobene Informationen über den Standort: Für eine Auswertung kamen die in Tabelle 1 dargestellten Variablen in Betracht. Eine genauere Aufschlüsse-

lung und Beschreibung der Parameter findet sich bei ENGLISCH, M., KARRER, G. & MUTSCH, F. (1992).

Seehöhe und Hangneigung können als Meßwerte auf einer metrisch skalierten Skala direkt in die Berechnungen einfließen. Die Gründigkeit wurde nur in Stufen angegeben, der Bezug zu einer Intervallskala (cm Tiefe) ist jedoch gegeben.

Tab. 1: Allgemeine Standortparameter der WBS-Erhebungen

Parameter	Skalierung	(Maß-)Einheit
Seehöhe	metrisch	m
Klimatische Höhenstufe	ordinal	6 Stufen
Exposition	metrisch	Neugrad
(Hang)Neigung	metrisch	%
Geländeform	nominal	allgemein
Kleinrelief	nominal	allgemein
Grundgestein	nominal	allgemein
Wasserhaushaltsstufe	ordinal	7 Stufen
Gründigkeit des Bodens	'metrisch'	5 Stufen (cm)
Bodentyp	nominal	allgemein
Humusform	'ordinal'	7 'Stufen'
Vegetationstyp	nominal	allgemein
Wuchsgebiet	nominal	allgemein

Keinem streng linearen Seehöhenbezug, jedoch einem gutachtlich anhand bestimmter Kriterien im Gelände festgestellten klimatischen Gradienten entspricht die Zuordnung zu einer klimatischen Höhenstufe.

Anhand einer metrischen Skala wurde die Exposition der Probestellen bestimmt. Die Verrechnung der Nordwinkel stellt sich jedoch, wie unter 3.1 gezeigt, komplexer dar als jene der anderen Meßgrößen.

Bedingt für den Einsatz in Regressionsfunktionen geeignet sind gutachtlich angesprochene Größen, die sich lediglich auf einer Ordinalskala darstellen lassen. Darunter fallen die Wasserhaushaltsstufe und - im weiteren Sinn - die Humusform.

Bodentyp, Vegetationstyp, Geländeform und Wachstumsgebiet repräsentieren Standortparameter, die sich nicht entlang eines (eindimensionalen) Gradienten darstellen lassen. Diese nominal skalierten Größen können jedoch als Kriterien für eine Gruppenbildung herangezogen werden.

Im Labor bestimmte chemische Analysewerte

Von den Proben des Mineralbodens, die aus den geometrischen Horizonten 0-10, 10-20, 20-30, 30-50 cm stammen, wurden für diese Auswertung primär jene aus der Bodenschicht 0-10 cm herangezogen. Zum einen sollte die Beschränkung auf diese Tiefenstufe die Einbeziehung aller, auch der seichtgründigen Standorte, ermöglichen. Zum anderen stellt die oberste Bodenschicht den aktivsten Teil des Bodens dar.

Die chemischen Analysewerte aus Auflage und der Tiefenstufe 10-20cm wurden jedoch ebenfalls verrechnet. Die Ergebnisse werden unter Punkt 3.2 kurz besprochen.

Die Werte für die nachfolgend angeführten chemischen Analyseparameter wurden im mineralischen Oberboden ermittelt, die kursiv gedruckten wurden für die vorliegende Auswertung herangezogen:

- *pH in CaCl₂, pH in H₂O*
Carbonatgehalt, Organischer Kohlenstoff, Gesamt-Stickstoff
- Mineralische Nähr- und Schadelemente im Säureaufschluß:
P, K, Ca, Mg, Fe,
Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Pb, Cd;
- Kationen im BaCl₂-Auszug:
K⁺, Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, H⁺, Fe⁺⁺⁺, Mn⁺⁺, Al⁺⁺⁺,
KAK (Kationen-Austauschkapazität)

Eine detaillierte Beschreibung der angewendeten Extraktions- und Aufschlußverfahren findet sich in ENGLISCH, KARRER & MUTSCH (1992).

Der pH-Wert in CaCl₂ wurde dem in H₂O bestimmten Wert vorgezogen, da er allgemein als der stabilere Faktor betrachtet wird, der einen Einblick in den vorhandenen Säurevorrat gewährt.

Der Carbonatgehalt wurde durch eine - nachfolgend beschriebene - Unterteilung in carbonatbeeinflusste und nicht carbonatbeeinflusste Flächen berücksichtigt.

Von den im Säureaufschluß ermittelten Gesamtgehalten wurde nur Phosphor als Parameter herangezogen. Allgemein sollten, so lautete zumindest die Vermutung, die den Bäumen für das Wachstum zur Verfügung stehenden und dieses beeinflussenden (Nähr-)Stoffe besser über die austauschbaren Kationen erfaßt werden können.

Wegen der in vieler Hinsicht sehr unterschiedlichen Rahmenbedingungen auf carbonatbeeinflussten und nicht carbonatbeeinflussten Standorten wurde eine Unterteilung der Untersuchungsflächen nach diesen Gruppen, analog zur Auswertung der Waldboden-Zustandsinventur (ENGLISCH ET AL. 1992), vorgenommen. Als carbonatbeeinflusst galt demnach eine Fläche, wenn in zumindest einer Tiefenstufe Carbonat gefunden wurde oder möglicher Wurzelkontakt zu unterliegendem carbonathaltigem Gestein bestand. Auf 146 Standorten war das Bodenprofil durchgehend carbonatfrei, 49 galten nach obiger Definition als carbonatbeeinflusst. Die mittlere Bonität der carbonatbeeinflussten Probestellen lag im Durchschnitt um etwa 1,7 Klassen (statistisch signifikant) unter jener der carbonatfreien.

Nachfolgend werden die Begriffe 'nicht carbonatbeeinflusst' und 'carbonatfrei' synonym verwendet.

Aus den Vegetationsaufnahmen ermittelte ökologische Zeigerwerte

In jüngerer Zeit wird verstärkt versucht, die sich im synökologischen Verhalten der Pflanzen (dem Verhalten bei interspezifischen Konkurrenzbedingungen) äußernde Information über den Standort zu quantifizieren. Dabei werden die Pflanzen entsprechend ihren Ansprüchen an standörtliche Einflußgrößen (wie etwa Feuchte, Licht, Temperatur) mittels Ordinalskalen bewertet.

Die Auswertungen der Waldboden-Zustandsinventur lehnten sich zunächst eng an das System der Zeigerwerte nach ELLENBERG ET AL (1979) an. Wegen der eingeschränkten geographischen Gültigkeit dieses Systems wurden für viele Arten Zeigerwerte an die österreichischen Verhältnisse adaptiert (KARRER 1992 sowie ENGLISCH ET AL. 1991).

Die Zeigerwerte liegen allgemein zwischen 1 und 9, lediglich die Feuchtezahl kann Werte bis 12 (für Was-

serpflanzen) annehmen. Ein niedriger Wert eines Parameters drückt jeweils einen geringen Anspruch der Pflanzenart an diese Einflußgröße aus. Ein hoher Wert bedeutet, daß die Art eine gute 'Versorgung' mit dem entsprechenden Parameter verlangt.

Zur Berechnung im Zuge dieser Auswertung wurden herangezogen: mittlere Licht-, Temperatur-, Feuchte-, Reaktions- und Stickstoffzahl, die jeweils mit dem Deckungswert der Arten gewichtet wurden, sowie die Anzahl der auf den Probestellen gefundenen Arten der Krautschicht. Auf eine eingehendere Darstellung und Auswertung der ebenfalls gebräuchlichen Kontinentalitätszahl wurde verzichtet. - Zum einen spreitete innerhalb der vorliegenden Stichprobe die mittleren Kontinentalitätszahlen nur gering (von 3.0 bis 4.8), zum anderen war bei erster Begutachtung keinerlei Zusammenhang mit der Wuchsleistung zu erkennen.

3. Ergebnisse

3.1 Im Feld erhobene Standortdaten

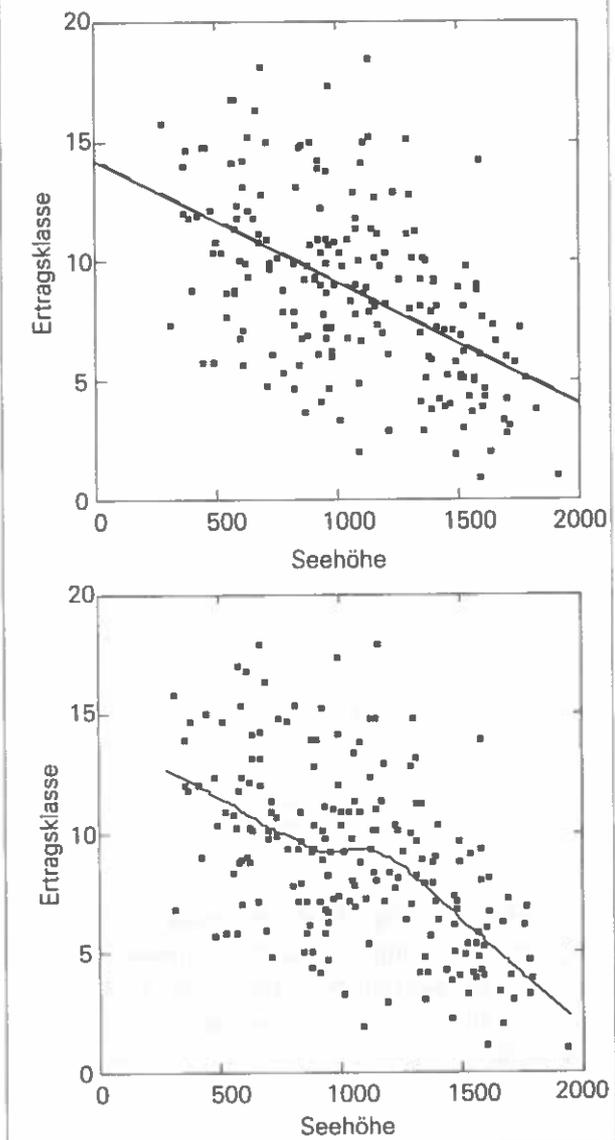
Seehöhe, klimatische Höhenstufe

Abbildung 3a zeigt die Bonität der Probestellen in Abhängigkeit von ihrer Seehöhe. Eine Regressionsgerade erklärt etwas mehr als 1/4 (27.3%) der Varianz der Wuchsleistung. Lage bzw. Steigung der berechneten Geraden entsprechen dem Erwartungswert: 'Abnehmender Zuwachs bei steigender Seehöhe'. Für die zweite in Abbildung 3b dargestellte Ausgleichskurve wurden die Funktionswerte als gewichtetes Mittel benachbarter Y-Werte berechnet (Option 'Lowess' in SYSTAT: GRAPHICS, 1992). Die Abnahme der mittleren Ertragsklasse mit steigender Seehöhe setzt im Bereich zwischen 900 und 1200 m aus. Dieser Hinweis auf ein relatives Wuchsoptimum der Fichte in diesen Höhenlagen ist auch aus einer Untersuchung aus dem Hochschwarzwald abzulesen, wo erst bei Seehöhen über 1100 m ein nennenswerter Zuwachsabfall bei Fichte festgestellt wurde (MITSCHERLICH, 1975).

Der Einfluß der Seehöhe auf die Wuchsleistung war über eine quadratische Funktion nicht besser zu fassen, da ein ausgeprägtes Maximum der Ertragsklasse in einer bestimmten Seehöhe nicht gegeben ist.

Anhand des Parameters Seehöhe wird ein grundsätzliches Problem der Interpretation und Signifikanz der hier verwendeten Modelle deutlich. Die Streuung ist so groß, daß - mit gewissen Einschränkungen - bei je-

Abb. 3a und 3b:
Durchschnittliche Bonität in Abhängigkeit von der Seehöhe



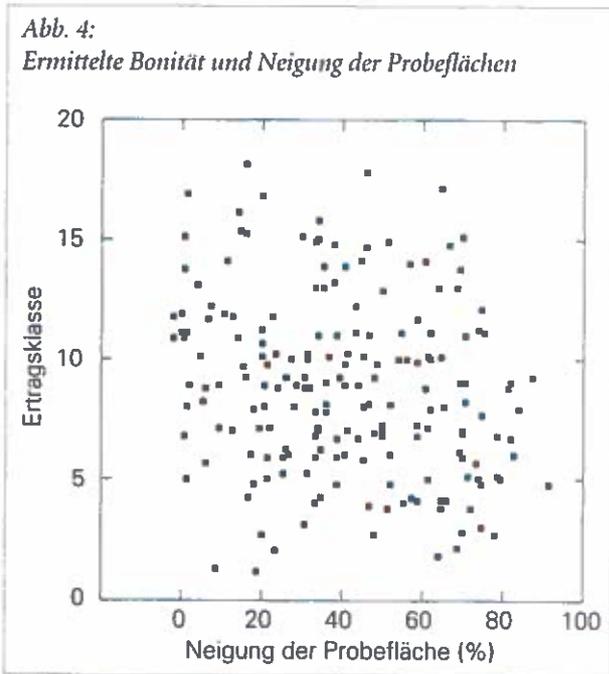
der Seehöhe (fast) jede Bonität auf einer Probestelle möglich ist. Lediglich in sehr großer Höhenlage wird die Ausgleichskurve klar im Bereich niedriger Bonität fixiert, die Streuung ist geringer (Abbildung 3a/b). Damit ist jedoch die Varianz der abhängigen Variablen, also der Bonität, nicht unabhängig von der Größe der unabhängigen Variablen und die Verwendung von Regressionen problematisch.

Die Ausscheidung von klimatischen Höhenstufen, wie sie im Zuge der Felderhebungen erfolgte, sollte den regional- und lokalklimatischen Verhältnissen Rechnung tragen, die die Höhenzonierung des Waldes oft beträchtlich beeinflussen. Die Probestellen wurden jeweils einer von 6 klimatischen Höhenstufen zugeordnet, wie sie in KILIAN & MAIER (1990) beschrieben sind. Eine lineare Regressionsbeziehung

zwischen diesem Parameter und der Ertragsklasse war jedoch weniger straff als jene zwischen Ertragsklasse und absoluter Seehöhe.

Neigung der Probeflächen

In Abbildung 4 ist die ermittelte Ertragsklasse der Probeflächen über deren Hangneigung aufgetragen.



Wie ersichtlich, trägt dieser Parameter für sich allein wenig zur Erklärung der Bonitätsunterschiede zwischen den Standorten bei (Abbildung 4). Eine Regressionsgerade mit der Hangneigung als unabhängiger Variable erklärt nur 4,7% der Varianz der Ertrags-

klasse. Ein möglicher Einfluß der Hangneigung auf den Zuwachs im Zusammenspiel mit Seehöhe und Exposition durch (Unter)Gruppenbildung konnte, unter anderem aufgrund zu geringem Stichprobenumfangs, nicht nachgewiesen werden. Im Zusammenhang mit der Exposition der Standorte geht jedoch die Hangneigung noch einmal in eine Regressionsgleichung ein.

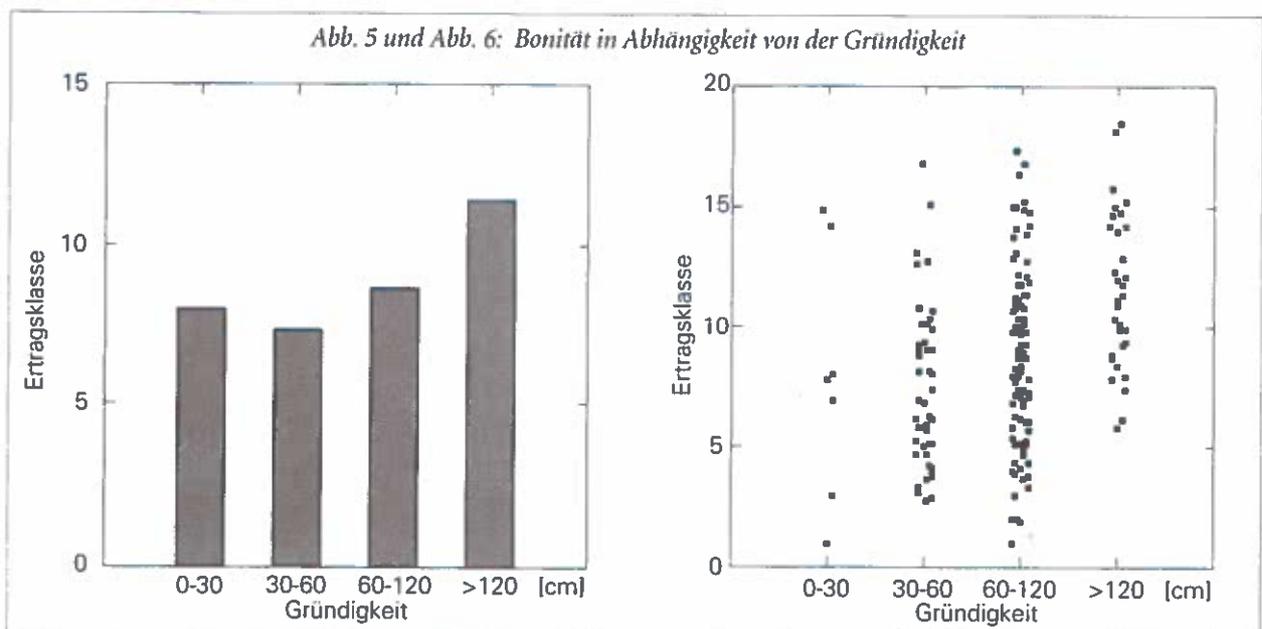
Gründigkeit

Die Gründigkeit des Mineralbodens wurde als Schlagbohrergründigkeit in 5 Stufen angegeben. Diese gingen ohne Transformation direkt in die Regressionsrechnungen ein. Die Grenzen und die Belegung der Gründigkeitsstufen sind in Tabelle 2 dargestellt.

Die erste und zweite Stufe sind insgesamt nur mit 5 Probeflächen besetzt. Der überwiegende Teil der Probeflächen wurde als zumindest tiefgründig (60-120 cm) angesprochen. Abbildung 5 zeigt den durchschnittlichen Zuwachs der Bestände innerhalb der Gründigkeits-Stufen. Die Stufen 1 und 2 sind dabei zusammengefaßt.

Tab. 2:
Gründigkeitsstufen und Anzahl der Probepunkte

Stufe	Tiefenbereich	Anzahl d. Probepunkte
1 sehr flachgründig	< 15 cm	2
2 flachgründig	15 - 30 cm	5
3 mittelgründig	30 - 60 cm	46
4 tiefgründig	60 - 120 cm	110
5 sehr tiefgründig	> 120 cm	32



Ein deutlicher Einfluß des Parameters 'Gründigkeit' auf die Wuchsleistung könnte bei ausschließlicher Betrachtung der Gruppen-Mittelwerte in Abbildung 5 unterstellt werden. Nach Abbildung 6 ist jedoch die Bandbreite an möglichen Zuwachsleistungen innerhalb der einzelnen Gründigkeitsstufen groß: Nach Mittelwertsvergleich (Scheffé-Test) unterschieden sich nur die 'sehr tiefgründigen' Standorte (Stufe 5) von jenen der Stufen 3 und 4 durch höheren Zuwachs (Irrtumswahrscheinlichkeit = 1%). Ein deutlicher Effekt der Gründigkeit ist nach Abbildung 6 darin zu sehen, daß auf sehr tiefgründigen Standorten die Fichte offensichtlich nie sehr schlecht wächst. So wurde auf keinem als sehr tiefgründig klassifizierten Standorte eine Bonität kleiner als 6 gefunden.

Wasserhaushaltsstufe

Den Standorten wurde im Gelände gutachtlich eine von 7 Wasserhaushaltsstufen zugeordnet (Tabelle 3). Ansprachekriterien waren dabei vor allem die Ausbildung der krautigen Bodenvegetation und der Moosflora sowie Boden- (Bodenart, Lagerung, Gründigkeit) und Geländekriterien (zB. Relief, Exposition).

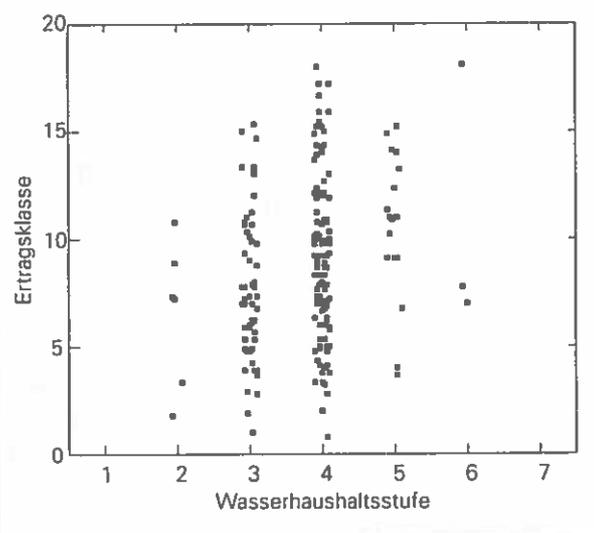
Tab. 3:
Verteilung der Standorte auf Wasserhaushaltsstufen

Wasserhaushaltsstufe	Anzahl Probeflächen	mittlere Bonität
1 trocken	-	-
2 mäßig trocken	6	6,5
3 mäßig frisch	55	7,8
4 frisch	114	9,1
5 sehr frisch	17	10,5
6 feucht	3	11,0
7 naß	-	-

Nach einem Mittelwerts-Vergleichstest (Scheffé-Test) unterschieden sich die erhobenen Wasserhaushaltsstufen in Bezug auf ihre mittlere Ertragsklasse nicht voneinander ($I=5\%$). Gründe dafür sind in der zahlenmäßig sehr ungleichen Verteilung auf die Gruppen bzw. der geringen Anzahl an ausgeprägt trockenen und feuchten Standorten im Untersuchungskollektiv zu suchen (Tabelle 3). Der größte Teil der Probeflächen wurde als frisch angesprochen. Nur die beiden benachbarten Stufen 3 und 5 sind noch einigermaßen befriedigend besetzt.

Gerade bei den nicht 'extremen' Ausbildungen, also den Stufen 3 bis 5, war die Einstufung schwierig. Bei der Erhebung dieses komplexen Parameters war durch wenig klare Abgrenzungskriterien zwischen den einzelnen Stufen sowie der doch gegebenen Abhängigkeit der Ansprache von der aktuellen Feuchte-Situation ein

Abb. 7:
Bonität der Probeflächen in Abhängigkeit von der Wasserhaushaltsstufe



nicht geringer Einfluß durch den Zeitpunkt der Aufnahme und die Person des Erhebers gegeben.

In den im Anschluß aufgestellten multiplen Regressionsbeziehungen wurde der Parameter 'Wasserhaushaltsstufe' linear verrechnet: Es liegt der Schluß nahe, daß sich die mögliche Wuchsleistung von Fichtenbeständen von den 'trockenen' zumindest bis zu den 'frischen' Ausbildungen verbessert (Abbildung 7), in Richtung der nassen Standorte jedoch wieder abfällt.

In dieser Stichprobe waren die Stufen 6 und 7 (feucht und naß) nur mit 3 bzw. keinem Probepunkt vertreten, sodaß eine lineare Funktion am ehesten die vorhandene Stichprobe beschreiben kann.

Humusform

Bei den Felderhebungen wurden 7 Humusformen unterschieden. Diese sind in Tabelle 4 mit der Anzahl ihres Vorkommens sowie der jeweiligen mittleren Ertragsklasse angeführt.

Tab. 4: Verteilung der Probeflächen auf Humusformen

Humusform	Anzahl	mittlere Ertragsklasse
Rohhumus	8	6,3
moderartiger Rohhumus	13	7,2
rohhumusartiger Moder	26	8,7
Moder	109	9,2
mullartiger Moder	14	9,6
moderartiger Mull	7	9,1
Mull	8	8,5
keine Auflage	10	8,2

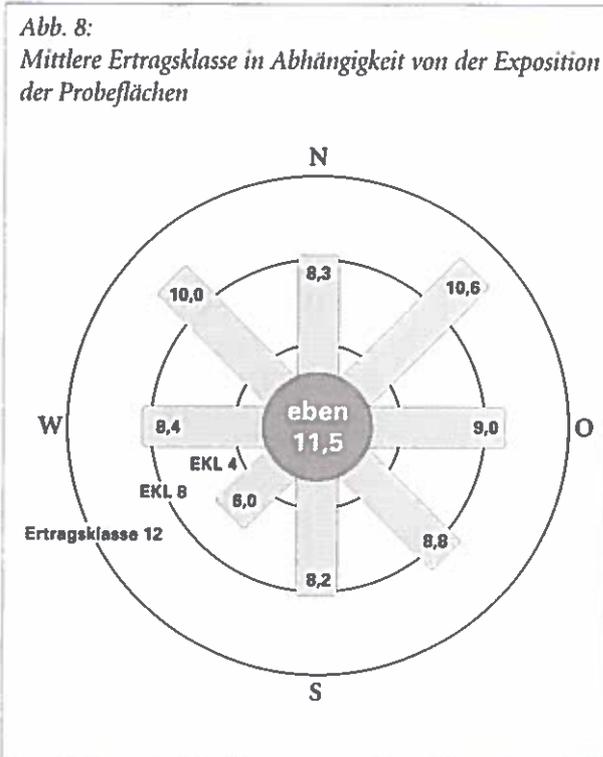
Der überwiegende Teil der Flächen wies die Humusform Moder auf. Dies ist vor allem auf die vorherrschende Fichtenbestockung zurückzuführen, durch deren Streu die Humusentwicklung meist in Richtung Moder geprägt wird. Auf Moder und moderartigen Humusformen dürfte die Fichte sich auch 'am wohlsten fühlen'. Die relativ hohen mittleren Ertragsklassen bei diesen Humusformen (Tabelle 4) könnten so interpretiert werden. Mittels Scheffé-Tests konnte kein signifikanter Einfluß der Humusform auf die Ertragsklasse des vorliegenden Kollektivs nachgewiesen werden.

Gerade der Parameter 'Humusform' kann stark anthropogen überprägt sein, wenn es sich etwa bei dem untersuchten Bestand um eine Wiesenaufforstung handelt oder eine vormalige Laubbaumbestockung durch milde Humusbildung noch rezent nachwirkt. Daher wurde die Humusform für die weiteren Berechnungen nicht mehr herangezogen.

Exposition

Die Exposition wurde als eine von 9 Stufen (inkl. ebene Standorte) angegeben. In Abbildung 8 sind zunächst die Probestandorte in Gruppen mit gleicher Exposition aufgeteilt und mit ihrer Anzahl und durchschnittlichen Ertragsklasse dargestellt. Der Abstand vom Mittelpunkt stellt dabei die Ertragsklasse dar.

Die NO-exponierten Standorte ließen sich gegen die nach SW geneigten in ihrer Wuchsleistung statistisch gesichert abgrenzen (Scheffé-Test, $I=5\%$). Auf



den im Durchschnitt geringstwüchsigen SW-Hängen addieren sich intensive Sonnenbestrahlung mit hohen Lufttemperaturen am (frühen) Nachmittag. Ein dadurch möglicher Wasserstreß als Begrenzung der Zuwachsleistung bietet sich als Erklärung an.

Auch andere Untersuchungen ergaben durchwegs die beste Wüchsigkeit auf NE- und die geringste auf SW-Hängen. (TRIMBLE, G.R., JR. AND WEITZMAN S., 1956; STAGE, 1976;).

In Anlehnung an STAGE (1976) wurde versucht, den Einfluß der Exposition auf die Ertragsklasse in folgender Form zu fassen:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot \cos(a-\beta) \cdot \text{Nei} + b_2 \cdot \text{Nei}$$

wobei: Y = Ertragsklasse
 a = Nordwinkel in Neugrad
 β = 50°
 Nei = Neigung in %

Das Ergebnis einer derartigen Regression lautete:

$$\text{EKL} = 10,2 + 0,025 \cdot \cos(a-50) \cdot \text{Nei} - 0,034 \cdot \text{Nei}$$

$$R^2 = 0,095$$

Bei diesem Ansatz geht der den Einfluß der Exposition verstärkende Effekt der Hangneigung in die Berechnung ein. Für nicht geneigte Standorte ergibt sich somit auch rechnerisch kein Einfluß der Exposition, bei steilen Standorten wirkt sich die Hangrichtung stark auf das Ergebnis aus. Der letzte Term bewirkt unter anderem, daß auf Standorten mit SO- bzw. NW-Exposition, bei denen sich aus dem 'Expositionsterm' kein Effekt ergeben würde, ein Betrag abgezogen wird, der von der Neigung abhängt (b_2 negativ). Da der Koeffizient für den Neigungsterm (b_2) größer ist als b_1 , ergibt sich rechnerisch immer - auch bei den begünstigten NE-Lagen - ein Abzug vom Absolutglied b_0 (=10,2). Der negative Einfluß der Neigung überwiegt demnach einen möglichen positiven der Exposition. Der Anteil der erklärten Varianz (R^2) ist mit 9,5% nicht allzu hoch. Die Beziehung ist jedoch bei 0,1% Irrtumswahrscheinlichkeit gesichert.

Bodentyp

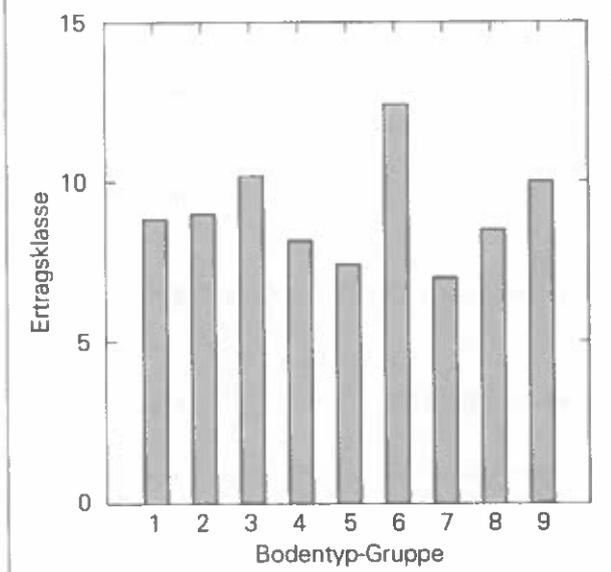
In Tabelle 5 sind die Bodentypgruppen mit der Anzahl ihres Auftretens angeführt. Abbildung 9 zeigt die mittlere Bonität dieser Gruppen.

Die Stratifizierung nach Bodentypen konnte für die untersuchte Stichprobe die Unterschiede in der Wuchsleistung nur zu einem geringen Teil erklären. Nach Scheffé Mittelwertvergleichstest unterschied sich nur die Gruppe der Pseudogleye und Gleye von jener der Rendsinen ($I=1\%$).

Tab. 5:
Verteilung der Untersuchungsflächen auf Bodentypgruppen

Code	Bodentypgruppe	Anzahl der Probeflächen
1	reiche Braunerde	17
2	arme Braunerde	40
3	Lockersedimentbraunerde	9
4	Semipodsol	45
5	Podsol	12
6	(Pseudo-)Gley	20
7	Rendsina	27
8	Braunlehm	20
9	Sonstige	5

Abb. 9:
Bodentyp-Gruppen und mittlere Bonität der Probeflächen



Die beiden am häufigsten vertretenen Bodentypen, Semipodsol und 'arme Braunerden' (siehe ENGLISCH, 1992), wiesen nur 0.8 Einheiten Differenz in ihrer mittleren Ertragsklasse auf (Tabelle 5, Abbildung 9).

Ein Teil des Einflusses des Parameters 'Bodentyp', im speziellen die geringe Wüchsigkeit der Rendsinen gegenüber den Braun- und Parabraunerden, ist im Parameter 'Wasserhaushaltsstufe' und der Gliederung in carbonatbeeinflusste und carbonatfreie Standorte enthalten.

Der Bodentyp eignete sich als eigenständiges Kriterium für eine Gruppenbildung in Bezug auf die vorhandene Stichprobe nicht. Für größere Kollektive als das untersuchte könnte er aber sehr wohl ein effektives Gliederungsinstrument bezüglich der Wüchsigkeit der Standorte darstellen.

Vegetationstyp

In Tabelle 6 sind die Anzahl, die mittlere Ertragsklasse sowie die durchschnittliche Seehöhe der Standorte aufgelistet, die einer Vegetationsgruppe zugeordnet wurden.

Tab. 6:
Vegetationstyp-Gruppen mit Anzahl der Probeflächen, mittlerer Ertragsklasse und Seehöhe

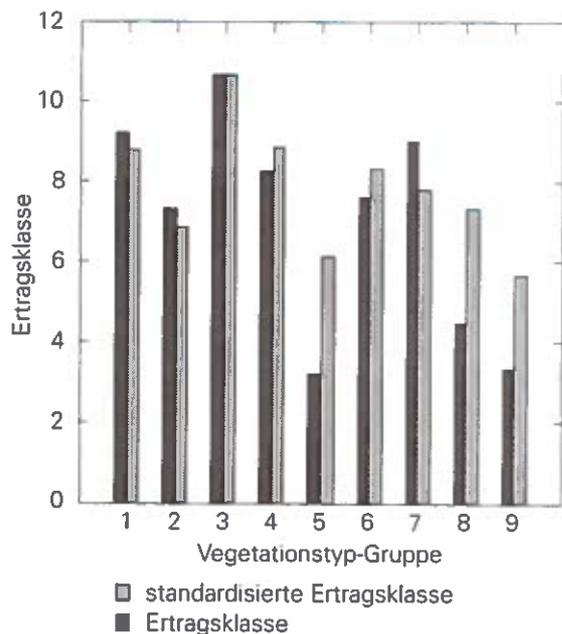
Code	Vegetationstypen-Gruppe	Anz.	mittl. EKL	mittl. Seehöhe
1	mäßig frischer Kräutertyp	37	9.2	924
2	wärmeliebender Kräutertyp, Kalklichtkräutertyp	3	7.3	917
3	Sauerkleotyp	57	10.7	1008
4	Astmoos-Heidelbeer-, Drahtschmiele-, Torfmoos-Heidelb.- Drahtschmiele-Typ	70	8.3	1123
5	Heidelbeer-, Preiselbeer- und Calluna-Verhagerung	4	3.2	1575
6	Vergrasungen	10	7.6	1150
7	Naßgallen und Hochstauden	4	9.0	770
8	Weidetyp	4	4.5	1561
9	Zwergsträucher, Schneeheide-Typ	3	3.3	1462
	(Vegetationstyp nicht erhoben)	3		

Die Punkte verteilen sich zahlenmäßig wieder sehr ungleich auf die einzelnen Gruppen. So sind die Gruppen 4, 3 und 1 mit 70, 57 bzw. 37 Probeflächen belegt (bei $n_{\text{ges}}=195$ Punkte). Die anderen Vegetationstypen waren lediglich zwischen 10 und 2 mal vertreten.

Im Vergleich der Mittelwerte unterschieden sich nur die AHD-Typen(4) sowie die Verhagerungstypen(5) vom Sauerklee-Typ(3) (bei $I=5\%$). Die Vegetationstypengruppen 3 und 4 lagen auf vergleichbarer durchschnittlicher Seehöhe. Die Standorte der 'Verhagerungs-Gruppe'(5), die gemeinsam mit den Vegetationstyp-Gruppen 8 und 9 die geringwüchsigsten Bestände trugen, repräsentierten jedoch eindeutig die am höchsten gelegenen Standorte. Dieser Effekt der Seehöhe ist aus Abbildung 10 gut abzulesen.

In Abb. 10 ist der mittleren, auf den Probeflächen tatsächlich ermittelten Ertragsklasse jeder Vegetationstyp-Gruppe jene mittlere Ertragsklasse gegenübergestellt, die sich für die Vegetationstyp-Gruppe ergäbe, wenn sie in einer Seehöhe von 1000 m läge. Die Werte wurden ermittelt, indem zunächst durch eine lineare Regression für jeden Standort die Ertragsklasse als abhängige Variable aus der Seehöhe geschätzt wurde. Dieser Wert (EKL_{reg}) wurde für jeden Standort von der

Abb. 10:
Ertragsklasse sowie um den Einfluß der Seehöhe bereinigte Ertragsklasse in Abhängigkeit von der Vegetationstyp-Gruppe



tatsächlich dort bestimmten 'wahren' Ertragsklasse subtrahiert und die Differenz $[EKL - EKL_{Reg}]$ zu der von der Regression berechneten Ertragsklasse für 1000 m Seehöhe addiert $[EKL_{1000\text{ m}} = EKL_{Reg(1000\text{ m})} + (EKL - EKL_{Reg})]$. Zwischen den Vegetationstypen-Gruppen ergaben sich aufgrund der solcherart auf das 1000 m Niveau 'projizierten' Ertragsklassen keine gesicherten Unterschiede mehr. Auf eine Berücksichtigung des Parameters 'Vegetationstyp' für die nachfolgenden multiplen Regressionsbeziehungen wurde daher verzichtet.

Geländeform

Es wurden 19 verschiedene Geländeformen ausgeschieden. Darunter sind Reliefausbildungen zu verstehen, die einen Höhenunterschied von mindestens 3 Metern repräsentieren. Die einzelnen im Gelände angesprochenen Formen, die Anzahl ihres Vorkommens sowie ihre mittlere Ertragsklasse sind in Tabelle 7 angeführt.

133 mal war als Geländeform 'Mittelhang' festgestellt worden. Die übrigen Geländeformen waren maximal auf 14 Standorten vertreten.

Überdurchschnittliche Ertragsklassen-Mittelwerte zeigten Ebene, Wannen, Unterhänge, Kuppen, Riedel/Wall sowie Schuttfächer. Die relativ hohen Bonitäten auf Kuppen sowie der Geländeform 'Riedel/Wall' können ebenso wie die unterdurchschnittliche Zuwachsleistung der Standorte auf Hangverflachungen und am Hangfuß nicht interpretiert werden. Es wurde nun eine gutachtliche Einteilung in 'Gewinnlagen' so-

Tab. 7: Verteilung der Probestflächen auf Geländeformen:

Bezeichnung	Anzahl	mittl. EKL
1 Ebene	7	11,3
2 Verebnung	4	8,5
3 Talboden	1	8
4 Terrasse	-	-
5 Platte	-	-
6 Mulde, Kessel	-	-
7 Wanne	1	13
8 Graben	4	8,5
9 Oberhang	14	8,1
10 Unterhang	7	12,3
11 Mittelhang	133	8,8
12 Hangversteilung	-	-
13 Hangverflachung	10	6,4
14 Kuppe	2	10,5
15 Rücken	7	7,1
16 Riedel, Wall	3	9,7
17 Hangfuß	1	6
18 Schwemm-, Schuttfächer	1	14
19 Schwemm-, Schuttkegel	-	-

wie 'übrige Standorte' durchgeführt und die mittleren Zuwächse berechnet. Die 'Gewinnlagen' beinhalteten: Mulde(6), Wanne(7), Graben(8), Unterhang(10), Hangfuß(17), Schwemmfächer(18), Schwemmkegel(19). Das Ergebnis ist in Tabelle 8 dargestellt:

Tab. 8:
Ertragsklasse nach Einteilung in begünstigte Standorte und 'Rest'

Geländeform-Gruppe	Anz.	mittl. EKL	MIN	MAX	STD-ABW.
'Gewinnlagen'	14	10,9	6	16	3,2
übrige Geländeformen	181	8,7	1	18	3,69

Es ergab sich auf den Standorten in 'Gewinnlagen' durchschnittlich eine um etwa 2 Einheiten höhere Ertragsklasse als bei den übrigen Geländeformen. Die Gruppenbildung ist bei 3% Irrtumswahrscheinlichkeit gesichert. Erweitert man jedoch die 'Gewinnlagen' um die Gruppe der Standorte auf Hangverflachung (13), was zumindest nicht abwegig erscheint, so ist kein Effekt mehr nachzuweisen.

Hier wäre ein zahlenmäßig ausgeglicheneres Verhältnis zwischen den beiden Gruppen für eine fundierte Aussage nötig.

Der Parameter 'Geländeform' wurde für die weiteren Berechnungen nicht mehr herangezogen. Er wird jedoch zum Teil durch die Parameter 'Gründigkeit' und 'Wasserhaushalt' repräsentiert, die in die nachfolgenden multiplen Regressionsbeziehungen Eingang fanden.

Wuchsraum

Die Einteilung in Wuchsräume konnte, vor allem infolge der sehr ungleichen Besetzung, keine wesentlichen Informationen bezüglich des Wachstums der untersuchten Fichtenbestände liefern.

Beziehung zwischen mehreren im Gelände erhobenen Standortparametern und der Ertragsklasse

Inwieweit es mit im Gelände rasch und mehr oder minder einfach bestimmbar Kriterien möglich wäre, für das untersuchte Kollektiv von Standorten die vorhandene Ertragsklasse abzuschätzen, zeigt Abbildung 11. Die Beziehungen wurden mit dem Statistikpaket SYSTAT (1992) in einem schrittweisen Verfahren errechnet. Eingangsgrößen dabei waren: Seehöhe, klimatische Höhenstufe, Neigung, Gründigkeit, Wasserhaushaltsstufe und Exposition beziehungsweise ein Wechselwirkungsterm zwischen Neigung und Exposition.

Anschließend an die Regressionsbeziehung für die Gesamtheit der Probepunkte (195) sind noch jene für das Kollektiv der carbonatfreien sowie für jenes der carbonatbeeinflussten Standorte dargestellt. Diese Trennung wurde bei der anschließenden Bearbeitung der chemischen Analysedaten und der ökologischen Zeigerwerte eingehalten. - Die Mittelwerte der Ertragsklassen der carbonatbeeinflussten und der carbonatfreien Gruppe unterschieden sich nach T-Test bei 1,5% Irrtumswahrscheinlichkeit signifikant voneinander (EKL=7,6 gegenüber 9,2). Es sei angemerkt, daß dieser Unterschied nur zu einem geringen Teil durch die im carbonatbeeinflussten Kollektiv enthaltenen (seichtgründigen und trockenen) Rendsinen verursacht wurde.

Mit Seehöhe, Wasserhaushaltsstufe sowie dem Wechselwirkungsterm zwischen Neigung und Exposition konnten bei den carbonatbeeinflussten Punkten 50% der Varianz der Ertragsklasse erklärt werden.

Die für das Gesamtkollektiv (n=195) gerechnete Regressionsfunktion enthält zusätzlich noch den Parameter Gründigkeit und ergab einen Anteil an erklärter Varianz von 37%. Die Ausgleichsfunktion für die nicht carbonatbeeinflussten Probeflächen beinhaltet statt dessen gesondert den Neigungsterm. Mit der Beziehung werden 35% der Varianz erklärt. Maßgeblich für die größere Straffheit der Beziehung innerhalb der carbonatbeeinflussten Standorte dürfte der größere Einfluß der Exposition auf die Ertragsklasse sein. So konnte die Einbeziehung des Wechselwirkungsterms zwischen Neigung und Exposition bei den carbonatbeeinflussten Standorten den Anteil der

Abb. 11:

Multiple Regression zwischen allgemeinen Standortparameter und der Ertragsklasse, dargestellt für das Gesamtkollektiv sowie getrennt für die nicht carbonatbeeinflussten und die carbonatbeeinflussten Probepunkte

- Gesamtkollektiv:

$$Y = b^0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_3 + b_3 \cdot X_4 + b_4 \cdot X_2 \cdot X_{20} \quad (R^2=0,373)$$

- Koeffizienten:

$$b^0=8,124 \quad b_1=-0,005 \quad b_2=0,481 \quad b_3=1,040 \quad b_4=0,019$$

- Nicht carbonatbeeinflusste Punkte:

$$Y = b^0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_4 + b_3 \cdot X_2 \cdot X_{20} \quad (R^2=0,349)$$

Koeffizienten:

$$b^0=11,402 \quad b_1=-0,005 \quad b_2=0,788 \quad b_3=0,014$$

- Carbonatbeeinflusste Punkte:

$$Y = b^0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_4 + b_3 \cdot X_2 \cdot X_{20} \quad (R^2=0,501)$$

Koeffizienten:

$$b^0=7,859 \quad b_1=-0,007 \quad b_2=1,943 \quad b_3=0,027$$

Variable:

Y = Ertragsklasse des Probepunktes

X₁ = Seehöhe des Probepunkte [m]

X₂ = (Hang)Neigung [%]

X₃ = Gründigkeitsstufe

X₄ = Wasserhaushaltsstufe

X₂₀ = cos (Azimut-45°)

erklärten Varianz der Ertragsklasse um 7% verbessern, bei den carbonatfreien nur um 1%. Der verstärkte Expositionseinfluß dürfte mit der im Durchschnitt angespannteren Wasserversorgungssituation auf Kalkstandorten korrespondieren.

3.2 Im Labor bestimmte chemische Kenngrößen

Einzelparameter

Das austauschbare Kalium war auf den carbonatbeeinflussten Probeflächen für die Bonität der relativ beste chemische Erklärungsparameter ($R^2=0,199$ für die Tiefenstufe 10-20 cm, $R^2=0,102$ für die Tiefenstufe 0-10 cm). Die Beziehungen anderer chemischer Einzelparameter mit der Ertragsklasse der Standorte waren zwar teilweise statistisch abgesichert, jedoch konnten sie die vorhandenen Unterschiede in der Ertragsklasse nur zu einem geringen Teil erklären. Aus diesem Grunde wurde auf eine Darstellung weiterer Einzelergebnisse verzichtet.

Beziehungen zwischen mehreren chemischen Parametern und der Ertragsklasse

Für die Gruppe der nicht carbonatbeeinflussten sowie der carbonatbeeinflussten Probepunkte sind die ermittelten multiplen (linearen) Regressionsbeziehungen in Abbildung 12 dargestellt (SYSTAT: Statistics, 1992; 'Stepwise Regression - forward').

<p>Abb. 12: Ergebnis von multiplen linearen Regressionsberechnungen zwischen chemischen Analyseparametern aus der Tiefenstufe 0-10 cm und der Ertragsklasse getrennt für Standorte mit und ohne Carbonatbeeinflussung</p>	
<p>Nicht carbonatbeeinflusste Punkte: $Y = b_0 + b_1 \cdot X_6 + b_2 \cdot X_7 + b_3 \cdot X_{10} + b_4 \cdot X_{11} + b_5 \cdot X_{13} + b_6 \cdot X_{15}$ $R^2 = 0,211$</p>	
<p>Koeffizienten: $b_0 = 24,84$ $b_1 = -3,97$ $b_2 = -0,34$ $b_3 = 0,20$ $b_4 = 0,95$ $b_5 = -2,75$ $b_6 = -1,98$</p>	
<p>Carbonatbeeinflusste Punkte: $Y = b_0 + b_1 \cdot X_9 + b_2 \cdot X_{12}$ $R^2 = 0,163$</p>	
<p>Koeffizienten: $b_0 = 7,38$ $b_1 = -12,87$ $b_2 = 10,25$</p>	
<p>Variable: Y = Ertragsklasse des Bestandes X_6 = pH-Wert, gemessen in CaCl_2 X_7 = Kohlenstoffgehalt [%] X_9 = Gesamtgehalt an P_2O_5 [%] X_{10} = Kationen-Austauschkapazität [mmol IEq/100g] X_{11} = austauschbares Magnesium [mmol IEq/100g] X_{12} = Gehalt an austauschbarem Kalium [mmol IEq/100g] X_{13} = austauschbares Eisen [mmol IEq/100g] X_{15} = austauschbar gebundene H^+-Ionen [mmol IEq/100g]</p>	

Durch die chemischen Parameter im obersten Mineralbodenhorizont wurden nur 21% bzw. 16% (carbonatbeeinflusste Probepunkte) der Varianz der Ertragsklassen erklärt. Bei Verwendung des austauschbaren Kaliums in der Tiefenstufe 10-20 cm waren es bei der carbonatbeeinflussten Gruppe knapp 24%. Die ausgewählten Parameter waren für die nach Carbonatgehalt differenzierten Standortgruppen unterschiedlich.

Kalium wurde in die Regression für die carbonatbeeinflussten Standorte aufgenommen, da es hier, gegenüber den nicht carbonatbeeinflussten Probepunkten, am ehesten eine limitierende Stellung einnimmt. Auf diesen Standorten kommt der Kalium-Calzium-Antagonismus des Pflanzenstoffwechsels voll zum Tra-

gen. Dabei muß dem reichlich angebotenen und aufgenommenen Calcium, das entquellend wirkt, durch die Aufnahme des quellungsfördernden Kalium entgegengewirkt werden. Zudem ist das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung hier im Durchschnitt kaliumärmer (MUTSCH, 1992; KILIAN, 1992). Eine zusätzliche Begrenzung stellt noch die bei den durchwegs höheren pH-Werten der carbonatbeeinflussten Probepunkte geringere Mobilität des Kaliums dar.

Wie erwähnt, konnte für die Stichprobe der carbonatbeeinflussten Probeflächen der Gehalt an austauschbarem Kalium im obersten Mineralboden (0-10 cm) in einer linearen Regression etwa 10% der Unterschiede in den Ertragsklassen erklären, in der Tiefenstufe 10-20 cm etwa 20%.

Durch die Verwendung des Parameters: 'Gehalt an Gesamt-Phosphor (Tiefenstufe 0-10 cm)' in einer linearen Ausgleichsfunktion konnte die Varianz der Ertragsklassen nur um etwa 5% vermindert werden. Phosphor ist ein essentieller Pflanzennährstoff, der im Boden in anorganischer oder organischer Bindung vorliegen kann. Der Anteil an unlöslichen Phosphaten, die Pflanzen und Mikroorganismen nicht direkt zugänglich sind, liegt allgemein bei 95-99% der gesamten Phosphatmenge im Boden. Nach REJSEK (1991) liegt ein Unterschied zwischen 'sauren' und 'basischen' Böden darin, daß bei letzteren die Menge an Apatit, der hier den größten Phosphor-Pool darstellt, und die Konzentration von Phosphat in der Gleichgewichts-Bodenlösung unabhängig voneinander sind. Bei sauren Böden hingegen korrespondieren die Phosphatkonzentration in der Bodenlösung und die Menge des im Boden absorbiertem Phosphors miteinander.

Der Koeffizient für den P_2O_5 -Gehalt in der Gleichung für die carbonatbeeinflusste Stichprobe ist negativ. Dies ergab sich auch bei der Verrechnung der Daten aus der Auflage sowie aus der Tiefenstufe 10-20 cm. Ein indirekter 'negativer' Zusammenhang des Phosphorgehaltes der carbonatbeeinflussten Böden und der Wuchsleistung über den hohen organischen Anteil der Rendsinen ließ sich nicht feststellen. Vielmehr wurde der 'negative' Trend vor allem durch einige Braunlehme geprägt, bei denen der hohe P-Gehalt durch den großen Tonanteil bedingt ist und die durchwegs in großer Seehöhe liegen.

Im Gegensatz zu den carbonatfreien Flächen liefert die Kationen-Austauschkapazität (KAK) auf den carbonatbeeinflussten Standorten keine Information über die dort erhobene Bestandesbonität. Die KAK liegt bei den carbonatbeeinflussten Böden allgemein deutlich über jener der carbonatfreien. Sie ist gerade

im (humosen) Oberboden von geringwüchsigen Rendsina-Standorten am größten, was auf die Sorptionskapazität der hier vorhandenen Humusstoffe zurückzuführen ist (KILIAN, 1992). Sehr hohe KAK bedeutet bei den carbonatbeeinflussten Punkten also keinen Vorteil in den Wachstums Voraussetzungen, sondern weist als Spezifikum des Bodentyps Rendsina indirekt auf schlechtere Wuchsbedingungen hin.

Die Rolle von pH, H⁺-Ionen- und Mg-Gehalt in der Regressionsfunktion für die carbonatfreien Standorte ist plausibel. Auf den zur Versauerung neigenden carbonatfreien Standorten ist eine negative Korrelation von pH und H⁺-Ionengehalt mit dem Wachstum ebenso zu erwarten wie ein Minderzuwachs bei geringer Magnesium-Sättigung, da dieses Element dort in geringerer Menge zur Verfügung steht und leicht ausgewaschen wird. Die negative Korrelation des im Boden austauschbar gebundenen Fe mit der Ertragsklasse läßt sich durch allgemein ungünstige Wuchsbedingungen bei hoher Bodenazidität erklären.

Auch für die Gruppe der carbonatfreien Standorte konnten die chemischen Analysewerte aus der Tiefenstufe 10-20 cm die Wuchsleistung etwas besser erklären als jene aus dem obersten Mineralboden-Horizont ($R^2=0,246$ gegen 0,211). Es wurden vom Programm im wesentlichen wieder dieselben Parameter ausgewählt, was für deren Relevanz bezüglich des Wachstums der Bestände spricht.

3.3 Aus den Vegetationsaufnahmen ermittelte ökologische Zeigerwerte

Lichtzahl

Nach ELLENBERG ET AL. (1991) beschreibt die Lichtzahl den Bereich des Vorkommens einer Art im Gefälle der relativen Beleuchtungsstärke. Eine hohe mittlere Lichtzahl eines Standortes bedeutet, daß viel Licht bis auf den Boden bzw. zur Krautschicht dringt und somit auch lichtbedürftige Arten zu gedeihen vermögen. Dabei überlagern sich, neben lokalen Klimafaktoren und möglicher Horizontüberhöhung, der Einfluß der Exposition und jener des Bestockungsgrades bzw. des Kronenschlusses der Baumschicht. Die Baumartenverteilung sollte im vorliegenden Fall aufgrund der Beschränkung auf fichtendominierte Flächen nur eine untergeordnete Rolle spielen.

In Abbildung 13 ist die Bonität über der mittleren Lichtzahl der Probestflächen aufgetragen. Mit steigender Lichtzahl und somit steigendem Lichtgenuß für die Krautschicht nimmt die durchschnittliche Ertragsklasse der Probestflächen ab.

Abb. 13: Mittlere Ertragsklasse über der mittleren gewichteten Lichtzahl der Probestflächen

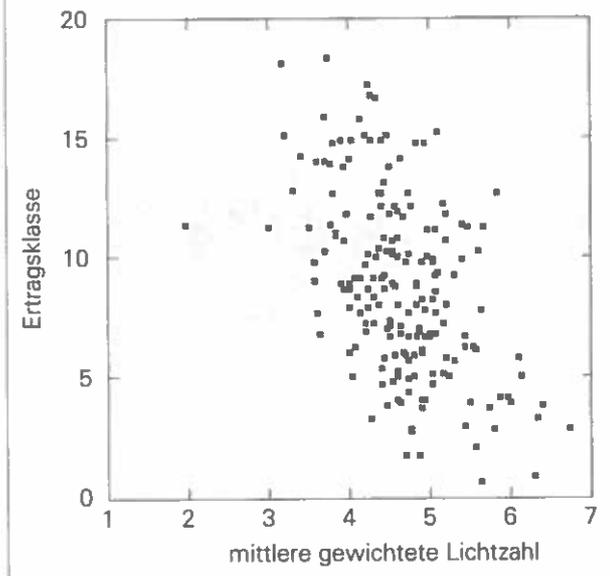


Abbildung 14a zeigt, in Abhängigkeit von der Exposition, die ermittelte Bonität sowie die mittlere Lichtzahl der Standorte. Um ein einheitliches Skalenniveau zu erhalten, wurde dabei die Lichtzahl mit dem Faktor 2 multipliziert.

Abb. 14a: Mittlere Ertragsklasse und mittlere gewichtete Lichtzahl der Standorte in Abhängigkeit von der Exposition

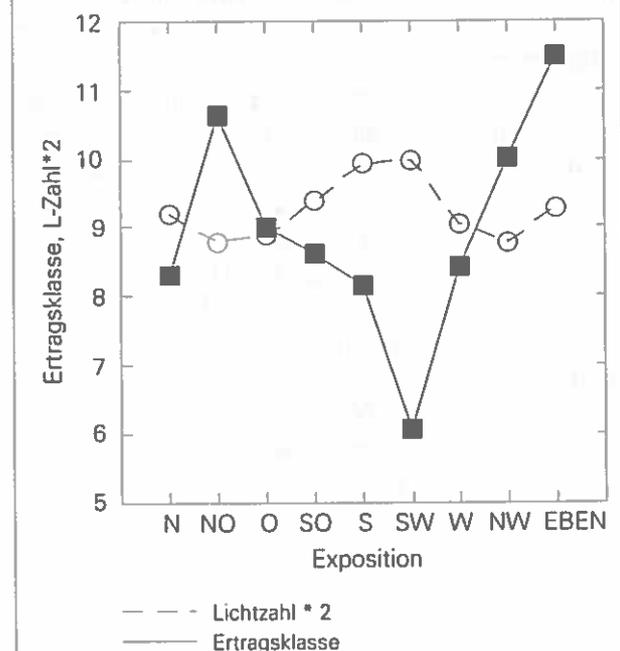
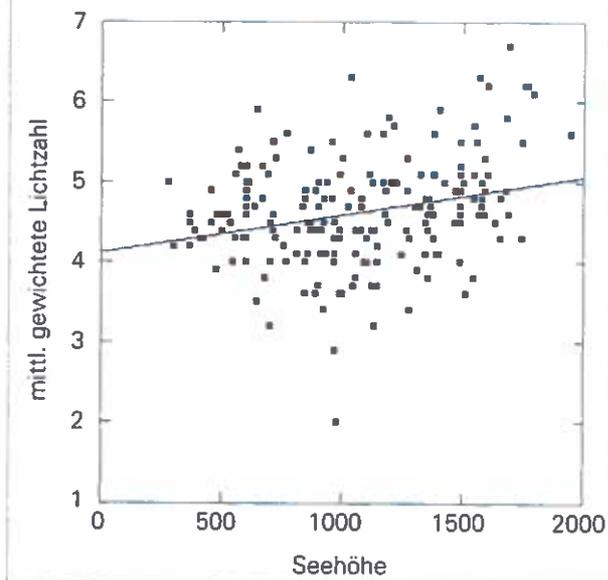


Abb. 14b:
Mittlere gewichtete Lichtzahl in Abhängigkeit von der Seehöhe



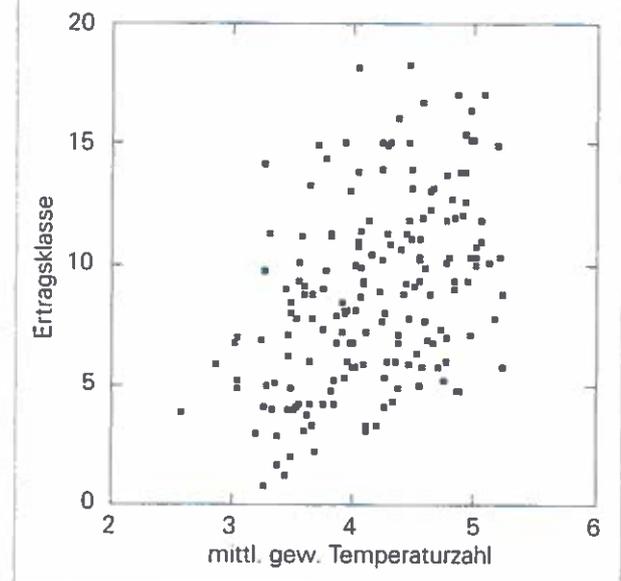
Die Abhängigkeit der Lichtzahl von der Hangrichtung wird deutlich. Die Ertragsklasse nimmt, wie gezeigt, von NO nach SW stark ab (siehe Abbildung 8), die Lichtzahl steigt. Im NW wird von beiden Parametern etwa wieder das Ausgangsniveau erreicht. Die beiden Gruppen niedrigster Ertragsklasse weisen gleichzeitig die höchste mittlere Lichtzahl auf.

Der vermehrte Licht- und somit Wärmegenuß dürfte hier zwar über den Umweg des Wasserhaushaltes der generell limitierende Wachstumsparameter sein. Die Unterschiede in der Lichtzahl werden jedoch in hohem Maße von der Wuchskraft des Bestandes und seinem Kronenschluß gesteuert bzw. in diesem Falle verstärkt.

Wie in Abbildung 14b illustriert, ist auch eine deutliche Zunahme der mittleren gewichteten Lichtzahlen mit der Seehöhe festzustellen. Die Ertragsklassen nehmen, wie gezeigt, mit steigender Meereshöhe ab. Eine lineare Regression zwischen Seehöhe und mittlerer Lichtzahl ist hoch gesichert (Irrtumswahrscheinlichkeit $< 0,1\%$). Hier ist die Lichtzahl wieder als Ausdruck geringeren Kronenschlusses bzw. Bestandeswachstums zu werten.

Somit ist die Lichtzahl ein Indikator für das Bestandeswachstum und keine 'unabhängige' Variable im eigentlichen Sinn. Aus diesem Grund wird dieser Pa-

Abb. 15:
Ertragsklasse in Abhängigkeit von der mittleren gewichteten Temperaturzahl



rameter bei den anschließenden Regressionsbeziehungen nicht weiter berücksichtigt.

Temperaturzahl

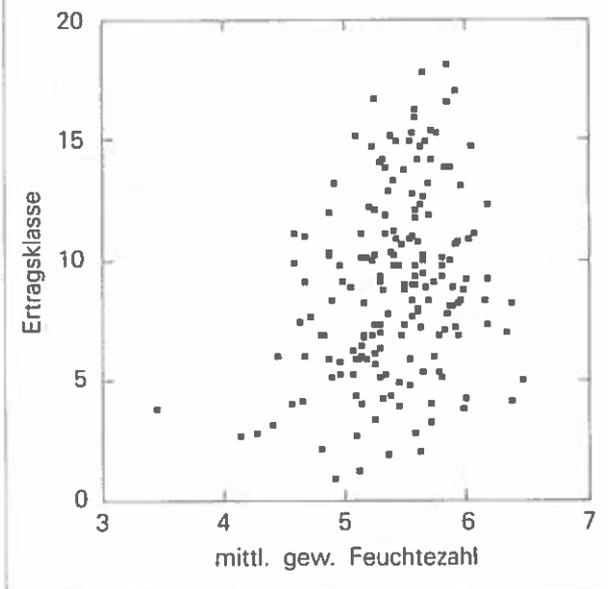
Die Temperaturzahl beruht vornehmlich auf arealgeographischen Grundlagen (ELLENBERG ET AL. 1991). Sie stellt ein Maß für die Wärmebedürftigkeit der Pflanzen dar. In Abbildung 15 ist die Bonität der untersuchten Standorte über ihrer mittleren gewichteten Temperaturzahl aufgetragen.

Die berechnete Regressionsgerade wies ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,222 auf. Bezüglich der carbonatbeeinflussten Punkte konnte eine Regressionsgerade 35,7% der Varianz erklären. Dies stellt die straffste Beziehung eines Einzelparameters mit der Ertragsklasse der untersuchten Probeflächen dar.

Feuchtezahl

Die Feuchtezahl als 'am besten gesicherter Zeigerwert' charakterisiert das durchschnittliche ökologische Verhalten der Arten gegenüber der Bodenfeuchtigkeit bzw. dem Wasser als Lebensmedium (ELLENBERG ET AL., 1991). Unterschiede in der Wuchsleistung der im Rahmen der vorliegenden Arbeit untersuchten Standorte konnte die Feuchtezahl nicht erklären (Abbildung 16).

Abb. 16:
Ertragsklasse in Abhängigkeit von der mittleren gewichteten Feuchtezahl



Reaktionszahl

Die Reaktionszahl, nach ELLENBERG ET AL. (1991) ein relativ gut gesicherter Parameter, beschreibt das Schwergewicht des Vorkommens der Pflanzenarten in Abhängigkeit von der Bodenreaktion.

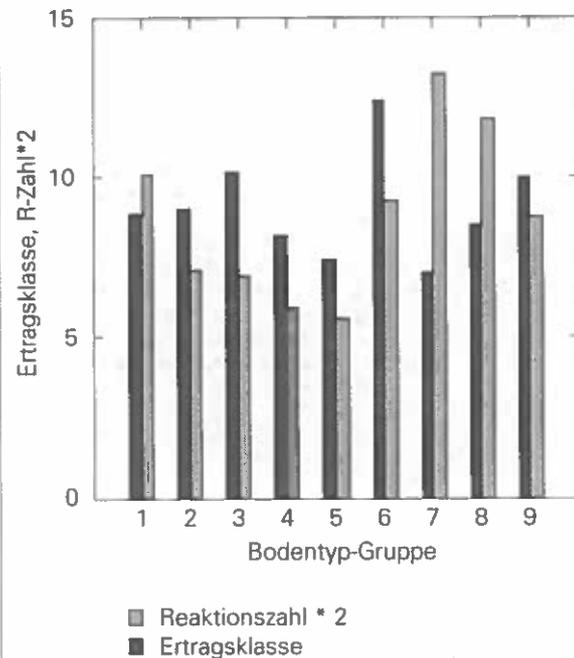
Eine Regressionsgerade mit der Ertragsklasse als abhängiger Variable wies bei den carbonatfreien Punkten ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,21 auf. Erwartungsgemäß ergab sich auf den carbonatbeeinflussten Standorten kein Zusammenhang der mittleren gewichteten Reaktionszahl mit der Ertragsklasse ($R^2=0,003$). Auf diesen Standorten sind die pH-Verhältnisse des Bodens nicht für eine Begrenzung des Baumwachstums verantwortlich.

In Abbildung 17 sind die Reaktionszahlen zur Angleichung an den Maßstab der Ertragsklassen mit dem Faktor 2 multipliziert dargestellt. Es ist augenscheinlich, daß gerade die höchsten mittleren Reaktionszahlen auf Rendsina-Standorten zu finden sind. Diese weisen gleichzeitig die geringsten Ertragsklassen auf, da hier oft neben bzw. wegen der Flachgründigkeit Trockenheit und Nährstoffarmut limitierend wirken. Für die carbonatfreien Standorte ergab eine lineare Regression zwischen Ertragsklasse und logarithmierter mittlerer (gewichteter) Reaktionszahl das gleiche Bestimmtheitsmaß ($B=0,21$) wie bei Verwendung des nicht logarithmierten Parameters.

Stickstoffzahl:

Die Stickstoffzahl einer Pflanzenart beschreibt den Schwerpunkt ihres Vorkommens in Abhängigkeit von

Abb. 17:
Mittlere Ertragsklasse und mittlere gewichtete Reaktionszahl in Abhängigkeit vom Bodentyp der Standorte



Zu Abbildung 17:

Codes der Bodentyp-Gruppen (Anzahl der Probeflächen); die Beschreibung der Bodentypen findet sich bei ENGLISCH (1992).

- 1 arme Braunerden (n=40)
- 2 reiche Braunerden (n=17)
- 3 Lockersediment-Braunerden (n=9)
- 4 Semipodssole (n=45)
- 5 Podsole (n=12)
- 6 (Pseudo-)Gleye (n=20)
- 7 Rendsinen inkl. Übergänge zum Braunlehm (n=27)
- 8 Braunlehme (n=20)
- 9 Sonstige (n=5)

der Verfügbarkeit mineralischen Stickstoffs. Sie kann aber auch als Nährstoffzahl betrachtet werden, in der die Intensität des Abbaus der organischen Substanz und die damit einhergehenden Ernährungsbedingungen zum Ausdruck kommen (ELLENBERG ET AL. 1991). In Abbildung 18 sind die Ertragsklassen der untersuchten Bestände in Abhängigkeit von der mittleren gewichteten Stickstoffzahl dargestellt.

Nach Abbildung 18 ergibt sich eine (lockere) positive Beziehung, also im Durchschnitt eine höhere Bonität auf Standorten mit hoher gegenüber solchen mit niedriger mittlerer Stickstoffzahl. Die carbonatbeeinflussten Punkte weisen durchschnittlich, bei entsprechender Ertragsklasse, höhere Stickstoffzahlen als die carbonatfreien auf. Die Stickstoffzahl ist hier, im oben erwähnten Sinn, auch als allgemeiner Weiser für die Nährstoffumsetzungstendenz und die allgemeinen Ernährungsbedingungen in den aufgeschlossenen und durchwurzelten Horizonten aufzufassen.

Abb. 18:
Ertragsklasse der Probepunkte in Abhängigkeit von der mittleren gewichteten Stickstoffzahl - unterschieden nach Carbonatbeeinflussung

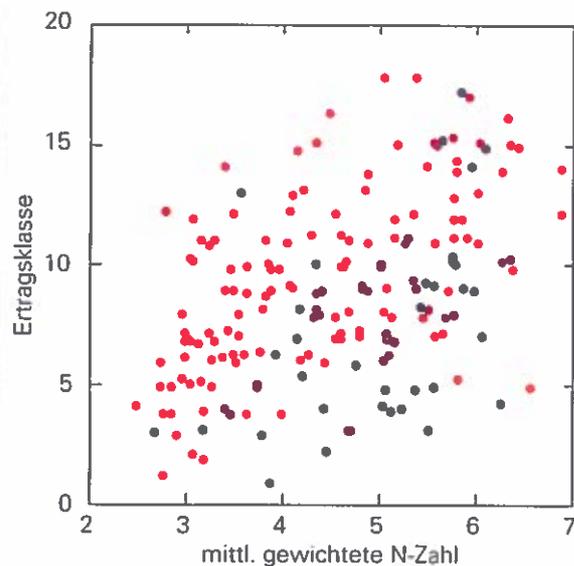
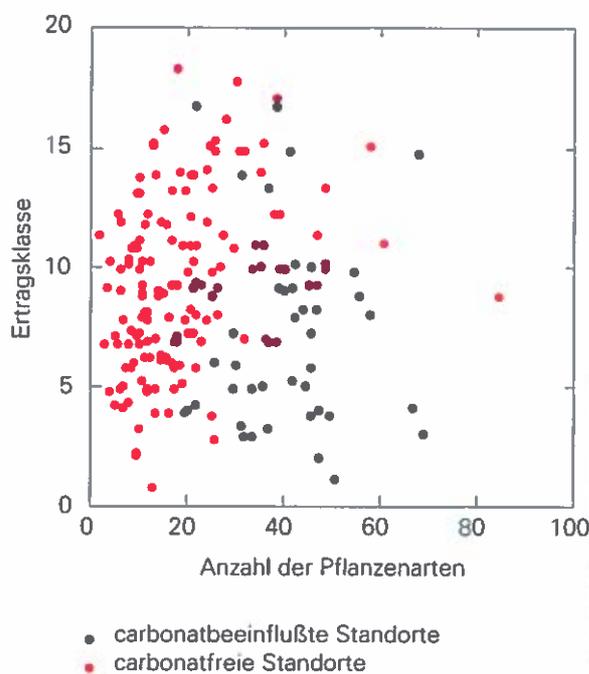


Abb. 19:
Ertragsklasse in Abhängigkeit von der Anzahl der auf dem Standort vorkommenden unterschiedlichen Pflanzenarten



Die anfallenden organischen Reste werden auf Kalkstandorten bei milden Humusformen rasch abgebaut. Die rasche Mineralisation der Auflage kommt aber primär der anspruchsvollen Artengarnitur ('kalkholde

Arten') der Krautschicht zugute, die in den oberen hochaktiven Horizonten wurzelt und bedeutet im Vergleich zu den carbonatfreien Standorten nicht in gleichem Maße günstige Wuchsbedingungen für den Baumbestand.

Ein carbonatbeeinflusster Ausreißer mit niedriger N-Zahl (3,6) und unverhältnismäßig hoher Ertragsklasse (13) fand plausible Begründungen. Hier wies das Erhebungsblatt künstliche Entwässerung und Wegnähe aus, was in einer Störung der krautigen Vegetation zum Ausdruck kommen könnte.

Zwei der drei carbonatfreien Punkte mit hoher Stickstoffzahl und unverhältnismäßig geringer Bonität lagen in einer Seehöhe von 1500 m und darüber, womit die geringe Ertragsklasse erklärt werden kann. Der dritte mit einer mittleren gewichteten Stickstoffzahl von 6,5 und der Ertragsklasse 5,0 lag allerdings in 700 m Seehöhe. Die übrigen chemischen und standortkundlichen Parameter waren unauffällig. Hier wurde jedoch Waldweide konstatiert. Ein dadurch hervorgerufener negativer Effekt auf das Baumwachstum über Bodenverdichtung und Verletzung von Feinwurzeln liegt nahe.

Anzahl der Pflanzenarten

Je weniger Einflußgrößen als Extreme bzw. Minima auftreten, umso mehr Pflanzenarten haben, zumindest potentiell, die Möglichkeit zu gedeihen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß auf sauren und degradierten Standorten meist nur wenige Arten vorkommen, auf kalkhaltigen hingegen eine große Artenzahl in der Krautschicht die Regel ist. Dies kommt in Abbildung 19 auch recht deutlich zum Ausdruck.

Bei den - gegenüber Kalkstandorten - von Natur aus artenärmeren carbonatfreien Standorten konnte eine Regressionsgerade 11% der Varianz der Ertragsklassen erklären. Für die stets artenreichen carbonatbeeinflussten Standorte brachte diese Beziehung keine Erklärung für Unterschiede in der Wuchsleistung.

Beziehungen zwischen mehreren ökologischen Zeigerwerten und der Ertragsklasse

In Abbildung 20 sind die Ergebnisse von schrittweisen linearen Regressionsberechnungen (SYSTAT: Statistics, 1992; Stepwise Regression) zwischen Bonität und ökologischen Zeigerwerten, neben der Gesamtstichprobe wieder getrennt nach Carbonatgehalt der Bodenproben, dargestellt. Als unabhängige Variable standen zur Verfügung: Temperatur-, Feuchte-, Reaktions- und Stickstoffzahl sowie die Artenzahl in der Krautschicht der Probeflächen.

Abb. 20:

Regressionsbeziehungen zwischen gewichteten ökologischen Zeigerwerten der Krautschicht und der mittleren Ertragsklasse der Standorte

Gesamtkollektiv:
 $Y = b_0 + b_1 \cdot X_{16} + b_2 \cdot X_{17} + b_3 \cdot X_{18}$ $R^2=0,345$

Koeffizienten:
 $b_0 = -4,175$ $b_1 = 2,138$ $b_2 = -0,907$ $b_3 = 1,772$

Nicht carbonatbeeinflusste Punkte:
 $Y = b_0 + b_1 \cdot X_{16} + b_2 \cdot X_{18}$ $R^2=0,353$

Koeffizienten:
 27. Nov. 1995 Mon 10.08
 $b_0 = -3,521$ $b_1 = 1,714$ $b_2 = 1,319$

Carbonatbeeinflusste Punkte:
 $Y = b_0 + b_1 \cdot X_{16} + b_2 \cdot X_{18}$ $R^2=0,459$

Koeffizienten:
 $b_0 = -15,107$ $b_1 = 3,520$ $b_2 = 1,455$

Variable:
 Y = Ertragsklasse des Bestandes
 X_{16} = mittlere gewichtete Temperaturzahl
 X_{17} = mittlere gewichtete Reaktionszahl
 X_{18} = mittlere gewichtete Stickstoffzahl

Die Lichtzahl wurde hier aus den genannten Gründen (Baumwachstum und möglicher Lichteinfall sind korreliert) nicht mehr berücksichtigt. Die Anteile an erklärter Varianz der Ertragsklasse bewegten sich bei der Verwendung der Zeigerwerte etwa im Rahmen der Regressionsbeziehungen, die unter Verwendung allgemeiner Standorts- und Lageparameter aufgestellt wurden. Der Parameter 'Seehöhe', der dort den maßgeblichen Einfluß auf die Varianzreduktion ausübte, wurde hier durch die mittlere Temperaturzahl ersetzt.

Die mittlere Feuchtezahl sowie die Artenzahl fanden keinen Eingang in die Regressionsbeziehungen, Temperatur- und Stickstoffzahl hingegen waren in den Gleichungen aller drei Kollektive vertreten. Die Reaktionszahl ist nur in der Beziehung für das Gesamtkollektiv enthalten, obwohl nur für das carbonatfreie Kollektiv mit einer engeren Korrelation zwischen Bonität und Reaktionszahl gerechnet werden kann.

Allgemein waren die Beziehungen zwischen den Zeigerwerten und der Wuchsleistung bei Verwendung der mit dem jeweiligen Deckungswert der Arten gewichteten Mittel straffer als bei Verrechnung der ungewichteten Standorts-Mittelwerte.

3.4 Regressionsbeziehungen bei Verwendung aller vorliegenden Parameter

In Abbildung 21 sind multiple lineare Regressionsbeziehungen wieder als Ergebnis eines schrittweisen Verfahrens (SYSTAT: STATISTICS, 1992; Stepwise Regression) dargestellt.

Abb. 21:

Multiple lineare Regressionsbeziehungen zwischen der Ertragsklasse und allen untersuchten Parametern - dargestellt für die Gruppe der carbonatfreien sowie für jene der carbonatbeeinflussten Standorte

Nicht carbonatbeeinflusste Punkte:
 $Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_4 + b_3 \cdot X_8 + b_4 \cdot X_{12} + b_5 \cdot X_{14} + b_6 \cdot X_{17} + b_7 \cdot X_{18}$ $R^2=0,500$

Koeffizienten:
 $b_0 = 4,303$ $b_1 = -0,004$ $b_2 = 0,555$ $b_3 = -0,391$
 $b_4 = 0,241$ $b_5 = 0,021$ $b_6 = 0,382$ $b_7 = 1,021$

Carbonatbeeinflusste Punkte:
 $Y = b_0 + b_1 \cdot X_4 + b_2 \cdot X_8 + b_3 \cdot X_{16} + b_4 \cdot X_{17} + b_5 \cdot X_2 \cdot X_{20}$ $R^2=0,669$

Koeffizienten:
 $b_0 = -26,451$ $b_1 = 2,233$ $b_2 = -0,335$ $b_3 = 3,987$
 $b_4 = 1,708$ $b_5 = 0,045$

Variable:
 Y = Ertragsklasse des Bestandes

allgemeine Standortsdaten:
 X_1 = Seehöhe der Probefläche
 X_2 = (Hang-)Neigung
 X_4 = Wasserhaushaltsstufe

chemische Kennwerte im Oberboden (0-10 cm):
 X_7 = Kohlenstoffgehalt [%]
 X_8 = Stickstoffgehalt [%]
 X_{12} = Gehalt an austauschbarem K [mmolEq/100g]
 X_{14} = Gehalt an austauschbarem Al [mmolEq/100g]

Zeigerwerte der Pflanzen der Krautschicht:
 X_{16} = mittlere gewichtete Temperaturzahl
 X_{17} = mittlere gewichtete Reaktionszahl
 X_{18} = mittlere gewichtete Stickstoffzahl
 $X_{20} = \cos(a-50^\circ), a, \dots$ Nordwinkel in Neugrad

In die Regressionsbeziehungen (Abbildung 21) gingen auch die chemischen Analyseparameter ein. Deshalb wurde keine Regressionsgleichung für die Gesamtstichprobe aufgestellt.

Eine schlüssige Erklärung dafür, warum im Kollektiv der carbonatbeeinflussten Punkte die Reaktionszahl in die Regressionsbeziehung aufgenommen wur-

de, obwohl dieser Parameter in einer Einzelregression praktisch keine Bedeutung für die Ertragsklasse erkennen ließ (Anteil an der erklärten Varianz dort = 0,5%), kann nicht gegeben werden.

Daß die Regressionskurve ein großes negatives Absolutglied ($b_0 = -26,451$) aufweist und somit 'negative' Ertragsklassen bei sehr geringem Wert der unabhängigen Parameter der Regression möglich sind, deutet an, daß diese Form der Beschreibung des Wuchsverhaltens von Beständen, zumindest in Bezug auf diese heterogene Stichprobe, nur eine grobe Näherung sein kann.

Die enge Korrelation zwischen Seehöhe und mittlerer Temperaturzahl der Probestandorte kommt darin zum Ausdruck, daß diese beiden Parameter nur alternativ verwendet wurden. Die Einflußgröße 'Seehöhe' wird bei den carbonatbeeinflussten Standorten durch die 'mittlere Temperaturzahl' ersetzt (Abbildung 21).

Allgemein kann festgestellt werden, daß die Seehöhe bzw. als 'abgeleitete Größe' die Temperaturzahl als Einzelparameter im Durchschnitt die engste Korrelation mit der Wuchsleistung der untersuchten Flächen zeigten.

Die Einbeziehung der chemischen Analysewerte aus der Tiefenstufe 10-20 cm sowie des Auflagehumus brachte bei den carbonatfreien Standorten zwar eine Vergrößerung des Anteils an erklärter Varianz ($R^2 = 0,606$ gegen 0,500), es wurden jedoch dazu 11 Parameter verrechnet gegenüber den in Abbildung 21 dargestellten 8.

Beim carbonatbeeinflussten Kollektiv konnte durch die Verrechnung der zusätzlichen Informationen aus Auflage und 10-20cm Bodentiefe das Modell nicht weiter verbessert werden.

4. Diskussion und Zusammenfassung

Über das Österreichische Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS) lagen standorts- und bodenkundliche, bodenchemische, sowie vegetationskundliche Daten von mehr als 500 Probestandorten vor. Anhand einer Auswahl von knapp 200 Flächen mit überwiegend Fichten-Bestockung wurden diese Parameter auf ihre Bedeutung für die über Alter und Oberhöhe ermittelte Bonität der Bestände untersucht.

Mittels (multipler) linearer Regressionen, welche allgemeine Standorts- und Lageparameter, chemische Analysewerte des mineralischen Oberbodens und ökologische Zeigerwerte der Krautschichte als unabhängige Variable enthielten, wurde maximal ein An-

teil von 67% der Varianz der Ertragsklasse erklärt (carbonatbeeinflusste Standorte).

Die Bonität der Bestände zeigte sich erwartungsgemäß eng korreliert mit der Seehöhe. Von den ökologischen Zeigerwerten der Krautschichte waren es Temperatur- und Stickstoffzahl, die gute Korrelationen mit dem untersuchten Ertragsparameter aufwiesen. Die aufwendig zu bestimmenden chemischen Analysewerte konnten die unterschiedliche Wuchsleistung der Bestände nur zu einem geringeren Anteil erklären.

Möglicherweise bringt die Bodenchemie bei einer Stratifizierung der Probestandorte, die über die Einteilung in ein carbonatbeeinflusstes und ein carbonatfreies Kollektiv hinausgeht, konkretere Ergebnisse (räumliche Untergliederung, Gruppierung nach Bodentyp). Die Einbeziehung der chemischen Analysen eines tieferliegenden Horizontes (10-20 cm) brachte teilweise leicht verbesserte Korrelationen mit der Ertragsklasse. Viele Parameter liegen möglicherweise in der Tiefenstufe 0-10 cm nicht in für das Baumwachstum limitierenden Extrembereichen, da in diesem Horizont vermehrt Humussubstanzen, organischen Abbauprodukte sowie daraus freigesetzten Nährstoffe vorliegen.

Anhand des Parameters 'Seehöhe' wird ein Problem angeschnitten, das einen großen Teil der behandelten Variablen betrifft: Die Streuung der Ertragsklasse zeigte sich teilweise nicht unabhängig von der Größe des 'Erklärungsparameters', die Regression schätzte die Bonität in Abhängigkeit von der Größe der abhängigen Variablen unterschiedlich gut. Vielfach lag sogar der augenfälligste Effekt eines Erhebungsparameters auf die Ertragsklasse darin, daß unter bzw. über einem bestimmten Schwellenwert ausschließlich (sehr) geringe Bonitäten vorlagen. Das macht die Anwendung von Regressionen problematisch.

Über einen weiten (Mittel-)Bereich ist eine Größe (allein) dann meist nicht limitierend und auch nicht (allein) für gutes Wachstum verantwortlich. So hat sehr geringes Wachstum zwar oft einfache bzw. eindimensionale Ursachen, gute Schätzungen im Bereich mittleren und besseren Wachstums können jedoch nur von sehr viel komplexeren und differenzierteren Erklärungsmodellen erwartet werden.

Ein weiterer möglicher Kritikpunkt an dieser Untersuchung liegt darin, daß die Wuchsleistung über Bonitierung nach Ertragsklassen ermittelt wurde.

Ein gewisser Anteil an der Varianz wurde sicherlich durch die Verwendung von örtlich nicht optimal passenden Ertragstafeln hervorgerufen. Eine Verwendung der Oberhöhenbonität als abhängige Variable wäre eine Alternative, die Varianz vermindern könnte.

Seit einigen Jahren wird überdies deutlich, daß die in Österreich verwendeten Ertragstabellen nicht (mehr) den heutigen Wuchsbedingungen entsprechen und den wirklichen Zuwachs unterschätzen (NEUMANN, 1993, RÖHLE, 1995). Unter anderem könnte eine Düngewirkung von Immissionen (etwa NH_4) und eine allgemeine Aggradation der Böden nach Aufhören früherer unpfleglicher Behandlungsweisen wie Streunutzung, Waldweide, etc. dafür verantwortlich sein. So könnten sich etwa die bodenchemischen Kennwerte schon auf ein anderes Niveau eingestellt haben, das zwar in Beziehung zum laufenden Zuwachs steht, mit der Leistung der Fichte laut Ertragstafel jedoch nur mehr bedingt korreliert ist.

In der zum Thema vorliegenden Literatur sind zum Teil wesentlich engere Beziehungen zwischen der Wuchsleistung von Beständen und Standortparametern zu finden:

In einer finnischen Untersuchung (LIPAS, 1985) wurden anhand von 70 Probeflächen multiple Regressionsbeziehungen zwischen Höhenbonität und Standortparametern errechnet, die ein maximales Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,81 aufwiesen. Dabei wurden die Variablen entweder linear oder logarithmisch verrechnet.

MOOSMAYER und SCHÖPFER (1972) fanden in Baden-Württemberg Funktionen zur Schätzung des Zuwachses, bei denen der Anteil der erklärten Varianz ebenfalls im Bereich von 80% der Gesamtvarianz lag. In diese Funktionen gingen klimatische (z.B. Jahresniederschlag, Jahresmitteltemperatur) und lokale Standortparameter wie Bodentyp, Wasser- und Lufthaushalt ein. Die Autoren verwendeten nichtlineare Polynome sowie Scheinvariable als Zu- oder Abschläge für alternative Merkmale (wie etwa die Zugehörigkeit zu einem bestimmten Bodenserie) als Eingangsgrößen für ihre Schätzfunktion.

In einer 1980 veröffentlichten Arbeit kamen EVERS & MOOSMAYER zu sehr gut angepaßten Regressionsbeziehungen zwischen den C/N-Verhältnissen in der Auflage und der Wuchsleistung. Die Standorte wurden dabei vor der Berechnung der Regression aufgrund ihrer geographischen Lage in regionale Gruppen unterteilt. Die Bestimmtheitsmaße (R^2) der Regressionsgeraden lagen, je nach Region, zwischen 0.55 und 0.80. Ähnlich straffe Beziehungen fanden die Autoren zwischen den C/P-Verhältnissen und dem Wuchsvermögen der Bestände.

HOFMANN (1976) konnte eine multiple Regressionsbeziehung zwischen dem laufenden jährlichen Zuwachs von Buchenbeständen in Thüringen und physikalischen, chemischen und vegetationskundlichen

Parametern aufstellen, die über 80% der Varianz erklärte. Dabei wurden die Parameter wie bei der oben zitierten Untersuchung von EVERS & MOOSMAYER linear angesetzt.

Die hier mit den WBS-Erhebungen vorliegende, aus einem starren Zufallsschema resultierende Stichprobe war für weitere Stratifizierung nur bedingt geeignet. Die große Anzahl an nötig erscheinenden bzw. möglichen und erfolgversprechenden Gliederungskriterien ließ zu gering sowie auch sehr ungleich besetzte Gruppen entstehen, deren Abgrenzung und Verrechnung große Unsicherheiten mit sich gebracht hätte.

Die Verwendung nichtlinearer Terme erschien angesichts begrenzten Stichprobenumfangs problematisch. Es ist teilweise schwierig, auch eine gut angepaßte Kurve dieses Typs zu interpretieren und die Gefahr der Über-Anpassung besteht. Diese Kurve würde dann bei einer anderen Stichprobe derselben Grundgesamtheit möglicherweise nur einen geringen Anteil der Gesamtvarianz erklären. Eine Verwendung solcher Kurven oder Terme höherer Ordnung erscheint nur zielführend, wenn sie aufgrund von vorangehenden theoretischen Überlegungen aufgestellt wurden.

Literaturverzeichnis:

- ELLENBERG, H., 1979: *Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas* (2. Auflage), Scripta Geobot., 9:1-122.
- ELLENBERG, H. ET AL., 1991: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. Scripta Geobot., 18:1-166.
- ENGLISCH, M., 1992: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur, Teil II: Standorts- und Bodenbeschreibung*. Mitt. der Forstl. BVA 168/I:23-43.
- ENGLISCH, M., KARRER G. & WAGNER, H., 1991: *Bericht über den Zustand des Waldbodens in Niederösterreich*. Forstl. BVA und Amt d. NÖ. LReg., Wien.
- ENGLISCH, M., KARRER, G. & MUTSCH, F., 1992: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur, Band I, Teil I: Methodische Grundlagen*. Mitt. der Forstl. BVA 168/I:5-22.
- ENGLISCH, M., KILIAN, W. & MUTSCH, F., 1991: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur - Erste Ergebnisse*. FBVA-Berichte Nr. 48.
- EVERS, F.H. & MOOSMAYER, H.-U., 1980: *Zusammenhänge zwischen Standortseinheiten, Nährstoffverhältnissen des Bodens und Wachstum von Fichtenbeständen im regionalen Vergleich*. Forstwiss. Centralblatt 99(3):137-146.
- HOFMANN, G., 1976: *Modelle der ökofaktorenabhängigen Zuwachsleistung von Waldbeständen - ein prinzipiell neuer Weg zur Erfassung der forstlichen Standorts-Ertragsbeziehungen und zur Aufdeckung natürlicher Produktionsressourcen des Standorts*. Beiträge für die Forstwirtschaft, Heft 1/1976.
- KARRER, G., 1992: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur Teil VII: Vegetationsökologische Analysen*. Mitt. der Forstl. BVA 168/II:193-230.

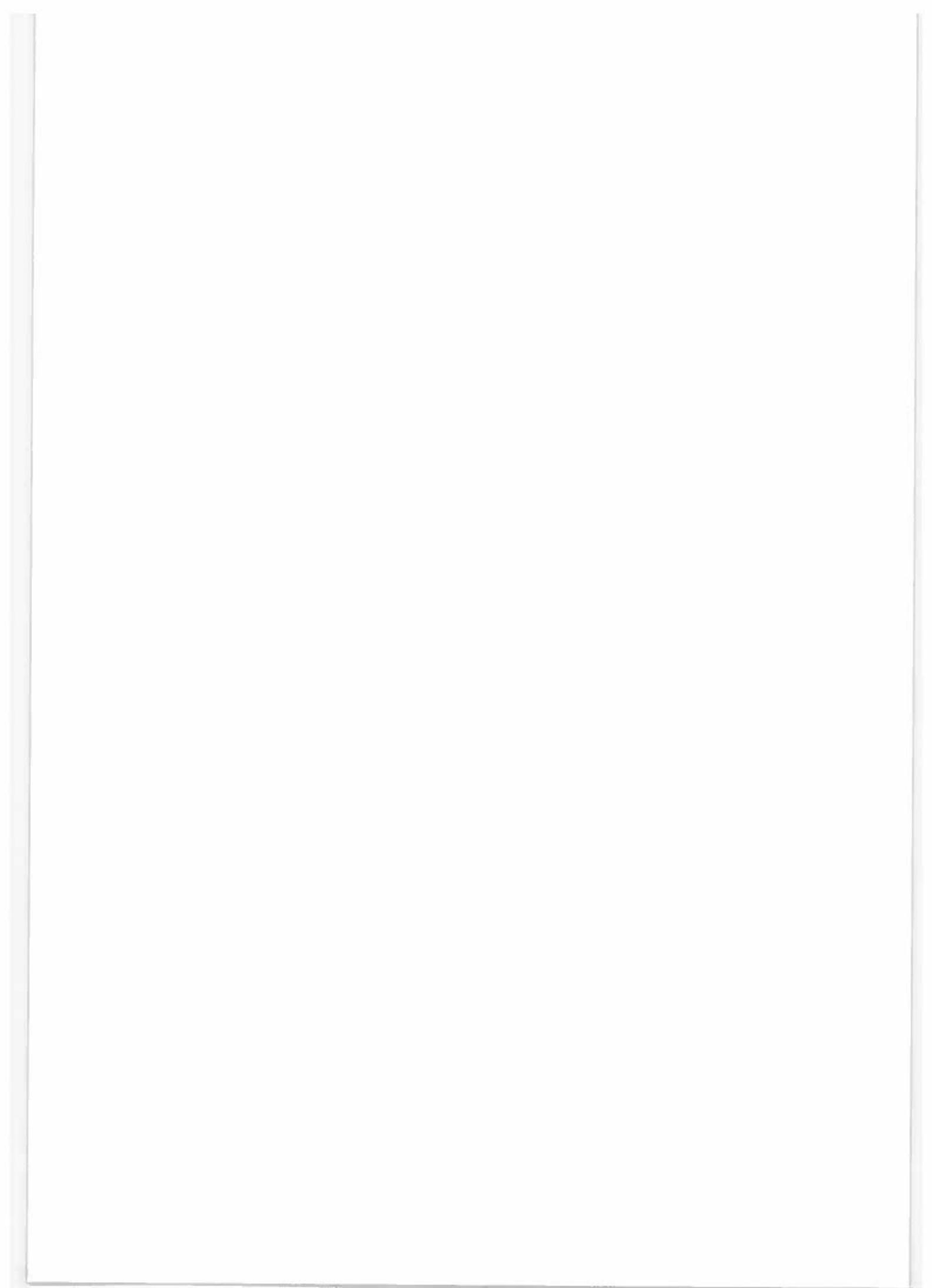
- KILIAN, W., 1992: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur, Teil V: Säure- und Basenhaushalt*. Mitt. der Forstl. BVA 168/I:89-144.
- KILIAN, W. & MAIER, C., 1990: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Anleitung zur Feldarbeit und Probenahme*. Berichte der FBVA (Sonderheft).
- LIPAS, E., 1985: *Assessment of site productivity and fertilizer requirement by means of soil properties*. Folia Forestalia 618.
- MITSCHERLICH, G., 1975: *Wald, Wachstum und Umwelt*, Band 3. Sauerländer's Verlag, Frankfurt/Main.
- MOOSMAYER, H.-U. & SCHÖPFER, W., 1972: *Beziehungen zwischen Standortsfaktoren und Wuchsleistung der Fichte*, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung, 143 (10).
- NEUMANN, M., 1993: *Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen im österreichischen Zentralalpenbereich*, Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 110(4):221-274.
- REJSEK, K., 1991: *Phosphorus in soil. Literature survey*. Acta univ. agric. (Brno), fac. silviculturae, LIX-LX, No. 1-4: 29-36.
- ROHLE, H., 1995: *Zum Wachstum der Fichte auf Hochleistungsstandorten in Südbayern*, Mitteilungen aus der Staatsforstverwaltung Bayerns, 48. Heft, München.
- STAGE, A. R., 1976: *An Expression For the Effect of Aspect, Slope, and Habitat Type on Tree Growth*. Forest Science 22(4):457-460.
- SYSTAT: *Graphics*, Version 5.2 Edition, Evanston, IL: SYSTAT, Inc., 1992. 600S.
- SYSTAT: *Statistics*, Version 5.2 Edition, Evanston, IL: SYSTAT, Inc., 1992. 724S.
- TRIMBLE, G. R., JR. & WEITZMAN, S., 1956: *Site Index Studies of Upland Oaks in the Northern Appalachians*. Forest Science 2: 162-173.

Verfasser: Dipl.-Ing. Edwin Herzberger
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstökologie
Seckendoff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Anhang

Richtung des (linearen) Zusammenhanges (+/-), Anteil der durch den jeweiligen Parameter erklärten Varianz an der Gesamtvarianz der Ertragsklasse, Irrtumswahrscheinlichkeit für die Regressionsgerade (Wahrscheinlichkeit, daß in Wahrheit kein Zusammenhang besteht), dargestellt für die untersuchten Einzelparameter.

Parameter	alle Punkte			carbonatfrei			carbonatbeeinfluß		
	+/-	R ²	I _(Reg)	+/-	R ²	I _(Reg)	+/-	R ²	I _(Reg)
Allgemeine Standorts- und Lageparameter									
Seehöhe	-	27,8	0,000	-	31,4	0,000	-	30,5	0,000
Neigung	-	4,4	0,003	-	3,0	0,038	-	4,0	0,168
Gründigkt.	+	8,4	0,000	+	8,3	0,000	+	1,7	0,374
Wasserhh.	+	6,1	0,000	+	4,5	0,010	+	5,3	0,112
Ökologische Zeigerwerte der Krautschicht									
gew.L-Zahl	-	24,4	0,000	-	21,9	0,000	-	29,2	0,000
gew.T-Zahl	+	20,3	0,000	+	27,7	0,000	+	36,7	0,000
gew.K-Zahl	-	2,9	0,018	-	3,5	0,023	-	3,9	0,176
gew.F-Zahl	+	7,3	0,000	+	5,7	0,006	+	3,1	0,229
gew.R-Zahl	+	0,7	0,241	+	20,8	0,000	+	4,0	0,667
gew.N-Zahl	+	20,4	0,000	+	29,8	0,000	+	22,1	0,001
Artenzahl	+	0,4	0,389	+	10,8	0,000	+	0,0	0,889
Chemische Analysewerte aus der Tiefenstufe 0-10 cm									
pH in CaCl ₂				+	0,1	0,660	+	1,7	0,373
C _{org}				-	8,7	0,000	-	4,4	0,152
N _{ges}				-	7,1	0,001	-	4,1	0,166
KAK				-	2,9	0,725	-	0,7	0,580
P _{ges}				-	0,3	0,486	-	5,1	0,122
K _{aust}				(-)	0,0	0,833	+	10,2	0,027
Ca _{aust}				+	0,5	0,421	-	0,7	0,581
Mg _{aust}				+	1,2	0,189	-	0,3	0,729
Fe _{aust}				-	7,3	0,001	+	0,4	0,683
Mn _{aust}				+	1,7	0,118	+	0,4	0,678
Al _{aust}				-	1,0	0,241	+	0,7	0,578
H ⁺ _{aust}				-	1,1	0,199	+	1,7	0,381
Chemische Analysewerte aus der Tiefenstufe 10-20 cm									
pH in CaCl ₂				(+)	0,0	0,899	-	0,1	0,842
C _{org}				-	12,4	0,000	-	3,0	0,252
N _{ges}				-	8,7	0,000	-	1,7	0,389
KAK				+	0,4	0,477	(+)	0,0	0,992
P _{ges}				-	0,4	0,470	-	2,1	0,340
K _{aust}				+	1,1	0,208	+	19,9	0,002
Ca _{aust}				+	2,8	0,044	(+)	0,0	0,958
Mg _{aust}				+	4,3	0,012	-	0,4	0,690
Fe _{aust}				-	7,9	0,001	+	0,5	0,655
Mn _{aust}				+	0,8	0,286	-	0,2	0,786
Al _{aust}				-	1,8	0,107	+	0,1	0,860
H ⁺ _{aust}				-	0,5	0,382	+	0,3	0,738



Abhängigkeit der Baumernährung vom chemischen Zustand des Bodens

R. JANDEL

Institut für Forstökologie, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Mit den Daten des Österreichischen Waldbeobachtungssystems (WBS) wurde geprüft, ob die Waldernährung, beurteilt anhand der Nährstoffgehalte in den Nadeln der Bäume, von den Elementgehalten im Boden abhängt. Der Datensatz wurde nach geologischen und klimatischen Großeinheiten stratifiziert und mit Methoden der univariaten und multivariaten Statistik analysiert. Es wurde gezeigt, daß die gesuchten Zusammenhänge großteils nicht straff sind, und daß die Vorhersage der Waldernährung allein aus Daten der bodenchemischen Untersuchung nicht sinnvoll ist. Genauere Vorhersagen der Waldernährung sind möglich, wenn weitere Standortinformationen wie Wasserhaushalt, Bodenbiologie und Bestandesstruktur in stochastische Modelle einbezogen werden.

Schlüsselworte: Bodenchemie, Waldernährung, WBS

Abstract. [Influence of the Soil-chemical Condition on the Nutritional Status of Trees] The relationship between the nutrient content of spruce needles and the nutrient content of soils was investigated by statistical analysis of the data of the Austrian Forest Damage Monitoring System. Stratification of data followed a recent eco-region classification, which accounts for regional geological and climatic differences. Only loose connections between plant nutrition and soil chemistry were identified. Appropriate prediction models for the nutrient content of needles need to involve both soil chemical data and variables describing water relations, herbaceous vegetation, and local site position

Keywords: Soil chemistry, forest nutrition, Forest Damage Monitoring System

1. Einleitung

In der forstlichen Praxis wird die Nährstoffversorgung eines Bestandes oft anhand der Daten der chemischen Bodenanalyse beurteilt. Zum einen ist die Probenwerbung bei Böden einfacher als die Ernte von Probeästen aus der Wipfelregion von Bäumen, zum anderen ist die jahreszeitliche Schwankung der Nährstoffgehalte in der Biomasse beträchtlich, während bei bodenchemischen Parametern keine kurzfristigen Schwankungen innerhalb der Vegetationsperiode erwartet werden.

Aus Untersuchungen der Pflanzenernährung (z.B. Abb. 2.18 und 2.19 in Mengel und Kirkby, 1987) kann ausreichend legitimiert werden, daß zwischen der Nährstoffkonzentration im Bodenwasser und der aufgenommenen Nährstoffmenge ein enger Zusammenhang besteht. Weiters kann gezeigt werden, daß die Elementkonzentration im Bodenwasser eine Funktion der Nährstoffmenge im Boden ist, sodaß die Nährstoffgehalte des Bodens als Indikator für die Nährstoffbereitstellung gesehen wird. Hypothetisch ist die Ableitung des Zusammenhanges zwischen Nährstoffgehalten in den Fichtennadeln und der Nährstoffaufnahme des Bestandes.

Die passive Nährstoffaufnahme ist auf Standorten mit geringer Nährstoffverfügbarkeit oft unzureichend, insbesondere da einige Nährstoffe wie Stickstoff und Kalium von den Pflanzen in hohen Mengen benötigt werden. Um den Nährstoffbedarf dennoch decken zu können, haben die Bäume im Zuge der Evolution die Fähigkeit der spezifischen Nährstoffaufnahme entwickelt. Außerdem können Bäume kurzfristige Nährstoffknappheit vermeiden, indem Nährstoffe pflanzenintern aus dem Nährstoffvorrat des Stammes zu den Orten des aktuellen Bedarfes verlagert werden (Bowen and Nambiar, 1984).

Trotz des starken Einflusses physiologischer Prozesse auf die Nährstoffaufnahme wird erwartet, daß der im Boden gespeicherte Nährstoffvorrat die Nährstoffaufnahme stark beeinflusst. Es erscheint vorerst plausibel, daß auf nährstoffreichen Böden gut ernährte Waldbestände stocken, während auf nährstoffarmen Böden die Waldernährung ungünstig ist.

Die experimentelle Erfassung der tatsächlichen Rate der Nährstoffaufnahme durch Pflanzen und der Nährstoffversorgung an einem Standort ist schwierig und bei erwachsenen Bäumen beinahe unmöglich, da die Nährstoffaufnahme, die pflanzeninterne Nährstoffverlagerung und die Nährstoffabgabe (Streufall,

Mineralisierung von Feinwurzeln) eine unterschiedliche saisonale Dynamik haben und nicht zerstörungsfrei gemessen werden können.

Als geeignete Meßgrößen werden für die Nährstoffversorgung von Nadelbäumen die Nährstoffgehalte der Nadeln, das Nadelgewicht und die Nadellänge erachtet. Maßzahlen wie "gesamte Nadelmasse" und "Umsetzungsrate der Nährstoffe" wären bessere Parameter, doch sind diese Daten nur von wenigen Einzeluntersuchungen bekannt.

Ebenso bereitet die operationale Definition der Nährstoffverfügbarkeit im Boden Schwierigkeiten.

Da die eigentlichen Zielgrößen, die im Boden und der Biomasse festgelegten "Nährstoffmengen", nur mit großem Aufwand ermittelt werden können, begnügt man sich in den meisten Fällen mit den indirekt damit zusammenhängenden "Nährstoffgehalten".

Ähnlich liegen die Verhältnisse bei den chemischen Bodendaten: Während die Verfügbarkeit kationischer Nährstoffe (Kalium, Kalzium, Magnesium) im Mineralboden mit der Extraktion austauschbar gebundener Kationen vermutlich hinreichend genau erfaßt wird, ist für den wichtigsten Nährstoff, den Stickstoff, keine vergleichbare Labormethode verfügbar. Die Quantifizierung der Nährstoffnachlieferung aus dem Auflagehumus ist nicht Teil der chemischen Standard-Bodenuntersuchung. Anstelle der eigentlichen Zielgrößen der Untersuchung (Baumernährung bzw. Nährstoffverfügbarkeit) werden somit experimentell zugängliche Ersatzfaktoren analysiert.

In der vorliegenden Arbeit wurde geprüft, (i) welche Abhängigkeit zwischen Parametern der Bodenchemie und Parametern der Nadelchemie und -morphologie besteht, (ii) welche Abhängigkeit dabei von der Wuchsregion besteht, und (iii) ob die Nährstoffgehalte der Nadeln aus bodenchemischen Daten zufriedenstellend geschätzt werden können.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde der Einfluß von Wasserhaushalt, Klima und Geologie insofern berücksichtigt, als das Datenmaterial nach Wuchsregionen stratifiziert wurde.

2. Methoden und Datenquellen

Für die statistische Bearbeitung stand das Datenmaterial des Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS) zur Verfügung. Die bodenchemischen Daten stammen von der Ersterhebung (1989 und 1990), die nadelchemischen Daten von der Erhebung 1989. Details der Pro-

benwerbung und Probenaufbereitung wurden bereits publiziert (Englisch et al., 1992, Fürst, 1992). In die Untersuchung wurden jene Punkte des WBS-Punktrasters einbezogen, für die ein vollständiger Satz chemischer Bodendaten existiert und die Nadeln von Koniferen chemisch analysiert wurden. Innerhalb der Nadelbäume wurde bei den Nährstoffgehalten der Nadeln keine Unterscheidung getroffen. Da im Rahmen des WBS getrachtet wurde, ungeachtet der tatsächlichen Häufigkeit der Baumarten von möglichst vielen Standorten Nadelproben von Fichten zu werben, kann aus der Existenz von Nadeln von Fichten nicht darauf geschlossen werden, daß der Bestand tatsächlich von Fichten dominiert ist.

Die folgenden Daten wurden verwendet:

Nadeln: Gehalte an N, P, K, Ca, Mg, S
(Fichte, Tanne, Kiefer);
100 Nadelgewicht (nur Fichte), mittlere Nadel-
länge (nur Fichte)

Boden:

Auflagehumus: Gehalte an C, N, P, S, K, Ca, Mg; pH
Oberboden (0-10 cm):

Gesamtgehalte an C, N, P, K, Ca, Mg;
Gehalte an austauschbar gebundenem
K, Ca, Mg;
pH, Kationenaustauschkapazität (KAK),
Basensättigung (BS)

Unterboden (10-20 cm):

Gesamtgehalte an C, N, P, K, Ca, Mg;
Gehalte an austauschbar gebundenem
K, Ca, Mg; pH, KAK, BS

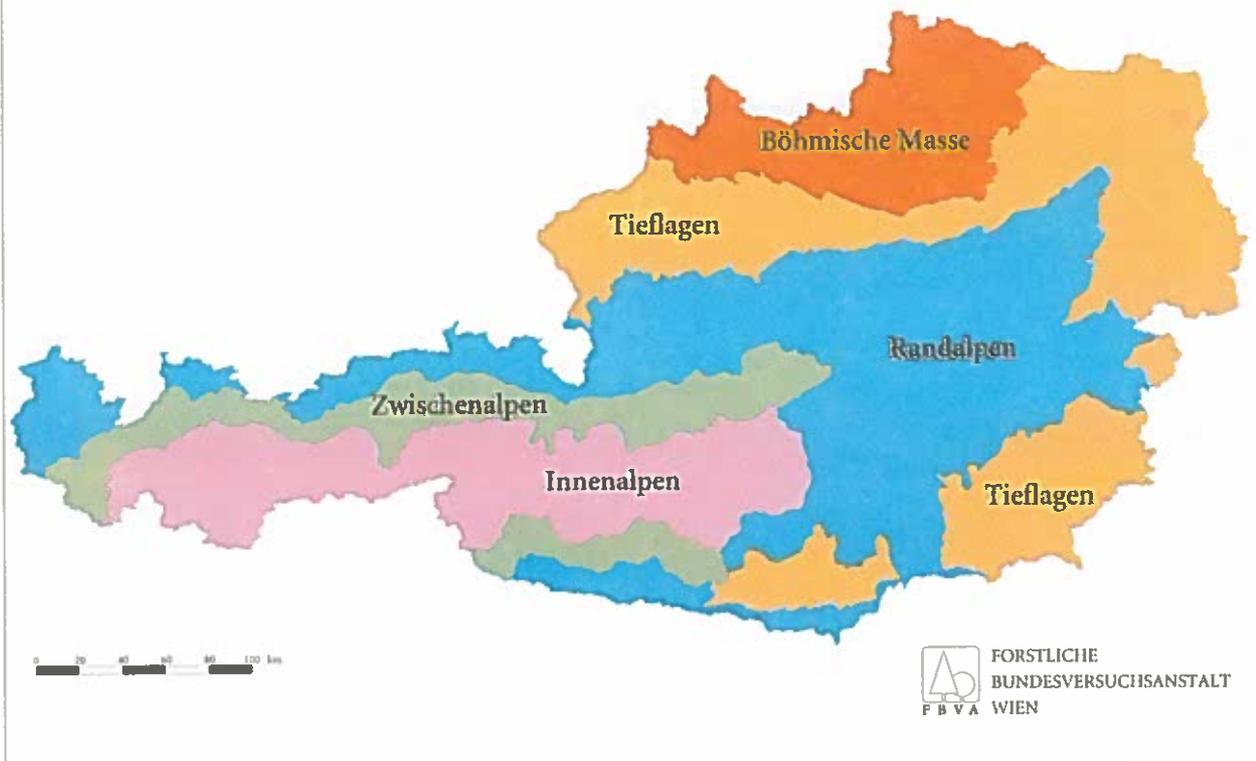
Voruntersuchungen haben gezeigt, daß die Einbeziehung weiterer Bodenhorizonte (20 bis maximal 80 cm) das Ergebnis nicht verändert.

Der Datensatz wurde nach der neuen Wuchsraumgliederung (KILIAN et al., 1994) stratifiziert. Um in den einzelnen Gruppen für die statistische Bearbeitung ausreichende Besetzungen zu erhalten, wurde die Wuchsraumgliederung zu "Wuchsregionen" stark vereinfacht.

Die Stratifizierung enthält die Gliederung von Silikat- und Karbonatstandorten und eine Untergliederung der Silikatstandorte.

Als statistische Analysen wurden multiple Mittelwertvergleiche nach SNK (Snedecor and Cochran, 1987), lineare und multiple schrittweise Regressionen und kanonische Korrelationen (McGrigal and Stafford, 1992) gerechnet. Die Berechnungen wurden mit dem Software-Paket SAS durchgeführt (SAS Institute, 1992).

Abb. 1:
Gliederung Österreichs nach Wuchsregionen



3. Ergebnisse

3.1 Deskriptive Statistik

Für die Nährstoffgehalte der Nadeln und für die Daten der chemischen Bodenanalyse wurden Varianzanalysen gerechnet. Diese ergaben, daß zwischen den Wuchsregionen bei 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit signifikante Unterschiede bestehen.

Mittels multipler Mittelwertsvergleiche wurde geprüft, ob zwischen den Wuchsregionen statistisch signifikante Unterschiede in den Nährstoffgehalten der Nadeln und ausgewählten Bodeneigenschaften bestehen. Die mittleren Stickstoffgehalte der Fichten in den einzelnen Wuchsregionen unterscheiden sich nur wenig. Am ungünstigsten ist die Stickstoffernährung in den Zwischenalpen, am günstigsten in der Böhmisches Masse.

Die mittleren Phosphorgehalte sind in der Wuchsregion "Karbonat-Randalpen" signifikant niedriger als in den Wuchsregionen auf Silikat, für Kalzium und Magnesium gilt das Umgekehrte.

Die gute mittlere Stickstoffversorgung und die schwache Magnesiumversorgung in der Böhmisches Masse ergeben ein weites N:Mg-Verhältnis und indizieren Probleme bei der Magnesiumernährung. Hingegen ist in den Zwischenalpen die Magnesiumernährung im Mittel überdurchschnittlich. Angesichts der schwachen Stickstoffversorgung ist der N:Mg-Quotient signifikant niedriger; die Magnesiumversorgung müßte demnach in den Zwischenalpen besonders günstig sein (Tabelle 1). Ein Vergleich der Wuchsregionen hinsichtlich des pH-Wertes des Bodens, des C:N-Verhältnisses, der Basensättigung und der Kationen-Austauschkapazität ist in Tabelle 1 gezeigt.

3.2 Einfache Regressionen

In der Abbildung 2 ist der Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten in den Nadeln und der Seehöhe, dem 100-Nadelgewicht und den Nährstoffgehalten im Auflagehumus und dem obersten Horizont des Mineralbodens für alle Silikatstandorte des WBS-Punktrasters graphisch dargestellt. Entsprechende Darstellungen

Tabelle 1:

Mittelwerte der Nährelementgehalte in den Nadeln und ausgewählter chemischer Bodeneigenschaften für Regionen; Zugehörigkeit zu statistisch signifikant verschiedenen Gruppen (multipler Mittelwertsvergleich nach SNK, $\alpha = 5\%$) mit Buchstaben gekennzeichnet

Element	Karbonat		Silikat									
	Randalpen		Böhmische Masse		Tiefalpen		Randalpen		Zwischenalpen		Innenalpen	
Nährstoffgehalte in den Nadeln												
N [%]	1.29	b	1.46	a	1.41	a	1.34	b	1.24	c	1.29	b
P [%]	.136	c	.174	ab	.159	b	.173	ab	.180	ab	.184	a
K [%]	.62		.66		.61		.64		.62		.69	
Ca [%]	.49	a	.35	b	.40	b	.39	b	.33	b	.39	b
Mg [%]	.133	a	.112	b	.114	b	.119	ab	.129	ab	.123	ab
S [%]	.10	c	.12	a	.11	b	.11	b	.10	c	.10	c
N:P	9.8	a	8.7	bc	9.2	ab	8.1	c	7.1	d	7.1	d
N:Mg	10.5	cd	13.4	a	12.7	ab	11.5	bc	9.8	d	10.3	cd
Bodeneigenschaften												
Auflage												
pH	5.0	a	3.5	c	3.8	bc	3.8	bc	3.6	c	4.0	b
C:N	27.4	bc	26.3	c	26.0	c	27.7	bc	29.7	ab	30.6	a
Oberboden, 0 - 10 cm												
pH	6.2	a	3.6	b	3.8	b	3.7	b	3.7	b	3.9	b
C:N	18.6		21.9		18.8		20.6		21.0		21.4	
BS [%]	95.7	a	21.2	c	31.0	bc	29.7	bc	18.5	c	37	b
KAK [mmolc/Kg]	580	a	95	b	104	b	122	b	133	b	132	b
Unterboden, 10 - 20 cm												
pH	6.6	a	3.9	b	4.1	b	4.1	b	4.1	b	4.3	b
BS [%]	95.3	a	17.7	b	30.0	b	27.6	b	18.8	b	32.7	b
KAK [mmolc/Kg]	465	a	57	b	81	b	79	b	85	b	76	b

gen für die einzelnen Wuchsregionen sind im Anhang (Abbildungen 3 bis 8) beigelegt. Offensichtlich streuen die Nährstoffgehalte in einem weiten Bereich. Allenfalls läßt sich für niedrige und mittlere Nährstoffgehalte in den Nadeln ein loser, doch zumindest gerichteter Zusammenhang mit den Elementgehalten im Boden erkennen. Bei hohen Nährstoffgehalten in den Nadeln ist kein Zusammenhang mit den Gehalten im Boden erkennbar.

3.3 Multiple schrittweise Regression

Mit schrittweisen multiplen Regressionen wurden Modelle mit dem jeweiligen Nährstoffgehalt in den Nadeln als abhängiger Variable gerechnet. Als unabhängige Variable wurden der Gesamtgehalt und der austauschbar gebundene Gehalt des jeweiligen Elements in der Auflage, im Oberboden und im Unterboden zuge-

lassen. Weitere unabhängige Variable waren Nadellänge, 100-Nadelgewicht und die Seehöhe des Rasterpunktes.

Der Anteil der mit schrittweiser multipler Regression erklärbarer Varianz an der Gesamtvarianz der Elementgehalte in den Nadeln ist zumeist gering (siehe Tabelle 2). Bei Stickstoff und Magnesium reicht die Spanne von 'nicht signifikant' bis 50 bzw. 73 %, bei Kalium von 10 % bis 50 %. Am engsten sind die untersuchten Relationen bei Phosphor und Kalzium (von 27 bzw. 30 bis 70 %). Ein Vergleich der mit den gefundenen Modellen errechneten Nährstoffgehalte in den Nadeln mit den tatsächlich gemessenen Werten zeigt, daß die errechneten Modelle für die Vorhersage der Nährstoffgehalte in den Nadeln wertlos sind.

Auch die umgekehrte Berechnung, die Schätzung der Nährstoffgehalte im Auflagehumus aus den Nährstoffgehalten der Nadeln, ist schwach (siehe Tabelle 3).

Abb.2
 Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten in den Nadeln und ausgewählten Standortseigenschaften - Silikatstandort des WBS

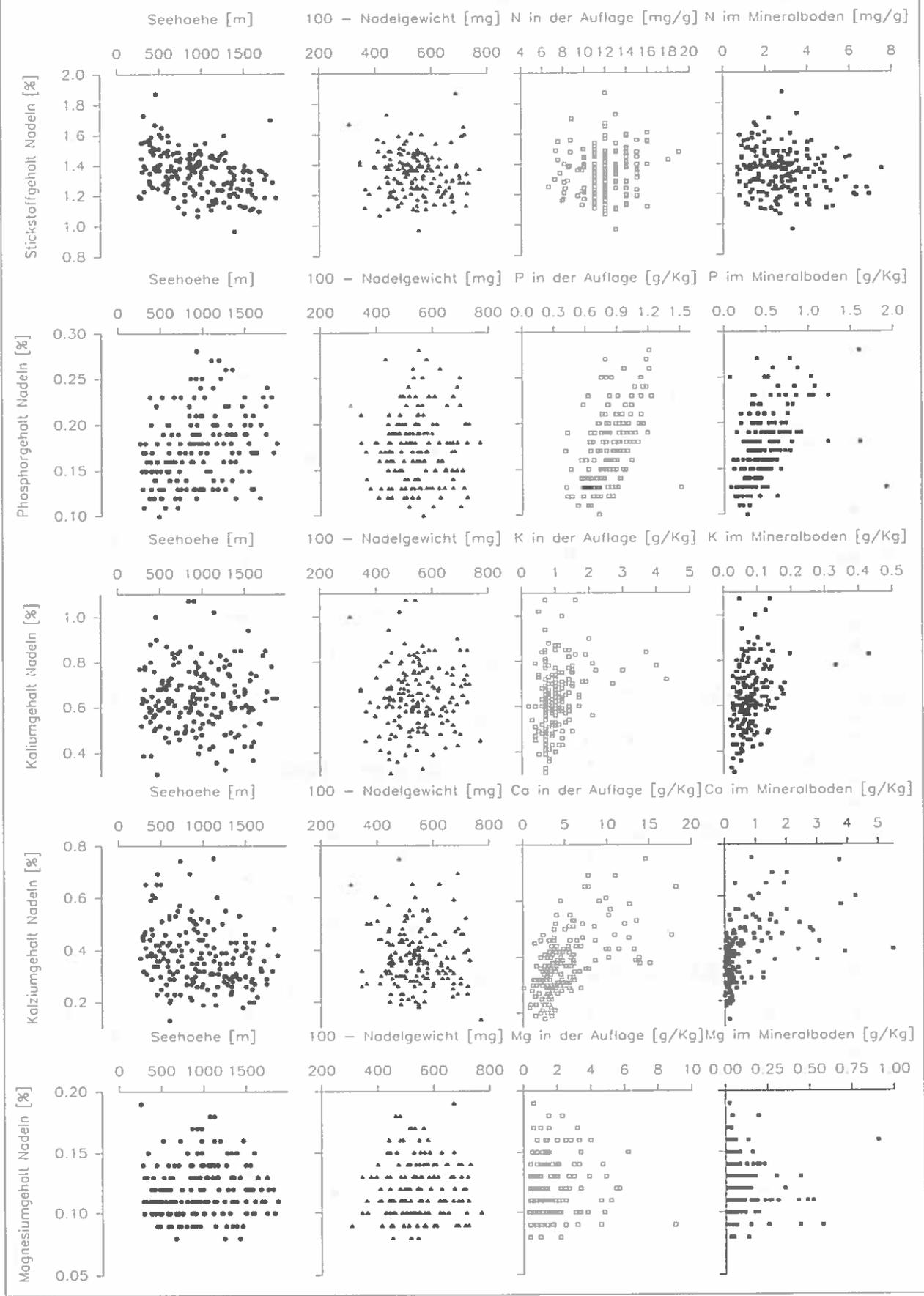


Tabelle 2:

Erklärung der Baumernährung aus dem Gehalt des jeweiligen Elements im Boden, aus Standortdaten und aus nadelmorphologischen Kennwerten mittels schrittweiser multipler Regression;

- signifikante positive partielle Korrelation,
- signifikante negative partielle Korrelation;
- X 'existiert nicht'.

Ele	Gesamtgehalt			Austauschbar			Nadelmorphologie			B
	Auf	OB	UB	OB	UB	SH	NL	100N		
Randaipen — Karbonatstandorte; n = 73										
N				X	X					-
P	●			X	X	●		●		0,39
K	●			●						0,44
Ca					●	○	○			0,31
Mg			●		●	○	●			0,73
Böhmische Masse — Silikatstandorte; n = 31										
N		●		X	X	○				0,24
P		○	●	X	X	●		●		0,71
K				●						0,1
Ca	●					○	○			0,73
Mg										-
Innenalpen — Silikatstandorte; n = 25										
N	●			X	X		●	○		0,46
P	●			X	X			○		0,27
K	●					●				0,29
Ca	●							●		0,38
Mg	○					○	●			0,62
Randaipen — Silikatstandorte; n = 79										
N	●			X	X	○				0,15
P	●			X	X	●	●			0,42
K		●			●		●			0,31
Ca	●			●						0,39
Mg	●						○			0,17
Tiefalpen — Silikatstandorte; n = 24										
N			○	X	X		●	○		0,5
P		●		X	X			○		0,5
K	●	○								0,5
Ca	●				●	○				0,73
Mg	○					○		●		0,67
Zwischenalpen — Silikatstandorte; n = 26										
N			○	X	X					0,12
P	●		●	X	X		●			0,55
K							●			0,32
Ca	●					○	●	○		0,53
Mg							○	●		0,44

es bedeuten: Ele = Elementgehalt in den Nadeln
 Auf = Auflage
 OB = Oberboden
 UB = Unterboden
 SH = Seehöhe
 NL = Nadellänge
 100N = 100 Nadalgewicht
 B = Bestimmtheitsmaß

Tabelle 3:

Erklärung des Chemismus des Ektohumus aus den Nährstoffgehalten der Nadeln mittels multipler schrittweiser Regression;

- signifikante positive partielle Korrelation,
- signifikante negative partielle Korrelation;
- X 'existiert nicht'.

Gehalt in der Auflage	Gehalt in den Nadeln					N:P	N:Mg	100-Nadelgewicht	B
	N	P	K	Ca	Mg				
Randaipen — Karbonatstandorte; n = 73									
N		●	○						0,12
P		●	○					○	0,41
K _{tot}			●						0,23
Ca _{tot}				●	●		○	●	0,26
Mg _{tot}					●		○		0,26
C:N	○								0,17
Böhmische Masse — Silikatstandorte; n = 31									
N									-
P	●					○			0,25
K _{tot}				●					0,28
Ca _{tot}				●			●		0,68
Mg _{tot}				●				●	0,29
C:N						○			0,28
Innenalpen — Silikatstandorte; n = 25									
N						○			0,13
P	○	●				●		●	0,49
K _{tot}								●	0,15
Ca _{tot}	○			●			●	●	0,50
Mg _{tot}				●		●		●	0,39
C:N					○				0,19
Randaipen — Silikatstandorte; n = 79									
N	●			○					0,15
P		●	○						0,46
K _{tot}		●		●				●	0,21
Ca _{tot}				●	○			●	0,34
Mg _{tot}			○	●	●				0,21
C:N	○		●						0,19
Tiefalpen — Silikatstandorte; n = 24									
N		○							0,20
P				●		○	○		0,68
K _{tot}				●	●	○	○		0,71
Ca _{tot}				●	●	○		●	0,72
Mg _{tot}				●	●		○	●	0,91
C:N				○					0,12
Zwischenalpen — Silikatstandorte; n = 26									
N									-
P		●							0,36
K _{tot}							●		-
Ca _{tot}				●	○				0,33
Mg _{tot}		●		●					0,34
C:N					○				0,15

3.4 Kanonische Korrelationsanalyse

Mittels kanonischer Korrelationsanalyse wurde getestet, wie eng der Zusammenhang zwischen den Variablenkomplexen "Bodenchemie" und "Nadelchemie" ist. Mit dieser Methode werden die vielen Einzelfaktoren der Bodenchemie zu einer Variablen und die Einzelfaktoren der Nadelchemie zu einer zweiten Variablen verbunden. Mittels der kanonischen Korrelationsanalyse wird im Datensatz 'Boden' ein Gradient gesucht, der möglichst hoch mit einem Gradienten im Datensatz 'Nadeln' korreliert ist. Es werden nicht, wie in der Prinzipalkomponentenanalyse, Faktoren gebildet, die einen möglichst großen Teil der Varianz abdecken.

Für einige Wuchsregionen läßt sich mittels der kanonischen Korrelationsanalyse ein beträchtlicher Teil der Varianz des Faktors 'Nadelchemie' erklären. Die errechneten Funktionen unterscheiden sich zwischen den Wuchsregionen, da die Faktoren 'Bodenchemie' und 'Nadelchemie' jeweils von anderen Variablen geladen werden. Während für die Wuchsregionen 'Karbonat - Randalpen' und 'Silikat - Tieflagen' hohe Korrelationen erzielt werden, kann aus den Daten des Wuchsraumes 'Innenalpen' kein signifikanter Zusammenhang errechnet werden.

Insgesamt wurden aus dieser Analyse keine wesentlichen Erkenntnisse gewonnen, da die Zusammenfassung der Zielgrößen der Elementgehalte in den Nadeln zu einem einzigen Faktor der Nadelchemie zu abstrakten Resultaten führt. Die notwendige Unterteilung des WBS-Datensatzes nach der Zugehörigkeit zu Wuchsregionen führt auch zu kleinen Gruppenbesetzungen; die Anwendung multivariater Verfahren ist unter diesen Voraussetzungen problematisch.

4. Diskussion

Die niedrigen Bestimmtheitsmaße der multiplen schrittweisen Regressionsfunktionen zeigen, daß die Nährstoffgehalte in den Nadeln mit den entsprechenden Gehalten im Boden nicht genau vorhersagbar sind. Für die Restvarianz (30 bis 90 %) kommen viele potentiell wichtige, doch teilweise nicht dokumentierte Kenngrößen des Standortes in Frage: Wasserverfügbarkeit, Klima, Bodenbiologie, Konkurrenz zwischen den Bäumen etc. Mittels der extrem sorgfältig gemessenen Daten der 'Integrated Forest Study' (Johnson and

Lindberg, 1992) wurde geprüft, ob eine komplettere Messung der Nährstoffmengen in einzelnen Kompartimenten des Ökosystems zu genaueren Modellen führt. Für kein einziges Nährelement wurde ein brauchbarer Zusammenhang zwischen den Zielgrößen gefunden. Physiologische Parameter, welche das Potential der Nährstoffaufnahme beschreiben, würden die Modelle vermutlich entscheidend verbessern.

Viele der in der Bodenchemie verwendeten Parameter beschreiben den Säurestatus des Bodens (pH-Wert, Basensättigung, Ionenaustauschkapazität). Natürlich beeinflußt die Azidität das Pflanzenwachstum erheblich, sodaß argumentativ der Bogen von diesen Kenngrößen zur Pflanzenernährung gespannt werden kann. Dennoch sind mit den durchgeführten Untersuchungsmethoden die Möglichkeiten der Bodenchemie bei weitem nicht ausgeschöpft. Für die Beurteilung der Bereitstellung von pflanzenverfügbarem Stickstoff und Phosphor etwa werden Labormethoden (Page, 1982) und Feldmethoden (Kazda and Weilgony, 1988) vorgeschlagen, die im vorliegenden Datensatz nicht enthalten sind. Auch eine gezielte Auswahl der Standorte, deren Daten in die Untersuchung einbezogen werden, müßte den gesuchten Zusammenhang besser faßbar machen (vgl. die Untersuchungen im Böhmerwald von Katzensteiner, 1992).

Der wesentlichste unberücksichtigt gebliebene Faktor dürften die physiologischen Prozesse sein, welche Bäumen auf nährstoffarmen Standorten die Anreicherung ausreichender Nährstoffmengen ermöglichen. Untersuchungen der Baumernährung haben gezeigt, daß erwachsene Bäume einen beträchtlichen Teil ihres Nährstoffbedarfes mittels interner Nährstofftranslokation decken (Landsberg, 1986), sodaß die individuelle Abhängigkeit eines Baumes von der jahreszeitlich unterschiedlichen Nährstoffverfügbarkeit am Standort nicht eng sein muß. Die Beziehung zwischen Wachstum und aktuellem Nährstoffgehalt ist daher oft lose und nicht signifikant (Gömöryova and Gömöry, 1995).

Die chemische Bodenanalyse vermag für den Erwartungswert von Parametern der Waldernährung den Rahmen abzustecken. Die erreichbare Genauigkeit ist etwa der einer Kategorisierung von Standorten nach "niedrigem", "mittlerem", und "hohem Nährstoffniveau". Die Erfassung mehrerer Kenngrößen für den aktuellen und potentiellen Säurestatus geben Informationen über die mittel- und langfristige Nährstoffversorgung von regionalen Standorteinheiten. Für eine exakte Beurteilung der Ernährungssituation eines Bestandes sind stochastische Modelle aus bodenchemischen Kenngrößen nicht ausreichend. Zur

Beurteilung der lokalen Ernährungssituation muß entweder tatsächlich eine Nadelprobe chemisch analysiert werden, oder es müssen weitere Parameter, die Wasserhaushalt, Bodenbiologie und Bestandesstruktur beschreiben, dokumentiert werden.

Während es Zielsetzung dieser Arbeit ist, allein den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Bodenchemie und Nadelchemie darzustellen, wird in einem weiteren Bearbeitungsschritt des WBS-Datensatzes versucht, mit den vorhandenen Daten möglichst gute Erklärungsmodelle für die Waldernährung zu errechnen. Dabei wird als Zielgröße 'Nährelementgehalt der Nadeln' anstelle der Nadelanalysedaten des Jahres 1989 ein Mittelwert aller bis dann verfügbaren Untersuchungsjahre verwendet. Als unabhängige Variable wird zur Beschreibung des Wachstums der BHD einbezogen, als Standortdaten Geologie, Exposition und Hangneigung. Die biologische Aktivität soll mit der Humusform beschrieben werden.

Literatur

- BOWEN, G.D. & NAMBIAR E., 1984: *Nutrition of plantation forests*. Academic Press, London.
- ENGLISCH M., KARRER G., MUTSCH F., 1992: Zusammenfassende Darstellung der Waldbodenzustandsinventur - *Methodische Grundlagen*. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, 168/1:5-22.
- FÜRST A., 1992: *Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems*. Berichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Nr. 63, Wien.
- GOMORYOVA E. & GOMORY D., 1995: *Relationships between environmental factors and height growth and yield of Norway spruce stands; a factor analytical approach*. Forestry, 68: 145-152.
- JOHNSON D. W. & LINDBERG S. E., 1992: *Atmospheric deposition and forest nutrient cycling - A synthesis of the Integrated Forest Study*. Ecological Studies 91, Springer Verlag, New York-Berlin.
- KATZENSTEINER K., 1992: *Mineralstoffernährung, Bodenzustand und Baumvitalität in Fichtenwaldökosystemen des Böhmerwaldes*. FIW - Forschungsberichte 1992/1.
- KAZDA, M. and P. WEILGONY, 1988: *Seasonal dynamics of major cations in xylem sap and needles of Norway spruce (Picea abies L. Karst) in stands with different soil solution chemistry*. Plant and Soil 110:91-100.
- KILIAN W., MÖLLER F. & F. STARLINGER, 1994: *Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs*. Berichte der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Nr. 82, Wien.
- LANDSBERG J., 1986: *Physiological ecology of forest production*. Academic Press, London.
- McGarigal, L. and S. Stafford, 1992: *Multivariate Statistics: Applications in Wildlife Research*. Forst Science Dept. Oregon State University.
- MENGEL, K. AND E. A. KIRKBY, 1987: *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute, Bern.
- PAGE, A.L. (HSG.), 1982: *Methods of Soil Analysis: Chemical and microbiological properties*. Agronomy Series Monograph 9, 2nd edition.
- SAS-INSTITUTE, 1992: *SAS-STAT Users Guide*, 4 edition, SAS-Institute Inc, Cary, NC.
- SNEDECOR, G.W. and W.G. COCHRAN, 1987: *Statistical Methods*. Iowa State University Press, 7th edition.

Verfasser: Dipl.-Ing. Dr. Robert Jandl
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstökologie
Seckendoff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Abb.3
 Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten in den Nadeln und ausgewählten Standortseigenschaften — Standorte des WBS in den Kalkalpen.

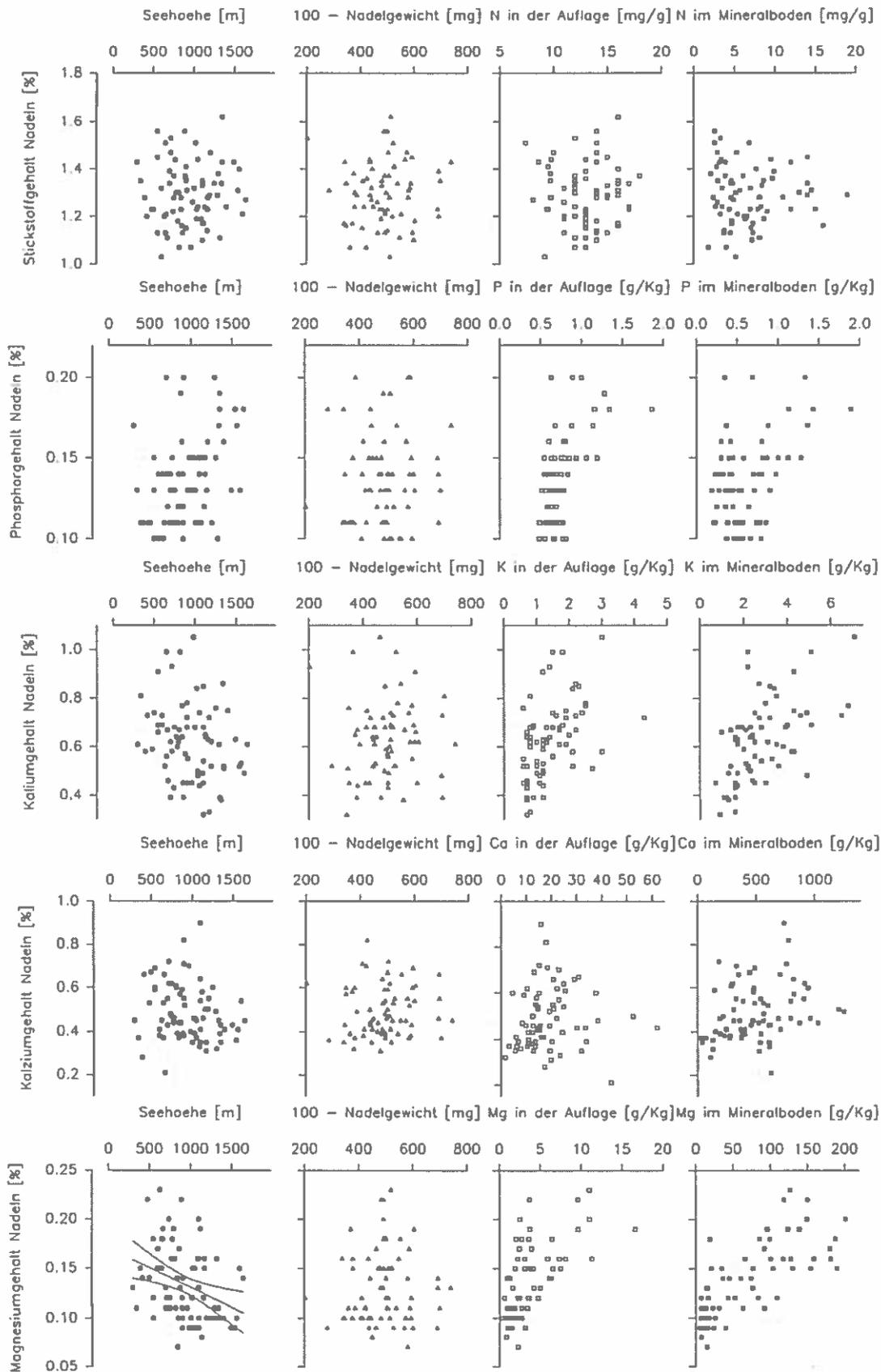


Abb. 4:
Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten in den Nadeln und ausgewählten Standortseigenschaften — Standorte des WBS in der Böhmischer Masse.

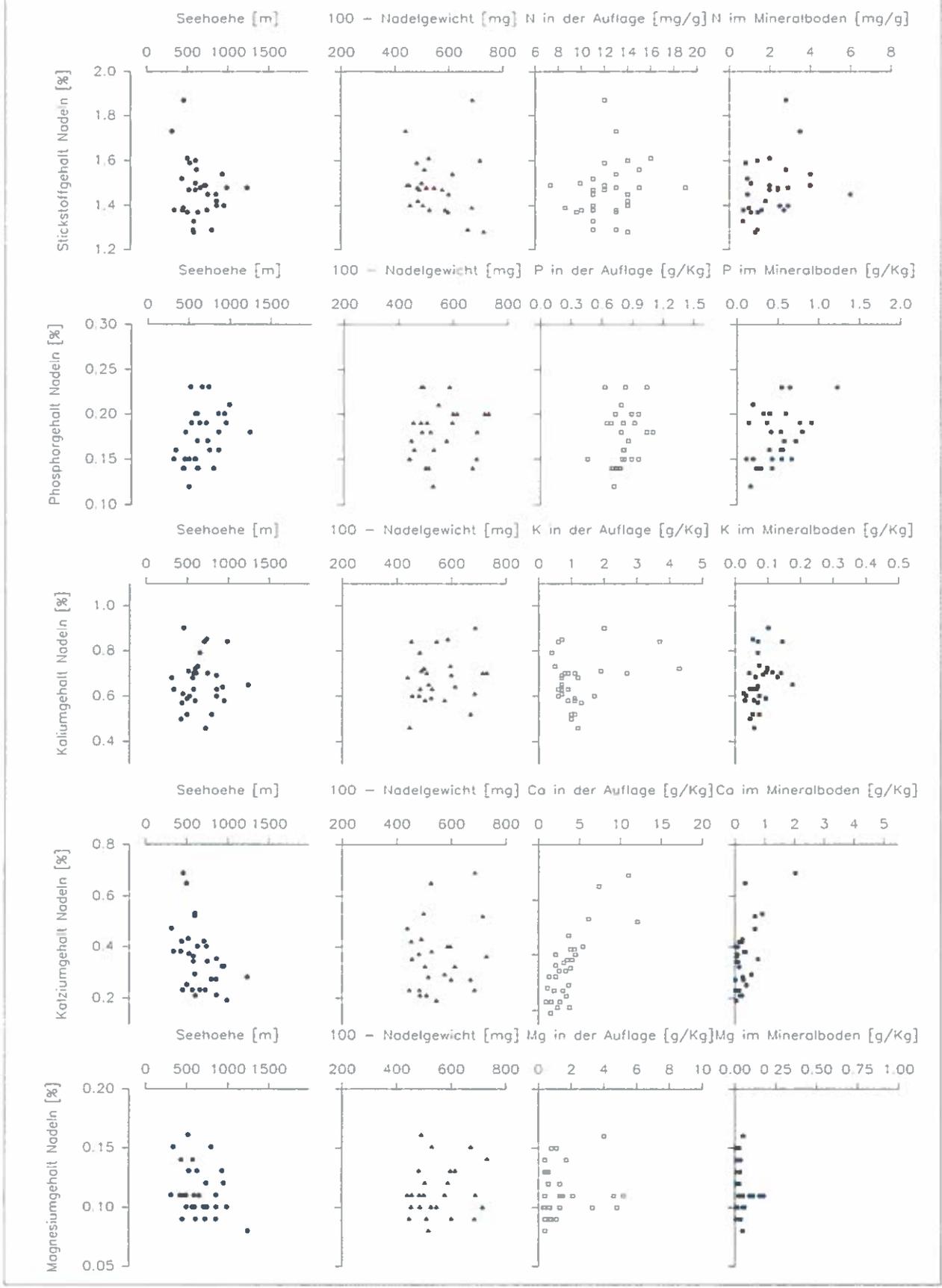


Abb.5
 Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten in den Nadeln und ausgewählten Standortseigenschaften — Standorte des WBS in den Tieflagen.

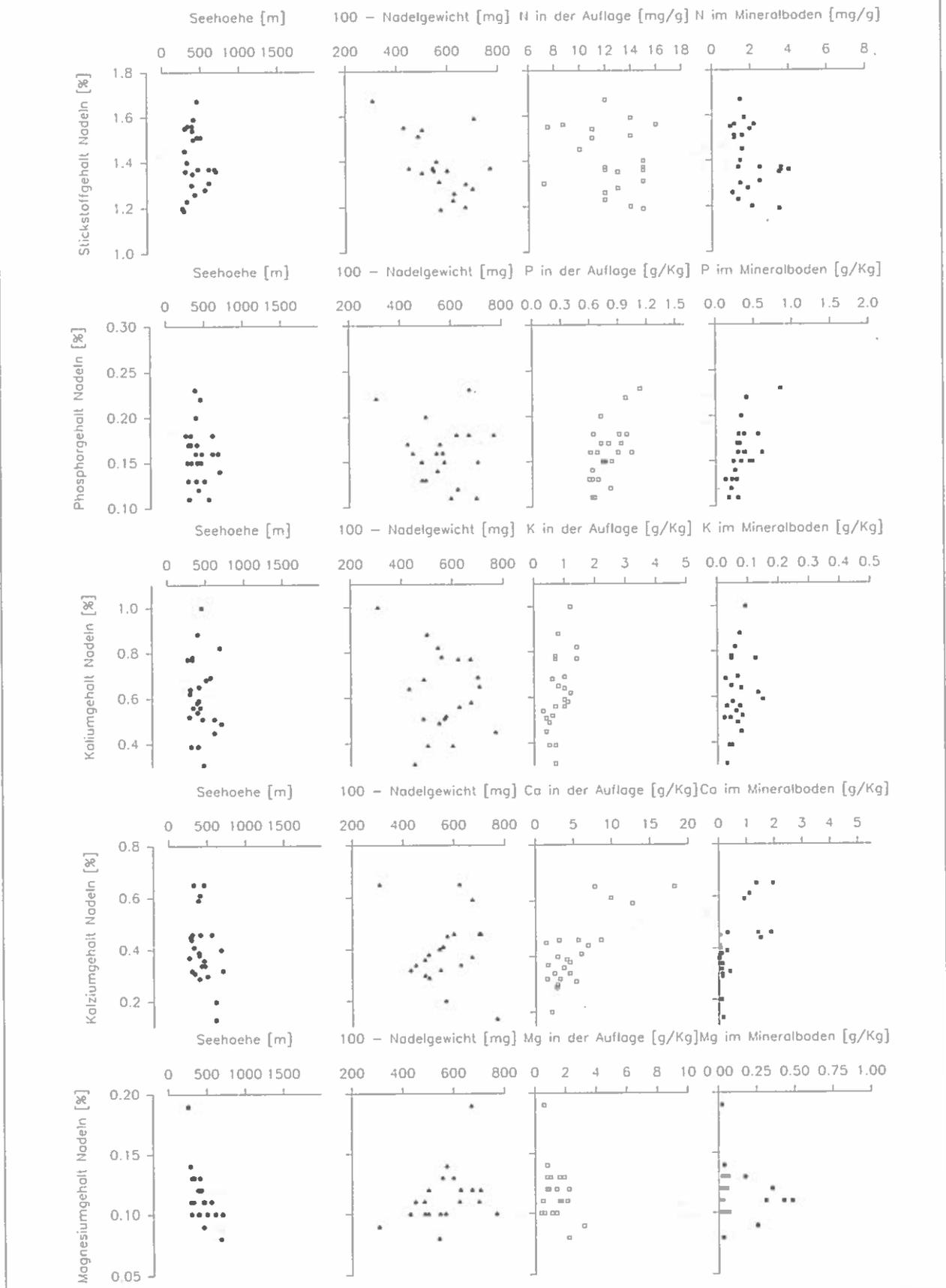


Abb.6

Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten in den Nadeln und ausgewählten Standortseigenschaften — Standorte des WBS in den Innentalen.

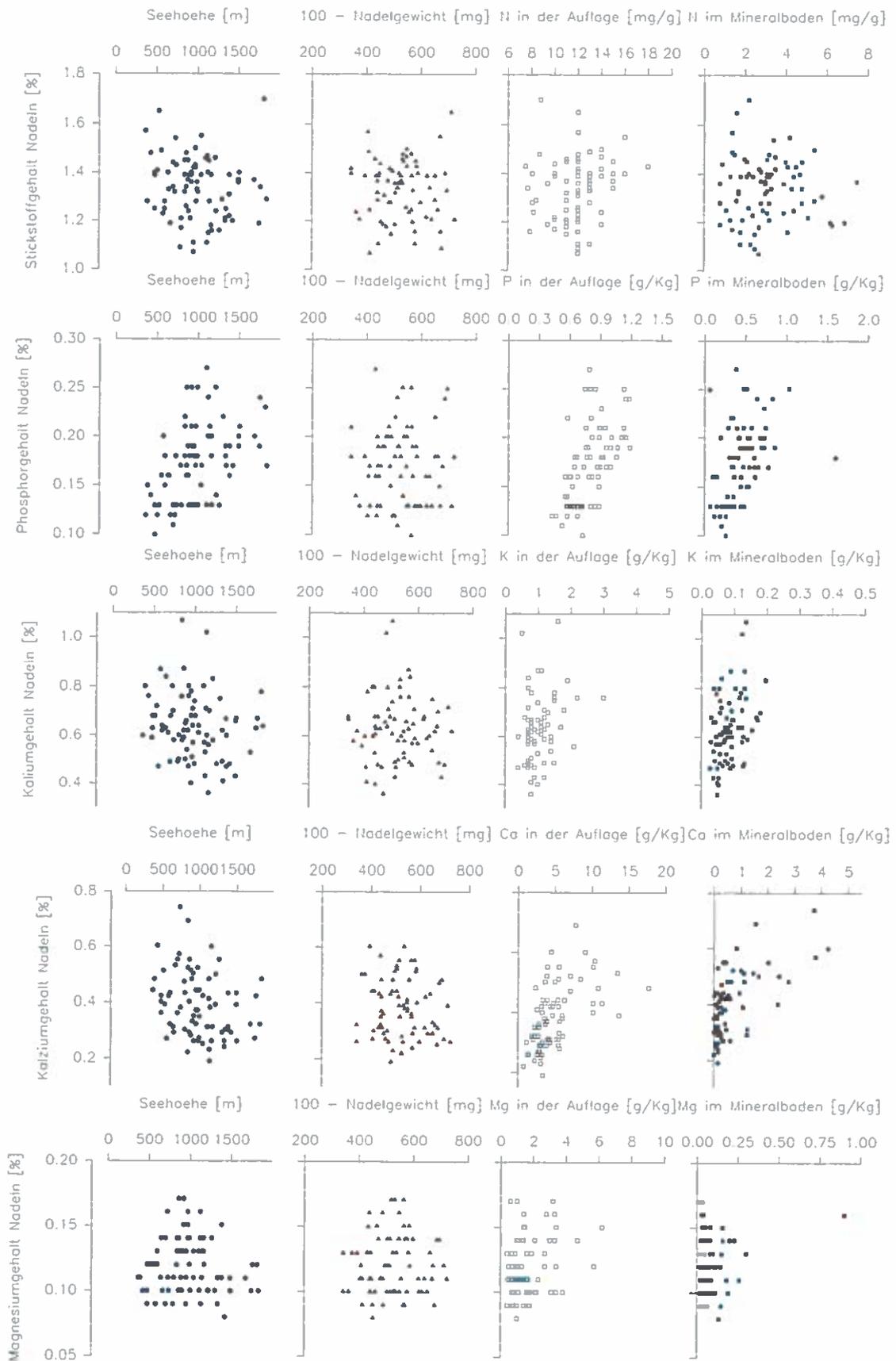


Abb.7
Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten in den Nadeln und ausgewählten Standortseigenschaften — Standorte des WBS in den Randalpen.

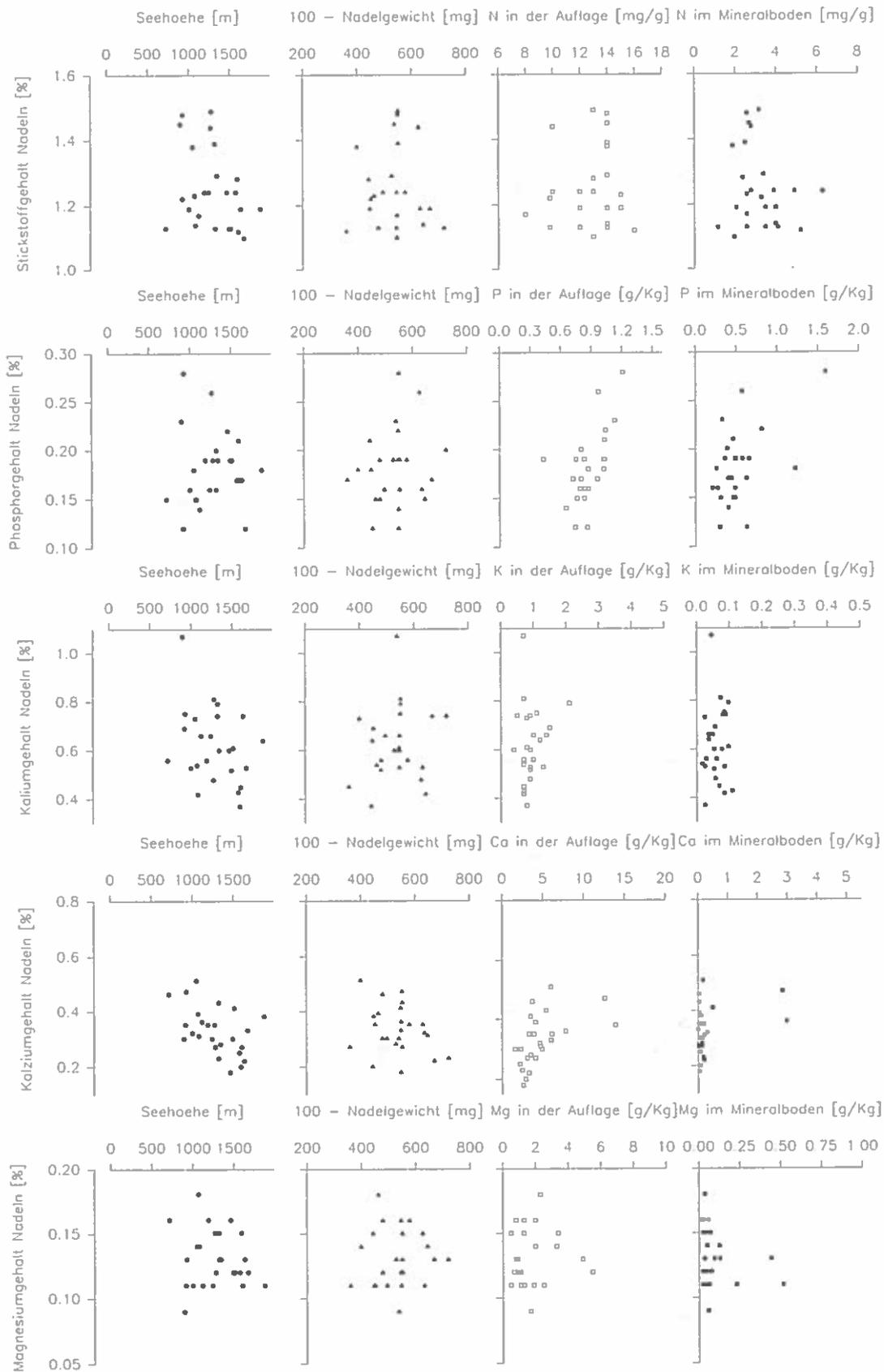
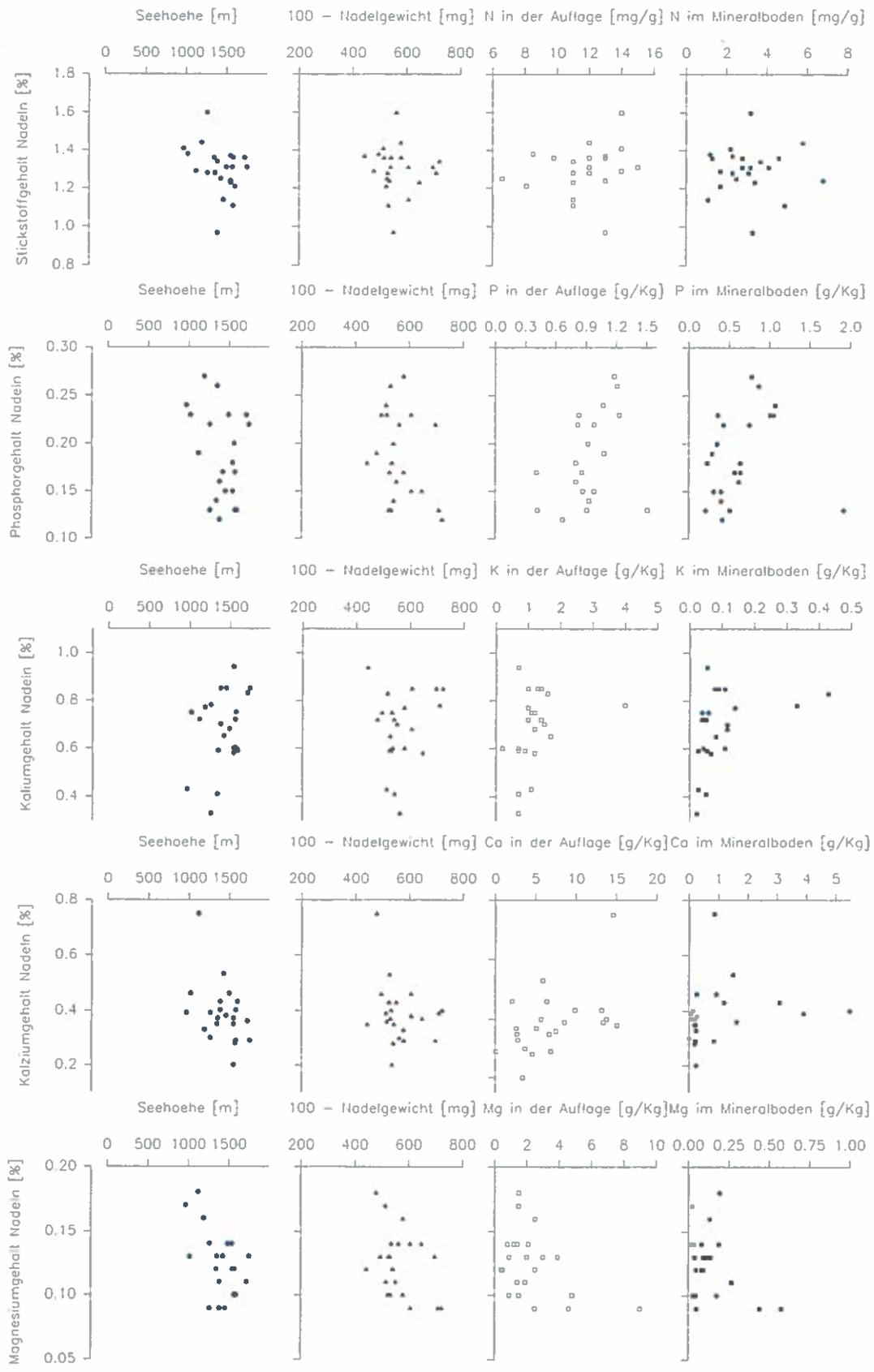


Abb.8

Zusammenhang zwischen Nährstoffgehalten in den Nadeln und ausgewählten Standortseigenschaften — Standorte des WBS in den Zwischenalpen.



Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems - Ergebnisse 1989 bis 1993

A. FÜRST

Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Auf 261 Probestellen des Waldschaden-Beobachtungssystems wurden von 1989 bis 1993 jedes Jahr Blatt- und Nadelproben entnommen und auf ihre Schwefel-, Stickstoff-, Phosphor-, Kalium-, Calcium- und Magnesiumgehalte untersucht. Es wird sowohl die räumliche Verteilung der Untersuchungsergebnisse in Österreich als auch die zeitliche Entwicklung der Elementgehalte in den einzelnen Untersuchungsjahren beschrieben. Schwefel- und Stickstoffimmissionen konnten während der Untersuchungsperiode vorwiegend im Mühl- und Waldviertel, im Donauraum, in der Mur- Mürzfurche, im Burgenland, im Lavanttal und im Raum Arnoldstein festgestellt werden. An 13,4 % (1992) bis 28 % (1989) der Untersuchungsflächen wurden Schwefel- und Stickstoffimmissionen nachgewiesen. Zwischen 44 % (1993) und 76 % (1992) der Untersuchungsflächen wiesen Stickstoffmangel auf. Phosphormangel konnte auf den Untersuchungsflächen im Bereich zwischen 5,1 % (1990) bis 15,6 % (1992) festgestellt werden, wobei die Mangelflächen vorwiegend im Kalkalpenbereich zu finden sind. Während der Periode von 1989 - 1993 wurde nur an maximal 3,9% der Flächen Kaliummangel festgestellt. Calciummangel trat an keiner Fläche auf; eine bis 14 Flächen wiesen Magnesiummangel auf. Das "Trockenjahr" 1992 zeigte deutliche Einflüsse auf die Elementgehalte, wobei die Schwefel-, Stickstoff-, Phosphor-, Kalium- und Magnesiumgehalte in diesem Jahr bundesweit im Minimum lagen; die Calciumgehalte hingegen zeigten 1992 ein Maximum.

Schlüsselworte: chemische Pflanzenanalysen, Fichte, Kiefer, Buche, Schwefel, Nährstoffe

Abstract. [Leaf- and Needle-Analytical Investigations Carried out in Connection with the Forest Damage Monitoring System (WBS) - Results 1989 - 1993.] In the period between 1989 and 1993 every year leaf and needle samples were collected from 261 sample plots of the Forest Damage Monitoring System and investigated for their sulphur, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium content. Both the spatial distribution of the investigation results in Austria and the temporal development of the determined values over the individual years of investigation are described. During the investigation period air pollution impacts through sulphur were found mainly in the Mühlviertel and in the Waldviertel, in the area close to the Danube, in the valleys of Mur and Mürz, in the federal province of the Burgenland, in the Lavanttal, and in the area around Arnoldstein. On 13.4 (1992) to 28 % (1989) of the investigation plots impacts of air pollution through sulphur were proved.

On 44 (1993) to 76 % (1992) of the investigated plots nitrogen deficiencies were found. Phosphorus deficiencies were determined on 5.1 (1990) to 15.6 % (1992) of the investigation plots, with deficient plots being found mainly in the area of the Limestone Alps. During the period from 1989 to 1993 potassium deficiencies were observed on maximally 3.9 % of the plots. Calcium deficiencies were not observed on any single plot; one to 14 plots showed magnesium deficiencies. The "dry year" of 1992 considerably influenced the element values: In that year, the content of sulphur, nitrogen, phosphorus, potassium, and magnesium showed a minimum all over Austria, while the calcium values showed a maximum.

Keywords: Chemical plant analyses, Norway spruce, pine, beech, sulphur, nutrients

1. Einleitung

Ein Teilprojekt des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) umfaßt blatt- und nadelanalytische Untersuchungen zur Feststellung von Einwirkungen von Luftverunreinigungen sowie zur Erfassung der Nährelementsituation.

In allen fünf Untersuchungsjahren von 1989 bis 1993 konnten 261 Flächen (240 Fichten-, 17 Kiefern, 4 Buchenflächen) jedes Jahr untersucht werden. Die-

se für die blatt- und nadelanalytische Erhebung geeigneten Flächen stellen ein Teilkollektiv der 534 Waldflächen des systematischen Netzes 1981 der österreichischen Forstinventur (8,7 x 8,7 km Raster) dar. Die Auswahlkriterien der Flächen wurden von der Forstliche Bundesversuchsanstalt (FBVA) festgelegt (s. FÜRST 1992).

Die Beprobung erfolgte durch die Landesforstdienste gemäß den Bestimmungen der "Zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen" jeweils vom September bis November des Untersuchungsjah-

res. Die Probenvorbereitung, die Analyse und die Auswertung der Ergebnisse wurde von der FBVA vorgenommen. Die Methodik, die Qualitätssicherungsmaßnahmen und die Einzeljahresergebnisse der blatt- und nadelanalytischen Untersuchungen der Proben der Entnahmehahre von 1989 bis 1993 sind bei FÜRST 1992, 1994a, 1994b, 1994c und 1995 angegeben. Über die räumliche Verteilung und die zeitliche Entwicklung der Schwefel- und Hauptnährstoffgehalte dieser Fünfjahresperiode wird im folgendem berichtet.

2. Ergebnisse

2.1 Schwefel

Zur Beurteilung, ob auf den einzelnen Flächen Schwefelmissionseinwirkungen vorliegen, wurden die mittleren Schwefelgehalte der Nadeljahrgänge 1 und 2 auf den Fichten-, Kiefern- und Buchenflächen in vier Stufen (Gesamtklassifikation GK) analog zum Bioindikatornetz (STEFAN 1994) eingeteilt, wobei die Schwefelgehalte bei der GK 1 deutlich unter, die der GK 2 unter, die der GK 3 über und die der GK4 deutlich über den Grenzwerten der "Zweiten Verordnung gegen Forstschädliche Luftverunreinigungen" liegen. Zu Schwe-

felmissionseinwirkungen kam es während der Untersuchungsperiode 1989-1993 hauptsächlich im Mühl- und Waldviertel, im Donauraum, in der Mur-, Mürzfurche, im Burgenland, im Lavanttal und im Raum Arnoldstein. Die Verteilung der Grenzwertüberschreitungen in Österreich ist in der Abbildung 1 dargestellt.

Betrachtet man die zeitliche Entwicklung der Schwefelgehalte ergibt sich folgendes Bild (s. Tabelle 1): Das schlechteste Ergebnis konnte im Jahr 1989 mit einem Anteil von Punkten mit der GK 3 oder 4 von über 28 % festgestellt werden. Nach einem deutlichen Abfall auf 14,6 % im Jahr 1990 kam es 1991 zu einem leichten Anstieg der Flächen mit der GK 3 oder 4 auf 18 %. 1992 hingegen wurde das beste Ergebnis mit einem Punkteanteil von 13,4 % GK 3 oder 4 und einem Anteil an der GK 1 von 15,7 % nachgewiesen. Jedoch darf bei der Bewertung des guten Ergebnisses von 1992 auch die Witterungssituation nicht außer acht gelassen werden, denn durch die Trockenheit während der Vegetationsperiode dürfte es auch zu einer verringerten Schadstoffaufnahme bei verringertem Gasaustausch ("physiologische Scheinresistenz") und damit zu niedrigeren Schwefelgehalten in den Assimilationsorganen gekommen sein.

Besonders deutlich fiel die Verbesserung 1992 im Burgenland, in Kärnten und in Niederösterreich (s. Tabelle 1) aus, wo der Punkteanteil mit Grenzwertüberschreitungen gegenüber dem Vorjahr um mehr als die

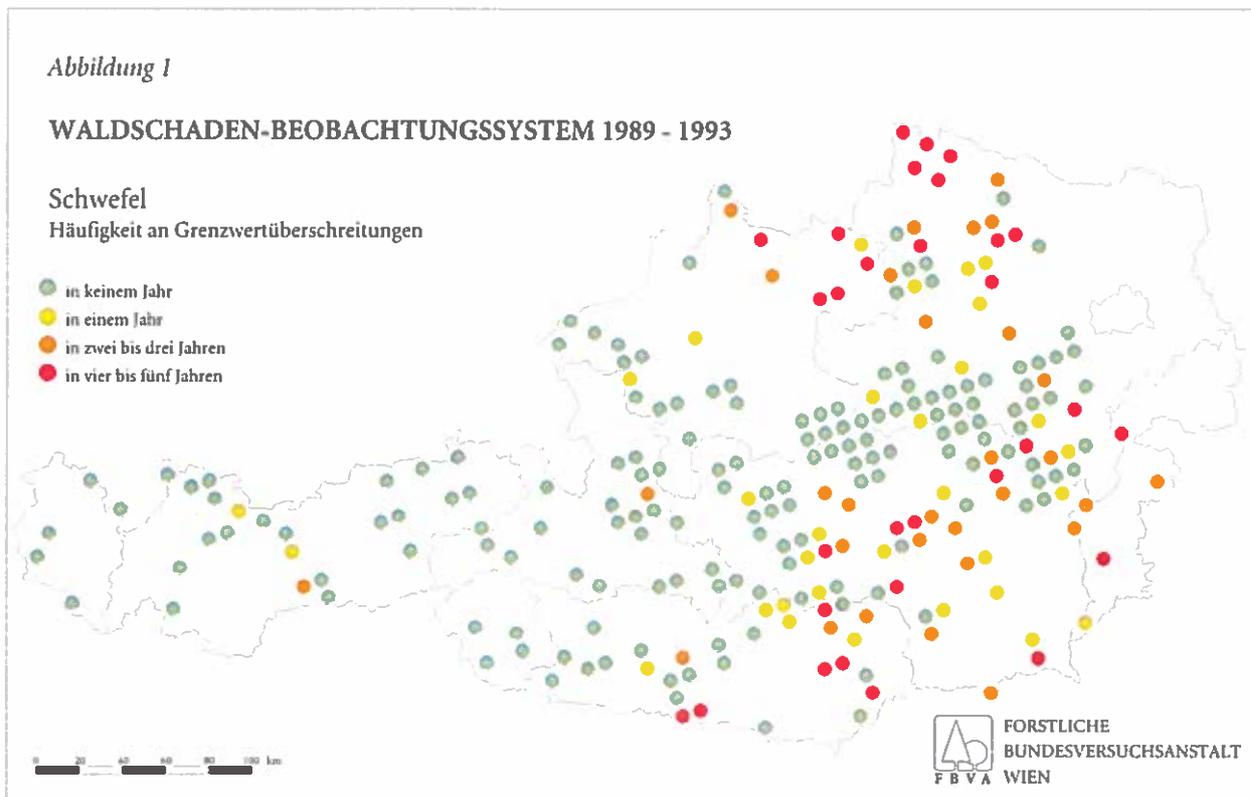
Abbildung 1

WALDSCHADEN-BEOBACHTUNGSSYSTEM 1989 - 1993

Schwefel

Häufigkeit an Grenzwertüberschreitungen

- in keinem Jahr
- in einem Jahr
- in zwei bis drei Jahren
- in vier bis fünf Jahren



Hälfte sank. Im Bundesland Salzburg konnte im Jahr 1992 entgegen dem allgemeinen Trend eine Verschlechterung der Schwefelmissionssituation nachgewiesen werden, die auch 1993 weiterbestand. In der Steiermark war 1992 ein unterschiedlicher Trend in den einzelnen Landesteilen zu beobachten: während im Bereich der Mur-Mürzfurche im Vergleich zu den Jahren 1990 und 1991 eine Verschlechterung der Schwefelmissionssituation festzustellen war, konnte im südoststeirischen Hügelland eine deutliche Verbesserung nachgewiesen werden. Diese Entwicklung setzte sich auch im Jahr 1993 fort.

Der Punkteanteil mit der GK 3 oder 4 erhöhte sich 1993 österreichweit auf 23 %. In Kärnten wurde der höchste Anteil an Punkten mit GK 3 oder 4 mit rund 43 % festgestellt. Der Maximalwert des Jahres 1989 wurde in den Bundesländern Burgenland und Tirol 1993 wieder erreicht.

2.2 Stickstoff

Zur Beurteilung der Stickstoffgehalte der Fichten- und Kiefernflächen (n=257) wurden die bei GUSSONE (1964) angegebenen Klassen - ausreichende (Fichte > 1,50 %, Kiefer > 1,60 %), nicht ausreichende und mangelhafte Versorgung (Fichte und Kiefer < 1,30 %) verwendet.

Seit 1989 stieg die Flächenanzahl mit Stickstoffmangel sprunghaft von 46 % im Jahr 1989 bis 1992 auf über 76 % an; im Jahre 1993 hingegen fiel der Anteil an mangelhaft versorgter Flächen erstmals seit Untersuchungsbeginn auf 44 % ab.

War im Untersuchungsjahr 1989 noch eine deutliche Gliederung zwischen den besser mit Stickstoff versorgten Gebieten in Ober- und Niederösterreich (s. FÜRST 1992) zu erkennen, ist dieser Unterschied in den Folgejahren durch die Verschlechterung der Stickstoffversorgung gerade in diesen Gebieten nicht mehr so deutlich erkennbar (s. Tabelle 2). Der höchste Anteil an Stickstoffmangelpunkten konnte bei fast allen Bundesländern im Jahr 1992 festgestellt werden; nur Salzburg und Vorarlberg wiesen ein Maximum im Jahr 1991 auf. Die höchste Anzahl an Flächen, die ausreichend mit Stickstoff versorgt sind, konnte bei fast allen Bundesländern mit Ausnahme von Salzburg (Maximum 1992), Kärnten (Maximum 1993) und Steiermark (Maximum 1993) im Jahr 1989 festgestellt werden.

Da die Nährstoffgehalte durch geologische, aber auch durch klimatische Faktoren beeinflusst werden können, wurde das Datenmaterial auch für die forstlichen Hauptwuchsgebiete (KILLIAN et al. 1994) bewer-

tet. Der höchste Prozentanteil an Punkten mit mangelhafter Stickstoffversorgung konnte im "Trockenjahr" 1992 in den Hauptwuchsgebieten *Östliche* und *Südliche Zwischenalpen*, *Östliche Randalpen*, *Südliche Randalpen*, *Nördliches Alpenvorland*, *Sommerwarmer Osten* und *Mühl- und Waldviertel* festgestellt werden (s. Tabelle 3). Im Zentralalpenbereich - in den Hauptwuchsgebieten *Innenalpen*, *Nördliche Alpenzwischenzone* und *Nördliche Randalpen* - lagen die Minima in den Jahren 1990 bzw. 1991. Betrachtet man die Veränderungen des Prozentanteiles der Punkte mit ausreichender Stickstoffversorgung, zeigt sich ausgehend von 1989 bis 1993 in den Hauptwuchsgebieten *Innenalpen*, *Nördliche Alpenzwischenzone* und *Östliche und Südliche Zwischenalpen* eine deutliche Verbesserung, zu Verschlechterungen kommt es in den Hauptwuchsgebieten *Nördliches Alpenvorland*, *Sommerwarmer Osten* und *Mühl- und Waldviertel*.

2.3 Phosphor

Analog zum Stickstoff erfolgte auch beim Phosphor eine Einteilung in die Klassen - ausreichende (>0,13 %), nicht ausreichende und mangelhafte Versorgung (< 0,11 %).

Im Jahr 1989 konnte auf 10,9 % der in allen fünf Jahren untersuchten WBS-Flächen ein Phosphormangel festgestellt werden. 1990 verbesserte sich die Phosphorversorgung - nur mehr 5,1 % wiesen einen Phosphormangel auf. Im Jahr 1991 stieg der Anteil der Mangelpunkte wieder auf 10,9 % an und erreichte 1992 mit 15,6 % den höchsten Stand seit Beginn dieser Untersuchung. Dies dürfte ebenfalls mit dem "Trockenjahr 1992" zusammenhängen, weil durch Trockenheit nach BERGMANN (1993) unter anderem die Phosphoraufnahme stark gehemmt werden kann. 1993 sank der Anteil an Mangelpunkten wieder auf 7,8 % ab.

Betrachtet man die Abbildung 2, auf der die lagemäßige Verteilung der mittleren Phosphorversorgung in Österreich dargestellt ist, so fällt auf, daß Flächen mit Phosphormangel vorwiegend im Kalkalpenbereich zu finden sind. Die Faktoren hoher Boden-pH-Wert und hoher Bodencalciumgehalt (s. SCHEFER & SCHACHTSCHABEL 1982, REHFUESS 1983, BOSCH 1986), welche die Verfügbarkeit verringern, dürften neben z.T. geringen Bodenphosphorgehalten in diesen Gebieten (MUTSCH 1992) die Ursache für die schlechte Versorgung der Nadeln sein. Eine Auswertung für die Hauptwuchsgebiete analog zum Stickstoff, bei denen geologische und klimatische Gegebenheiten mitberücksichtigt sind, wurde ebenfalls vorgenommen.

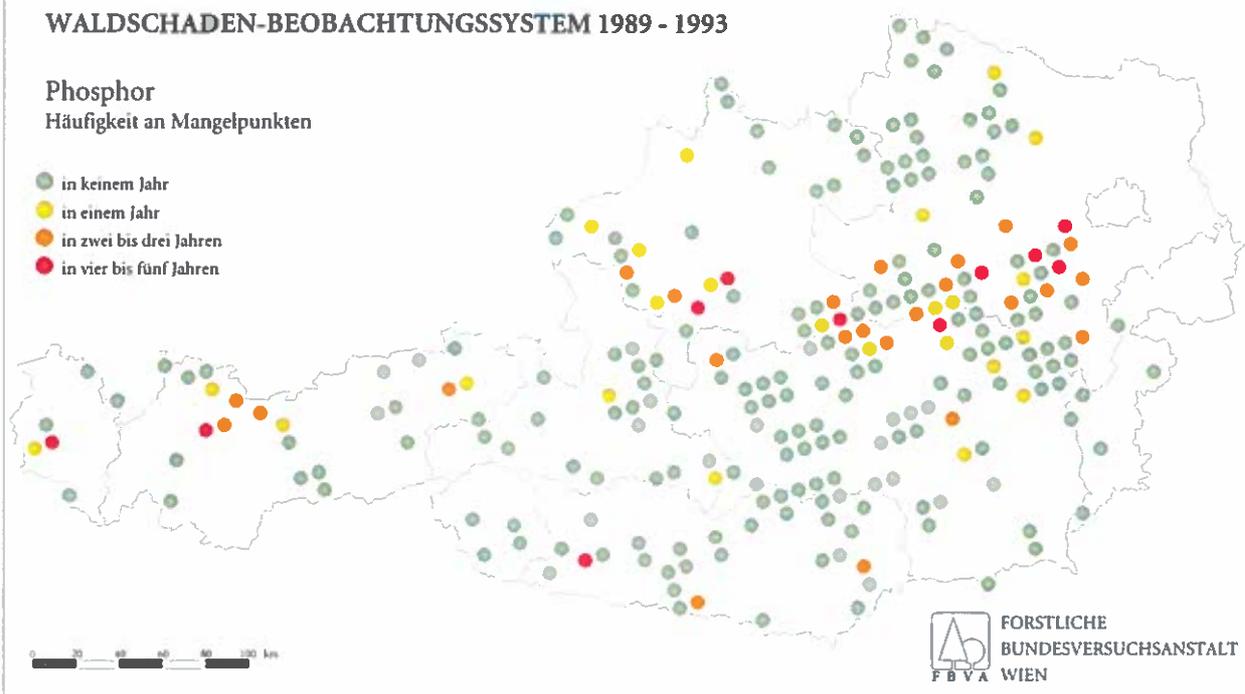
Abbildung 1

WALDSCHADEN-BEOBACHTUNGSSYSTEM 1989 - 1993

Phosphor

Häufigkeit an Mangelpunkten

- in keinem Jahr
- in einem Jahr
- in zwei bis drei Jahren
- in vier bis fünf Jahren



Phosphormangel trat in der Periode 1989 bis 1993 vorwiegend in den Hauptwuchsgebieten *Nördliche Randalpen* (bis zu 28,6 % im Jahr 1992) und im Wuchsgebiet *Östliche Randalpen* (bis zu 19,2 % im Jahr 1989) auf (s. Tabelle 3). Die Hauptwuchsgebiete *Sommerwarmer Osten* und *Mühl- und Waldviertel* wiesen den geringsten Anteil an Punkten mit Phosphormangel auf.

Der höchste Prozentanteil (88,9 - 91,1 %) an ausreichend mit Phosphor versorgten Punkten konnte ab 1991 im Hauptwuchsgebiet *Östliche und Südliche Zwischenalpen* festgestellt werden. Betrachtet man die zeitliche Entwicklung der Phosphorversorgung, konnte der höchste Anteil an ausreichend versorgten Punkten in fast allen Hauptwuchsgebieten im Jahr 1990 festgestellt werden, nur im *Sommerwarmen Osten* lag das Maximum im Jahr 1991.

2.4 Kalium

Kaliummangel (Fichte < 0,33 %, Kiefer < 0,42 %) konnte in den Jahren 1989 bis 1991 nur an maximal 3,9 % festgestellt werden. Zu einer **Zunahme** der Mangelpunkte kam es im Jahr 1992 in den Bundesländern Oberösterreich, Steiermark und Tirol (s. Tabelle 2), während in Kärnten die Punkte mit Kaliummangel ab 1992 abnahmen.

Die Kaliumversorgung war während der Untersuchungsperiode 1989 bis 1993 relativ konstant; bis auf das Jahresergebnis 1992 lagen die Anteile an ausreichend mit Kalium versorgten Flächen zwischen rund 91 bis 93 % - nur im Jahr 1992 sank der Anteil an ausreichend versorgten Flächen auf 84,4 % ab.

2.5 Calcium

In allen Untersuchungsjahren konnte auf keiner Fläche ein Calciummangel (Fichte < 0,10 %, Kiefer < 0,05 %) festgestellt werden. In den Jahren 1989 bis 1991 lag der Anteil der Flächen mit einer ausreichenden Calciumversorgung knapp über 60 % (s. Tabelle 2); 1992 erhöhte sich dieser Anteil auf 75,5 %, um im Jahr 1993 wieder auf knapp unter 60 % abzusinken. Als Ursache dieser Verbesserung im Jahr 1992 dürfte wieder die Trockenheit während der Vegetationszeit anzunehmen sein. Betrachtet man die Veränderung des Anteiles an ausreichend mit Calcium versorgten Flächen während des Untersuchungszeitraumes von 1989 bis 1993 in den einzelnen Hauptwuchsgebieten, so zeigt sich - mit Ausnahme der Hauptwuchsgebiete *Innenalpen* und *Nördliche Zwischenalpen* - die beste Calciumversorgung im Trockenjahr 1992. Eine prozentuell über dem Bundesdurchschnitt liegende ausreichende Calciumversorgung konnte in den Hauptwuchsgebieten *Nörd-*

liche Randalpen (rund 64-90 %), Östliche Randalpen (rund 61-81 %), Südliche Randalpen (rund 78-100 %) und im Sommerwarmen Osten (60-80 %) festgestellt werden (s. Tabelle 3). In diesen Bereichen liegen vorwiegend jene Untersuchungsflächen, deren Böden eine hohe Basensättigung (KILIAN 1992) und damit zumeist auch hohe Bodencalciumgehalte aufweisen.

2.6 Magnesium

In den Jahren 1989 bis 1991 wies immer nur jeweils eine Fläche (0,4 %) Mangnesiummangel (Fichte < 0,07 %) auf. Der Anteil an ausreichend versorgten Flächen (Fichte > 0,11 %, Kiefer > 0,06 %) vergrößerte sich von 1989 (54,9 %) bis 1991 (73,2 %) kontinuierlich (s. Tabelle 2). Im Jahr 1992 nahm der Anteil an Mangnesiummangelflächen jedoch auf 5,5 % zu (14 Flächen); im Gegenzug verringerte sich der Anteil an ausreichend versorgten Flächen auf 63,5 % und erreichte damit das Niveau von 1990. Auch für diese Verschlechterung kann die Trockenheit im Jahr 1992 als Ursache angenommen werden. 1993 kam es zu einer Verbesserung der Magnesiumversorgung, jedoch wiesen noch immer 6 Flächen eine mangelhafte Versorgung auf. Bei der Betrachtung der Bundesländerergebnisse ist aus der Tabelle 2 ersichtlich, daß Magnesiummangelpunkte fast ausschließlich in den Bundesländern Oberösterreich und Niederösterreich feststellbar waren. Die Zunahme der Zahl an Mangelpunkten im Jahr 1992 beruhte fast zur Gänze auf dem Ergebnis von Oberösterreich (von 2,9 % auf 35,3 %).

Betrachtet man die Veränderung der Häufigkeit des Auftretens von Mangnesiummangelpunkten in den Hauptwuchsgebieten, so zeigen sich folgende Entwicklungen (s. Tabelle 3):

Mangnesiummangelpunkte konnten nur in den Hauptwuchsgebieten *Nördliche Randalpen*, *Nördliches Alpenvorland*, im *Mühl- und Waldviertel* und im *Sommerwarmen Osten* festgestellt werden. Vor 1992 wies nur ein Punkt jedes Untersuchungsjahr Magnesiummangel auf. Nach dem 1992 im Hauptwuchsgebiet *Nördliche Randalpen* erfolgten Anstieg der Punktezahl mit Magnesiummangel auf 6 Punkte verringerte sich dieser Anteil 1993 wieder auf den vorjährigen Stand von einem Punkt. In den Wuchsgebieten *Nördliches Alpenvorland* (von drei auf einen Punkt) und im *Mühl- und Waldviertel* (von fünf auf drei Punkte) wurde der Ausgangswert von 1991 im Jahr 1993 nicht mehr erreicht. Im *Sommerwarmen Osten* konnte erstmals 1993 ein Punkt mit Magnesiummangel festgestellt werden.

3. Zusammenfassung

In der fünfjährigen Untersuchungsperiode von 1989 bis 1993 wurde in Blatt- und Nadelproben auf 261 Untersuchungsflächen (240 Fichten-, 17 Kiefern- und 4 Buchenflächen) jährlich die Schwefel- und Makronährstoffgehalte erhoben.

Im Verlauf der Fünfjahresperiode von 1989 bis 1993 konnte im Jahr 1989 in Österreich das schlechteste Ergebnis in punkto Schwefelmissionseinwirkungen festgestellt werden - über 28 % der Untersuchungsflächen wiesen Grenzwertüberschreitungen auf. 1992 hingegen wurde das beste Ergebnis erzielt - nur an 13,4 % der Flächen konnten Grenzwertüberschreitungen festgestellt werden. Bei der Bewertung dieses guten Ergebnisses darf jedoch die Witterungssituation nicht außer acht gelassen werden, weil es bedingt durch die Trockenheit während der Vegetationsperiode im Jahr 1992 auch zu einer verringerten Schadstoffaufnahme durch den verringerten Gasaustausch gekommen sein dürfte. Schwefelmissionseinwirkungen konnten während der Untersuchungsperiode vorwiegend im Mühl- und Waldviertel, im Donauraum, in der Mur- Mürzfurche, im Burgenland, im Lavanttal und im Raum Arnoldstein festgestellt werden.

Seit 1989 stieg die Flächenanzahl mit Stickstoffmangel von 1989 bis 1992 von 46 % auf 76 % kontinuierlich an; im Jahre 1993 sank der Anteil mangelhaft versorgter Flächen wieder auf 44 % ab.

Die deutlichsten Verschlechterungen zwischen 1989 und 1992 wurden in den Bundesländern Oberösterreich und Niederösterreich festgestellt. Der höchste Anteil an Stickstoffmangelpunkten konnte für fast alle Bundesländer im Jahr 1992 nachgewiesen werden; nur Salzburg und Vorarlberg wiesen das Maximum im Jahr 1991 auf.

Bei der Auswertung nach Hauptwuchsgebieten konnte im "Trockenjahr" 1992 in den Hauptwuchsgebieten *Östliche und Südliche Zwischenalpen*, *Östliche Randalpen*, *Südliche Randalpen*, *Nördliches Alpenvorland*, *Sommerwarmer Osten* und *Mühl- und Waldviertel* der höchste Prozentanteil an Stickstoffmangelpunkten festgestellt werden. In den Hauptwuchsgebieten *Innenalpen*, *Nördliche Alpenzwischenzone* und *Nördliche Randalpen* lagen die Minima in den Jahren 1990 bzw. 1991.

Auch bei den übrigen Makronährstoffen wurde der Einfluß der Trockenheit des Jahres 1992 auf die Nährstoffversorgung festgestellt. So konnte bei Phosphor (15,6 %), Kalium (3,9 %) und Magnesium (5,5 %) in

diesem Jahr der höchste Anteil an Mangelpunkten nachgewiesen werden. Bei Calcium hingegen zeigte sich die beste Versorgung mit über 75 % ausreichend versorgten Flächen.

Die Phosphormangelflächen liegen vorwiegend im Kalkalpenbereich, wobei die Faktoren hoher Boden-pH-Wert und hoher Bodencalciumgehalt neben z.T. geringen Phosphorgehalten in diesen Gebieten die Ursache für die schlechte Phosphorversorgung der Nadeln sein dürfte.

Zwischen 84,4 % und 93 % der untersuchten Flächen wiesen in der Untersuchungsperiode von 1989 bis 1993 eine ausreichende Kaliumversorgung auf.

In allen Untersuchungsjahren konnte auf keiner Fläche ein Calciummangel festgestellt werden. Eine prozentuell über dem Bundesdurchschnitt liegende ausreichende Calciumversorgung konnte in den Hauptwuchsgebieten *Nördliche Randalpen* (rund 64-90 %), *Östliche Randalpen* (rund 61-81 %), *Südliche Randalpen* (rund 78-100 %) und im *Sommerwarmen Osten* (60-80 %) festgestellt werden. In diesen Bereichen liegen vorwiegend jene Untersuchungsflächen, deren Böden eine hohe Basensättigung und damit zu meist auch hohe Bodencalciumgehalte aufweisen. Zu einer auffälligen Zunahme der Magnesiummangelpunkte kam es 1992 in den Bundesländern Oberösterreich und Niederösterreich. Die Zunahme von 2,9 % auf 35,3 % Magnesiummangelpunkte fiel in Oberösterreich besonders deutlich aus.

Literatur

- BERGMANN W. 1993: *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Entstehung und Diagnose*. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- BOSCH C. 1986: *Standorts- und ernährungskundliche Untersuchungen zur Erkrankung der Fichte in höheren Gebirgslagen*. Forstliche Forschungsberichte München, Nr. 75, 250 S.
- FÜRST A. 1992: *Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems - Ergebnisse 1989*. FBVA-Berichte Nr. 63, 37 S.
- FÜRST A. 1994a: *Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems - Ergebnisse 1990*. Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien - Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Bericht WBS-NP 1/1994 34 S.
- FÜRST A. 1994b: *Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems - Ergebnisse 1991*. Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien - Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Bericht WBS-NP 2/1994 32 S.
- FÜRST A. 1994c: *Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems - Ergebnisse 1992*. Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien - Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Bericht WBS-NP 3/1994 25 S.
- FÜRST A. 1995: *Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems - Ergebnisse 1993*. Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien - Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Bericht WBS-NP 4/1995 25 S.
- GUSSONE H.A. 1964: *Faustzahlen für die Düngung im Walde*. BLV-Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München-Basel-Wien, 98 S.
- MUTSCH F. 1992: *Österreichische Waldbodenzustandsinventur - Teil IV: Lithogene Hauptnährstoffe*. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 168/I: 59-88.
- KILIAN W. 1992: *Österreichische Waldbodenzustandsinventur - Teil V: Säurehaushalt - Austauschbare Kationen*. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt 168/I: 89-144.
- KILIAN W., MÜLLER F., STARLINGER F. 1994: *Die Forstlichen Wuchsgebiete Österreichs*. FBVA-Berichte Nr. 82/1994, 60 S.
- REHFUSS K.E. 1983: *Ernährungsstörungen als Ursache der Walderkrankung*. Kali-Briefe 16(9): 549-563.
- SCHEFFER F., SCHACHTSCHABEL P. 1982: *Lehrbuch der Bodenkunde*. Enke, Stuttgart.
- STEFAN K. 1994: *Schwefel-Immissionseinwirkungen nach den Ergebnissen des Österreichischen Bioindikatornetzes von 1983-1992*. ECO-Informa 1994; Bd.5: 265-272.

Verfasser: Ing. Alfred Fürst
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für
Immissionsforschung und Forstchemie
Seckendoff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

*Tabelle 1:
Verteilung der Schwefelgesamtklassifikationen (GK) der
Fichten-, Kiefern- und Buchenflächen (n=261) in den
Entnahmejahren von 1989-1993*

Untersuchungsgebiet (n)	Jahr	GK1	GK2	GK3	GK4
Burgenland (5)	89	-	1	4	-
	90	-	2	3	-
	91	-	2	3	-
	92	-	5	-	-
	93	-	1	4	-
Kärnten (28)	89	1	17	10	-
	90	4	19	5	-
	91	4	17	7	-
	92	5	20	3	-
	93	-	16	12	-
Niederösterreich (64)	89	2	37	25	-
	90	1	48	15	-
	91	2	43	19	-
	92	9	43	12	-
	93	1	44	19	-
Oberösterreich (36)	89	-	24	12	-
	90	-	29	7	-
	91	-	29	7	-
	92	9	20	7	-
	93	-	28	8	-
Salzburg (20)	89	1	19	-	-
	90	2	18	-	-
	91	-	20	-	-
	92	-	19	1	-
	93	-	19	1	-
Steiermark (73)	89	-	52	20	1
	90	5	60	8	-
	91	1	61	11	-
	92	5	56	11	1
	93	1	58	14	-
Tirol (29)	89	2	25	2	-
	90	6	23	-	-
	91	7	22	-	-
	92	9	20	-	-
	93	1	26	2	-
Vorarlberg (6)	89	-	6	-	-
	90	2	4	-	-
	91	-	6	-	-
	92	4	2	-	-
	93	-	6	-	-
Österreich (261)	89	6	181	73	1
	90	20	203	38	-
	91	14	200	47	-
	92	41	185	34	1
	93	3	198	60	0

Tabelle 2:
Hauptnährstoffversorgung der Fichten- und Kiefernflächen

m = mangelhafte;
n = nicht ausreichende;
a = ausreichende Versorgung

		Stickstoff			Phosphor			Kalium			Calcium			Magnesium		
		m	n	a	m	n	a	m	n	a	m	n	a	m	n	a
Burgenland (n=5)	89	3	1	1	-	1	4	-	-	5	-	1	4	-	2	3
	90	1	3	1	-	1	4	-	-	5	-	-	5	-	-	5
	91	3	2	-	-	2	3	-	-	5	-	-	5	-	1	4
	92	4	1	-	-	1	4	-	-	5	-	1	4	-	2	3
	93	3	2	-	-	2	3	-	-	5	-	-	5	-	-	5
Kärnten (n=28)	89	16	11	1	3	4	21	1	3	24	-	12	16	-	9	19
	90	17	9	2	-	-	28	3	2	23	-	10	18	-	4	24
	91	19	9	-	2	3	23	2	2	24	-	9	19	-	1	27
	92	23	5	-	2	3	23	-	5	23	-	4	24	-	5	23
	93	13	12	3	1	3	24	-	4	24	-	11	17	-	5	23
Niederösterreich (n=62)	89	23	31	8	12	11	39	1	3	58	-	14	48	1	21	40
	90	36	24	2	4	10	48	-	5	57	-	23	39	-	24	38
	91	44	16	2	8	15	39	1	3	58	-	24	38	-	12	50
	92	50	11	1	16	17	29	1	9	52	-	9	53	2	22	38
	93	21	34	7	7	19	36	1	3	58	-	16	46	1	23	38
Oberösterreich (n=34)	89	6	22	6	2	5	27	1	2	31	-	21	13	-	24	10
	90	13	16	5	4	5	25	1	4	29	-	19	15	1	26	7
	91	24	10	-	7	7	20	-	4	30	-	22	12	1	26	7
	92	27	7	-	10	8	16	4	3	27	-	11	23	12	11	11
	93	16	16	2	3	12	19	1	4	29	-	19	15	4	17	13
Salzburg (n=20)	89	7	12	1	1	4	15	-	2	18	-	11	9	-	9	11
	90	13	7	-	-	4	16	-	1	19	-	9	11	-	6	14
	91	15	4	1	1	3	16	-	2	18	-	5	15	-	4	16
	92	10	6	4	-	3	17	-	1	19	-	6	14	-	5	15
	93	11	7	2	-	3	17	-	1	19	-	13	7	-	11	9
Steiermark (n=73)	89	42	28	3	7	13	53	1	5	72	-	29	44	-	37	36
	90	50	23	-	2	6	65	-	7	71	-	30	43	-	26	47
	91	53	18	2	4	8	61	-	3	75	-	33	40	-	14	59
	92	54	17	2	4	19	50	2	9	67	-	26	47	-	24	49
	93	34	35	4	6	13	54	2	3	68	-	35	38	1	32	40
Tirol (n=29)	89	19	10	-	2	9	18	-	-	29	-	9	20	-	10	19
	90	25	4	-	2	6	21	-	-	29	-	9	20	-	6	23
	91	24	5	-	5	6	18	-	-	29	-	8	21	-	7	22
	92	27	2	-	6	7	16	3	3	23	-	6	23	-	8	21
	93	13	16	-	2	7	20	-	3	26	-	11	18	-	11	18
Vorarlberg (n=6)	89	3	2	1	1	2	3	-	-	6	-	1	5	-	3	3
	90	2	4	-	1	1	4	-	-	6	-	-	6	-	2	4
	91	5	1	-	1	3	2	-	-	6	-	1	5	-	3	3
	92	4	2	-	2	1	3	-	-	6	-	-	6	-	3	3
	93	2	4	-	1	0	5	-	-	6	-	1	5	-	4	2
Österreich (n=257)	89	119	117	21	28	49	180	4	15	238	-	98	159	1	115	141
	90	157	90	10	13	33	211	4	19	234	-	100	157	1	94	162
	91	187	65	5	28	47	182	3	14	240	-	102	155	1	68	188
	92	199	51	7	40	59	158	10	30	217	-	63	194	14	80	163
	93	113	126	18	20	59	178	4	18	235	-	106	151	6	103	148

Tabelle 3:
Hauptnährstoffversorgung der Fichten- und Kiefernflächen

m = mangelhafte;
n = nicht ausreichende;
a = ausreichende Versorgung

		Stickstoff			Phosphor			Kalium			Calcium			Magnesium		
		m	n	a	m	n	a	m	n	a	m	n	a	m	n	a
Innenalpen (n=28)	89	15	12	1	1	7	20	1	1	26	-	9	19	-	10	18
	90	22	6	-	1	4	23	1	-	27	-	9	19	-	7	21
	91	20	7	1	3	3	22	1	-	27	-	7	21	-	5	23
	92	21	5	2	1	6	21	1	3	24	-	8	20	-	6	22
	93	17	9	2	2	3	23	-	2	26	-	17	11	-	11	17
Nördliche Zwischenalpen (n=22)	89	18	4	-	1	3	18	-	1	21	-	16	6	-	9	13
	90	18	4	-	1	1	20	-	2	20	-	11	11	-	4	18
	91	18	4	-	3	2	17	-	1	21	-	9	13	-	3	19
	92	17	4	1	4	1	17	-	3	19	-	10	12	-	6	16
	93	10	11	1	-	4	18	-	1	21	-	16	6	-	10	12
Östliche und Südliche Zwischenalpen (n=45)	89	23	21	1	1	6	38	-	4	41	-	22	23	-	18	27
	90	30	14	1	-	2	43	2	4	39	-	19	26	-	7	38
	91	32	13	-	2	2	41	1	3	41	-	20	25	-	2	43
	92	34	11	-	1	4	40	-	7	38	-	15	30	-	8	37
	93	20	21	4	1	4	40	-	4	41	-	20	25	-	13	32
Nördliche Randalpen (n=70)	89	28	38	4	16	16	38	2	4	64	-	15	55	1	32	37
	90	48	22	-	8	19	43	-	6	64	-	20	50	-	35	35
	91	61	8	1	15	20	35	1	4	65	-	25	45	1	27	42
	92	55	12	3	20	24	26	4	8	58	-	7	63	6	27	37
	93	28	39	3	12	25	33	2	3	65	-	10	60	1	32	37
Östliche Randalpen (n=26)	89	19	6	1	5	4	17	-	3	23	-	7	19	-	13	13
	90	19	6	1	2	3	21	-	3	23	-	9	17	-	10	16
	91	18	7	1	2	5	19	-	1	25	-	10	16	-	5	21
	92	25	1	-	7	6	13	1	3	22	-	5	21	-	6	20
	93	13	12	1	4	6	16	1	4	21	-	10	16	-	11	15
Südliche Randalpen (n=9)	89	8	1	-	2	4	3	-	-	9	-	2	7	-	4	5
	90	6	2	1	-	-	9	-	-	9	-	2	7	-	3	6
	91	7	2	-	1	3	5	-	-	9	-	2	7	-	1	8
	92	9	-	-	1	3	5	-	-	9	-	-	9	-	5	4
	93	7	2	-	-	3	6	-	1	8	-	2	7	-	2	7
Nördliches Alpenvorland (n=13)	89	2	7	4	1	3	9	1	1	11	-	8	5	-	8	5
	90	1	10	2	1	1	11	1	1	11	-	7	6	-	8	5
	91	7	6	-	2	5	6	-	3	10	-	6	7	-	8	5
	92	9	4	-	4	4	5	2	2	9	-	5	8	3	5	5
	93	4	8	1	1	4	8	1	2	10	-	9	4	1	8	4
Sommerwarmer Osten (n=10)	89	3	5	2	1	3	6	-	-	10	-	2	8	-	4	6
	90	2	8	-	-	2	8	-	-	10	-	2	8	-	2	8
	91	5	5	-	-	1	9	-	-	10	-	3	7	-	2	8
	92	6	4	-	-	4	6	-	1	9	-	1	9	-	4	6
	93	6	4	-	-	4	6	-	-	10	-	4	6	1	1	8
Mühl- und Waldviertel (n=34)	89	3	23	8	-	3	31	-	1	33	-	17	17	-	17	17
	90	11	18	5	-	1	33	-	3	31	-	21	13	1	18	15
	91	19	13	2	-	6	28	-	2	32	-	20	14	-	15	19
	92	23	10	1	2	7	25	2	3	29	-	12	22	5	13	16
	93	8	20	6	-	6	28	-	1	33	-	18	16	3	15	16

Eisen-, Mangan- und Zinkversorgungsgrad der Fichte im Jahr 1993 in Österreich

A. FÜRST

Institut für Immissionsforschung und Forstchemie, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Pflanzenanalytische Untersuchungen der Mikronährstoffe Eisen, Mangan und Zink konnten an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt erst durch den Einsatz der ICP-OES (optische Plasmaemissionspektrometrie) als leistungsfähige Analysenmethode durchgeführt werden. Im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) wurden diese Elemente in den Fichtenproben der Entnahme 1993 bestimmt. Neben der Bedeutung, den Absolutgehalten und dem Versorgungsgrad der Fichten mit diesen Mikronährstoffen wird als erster Auswertungsschritt auch auf die Beziehung zwischen den Pflanzen- und Bodengehalten eingegangen. Da es sich beim WBS-Netz um ein bundesweites Netz handelt, das eine Vielzahl der in Österreich vorkommenden Klima-, Standorts- und Bodentypen umfaßt, war zwar eine enge Korrelation zwischen Boden und Pflanzengehalten wie bei kleinräumigen Erhebungen nicht zu erwarten. Es waren aber dafür allgemeingültige Aussagen über Zusammenhänge zwischen Boden- und Nadelgehalten möglich.

Insbesondere die Mangangehalte der Nadeln korrelierten mit den Bodenparametern pH-Wert und Calciumgehalt, wobei diese Korrelationen wesentlich deutlicher waren als der Zusammenhang zwischen Nadelmangangehalt und austauschbaren Bodenmangangehalt. Auch zwischen den Nadelzinkgehalt und dem Boden-pH-Wert bzw. dem Bodenzinkgehalt waren Zusammenhänge feststellbar.

Schlüsselworte: Boden/Nadel, Fichte, Eisen, Mangan, Zink

Abstract. [The Iron, Manganese and Zinc supply of Norway Spruce in Austria in 1993.] With the help of the ICP-OES (optical plasma emission spectrometry) it was first possible at the Federal Forest Research Centre to perform plant-analytical investigations of the micro-nutrients iron, manganese and zinc. In connection with the Forest Damage Monitoring System (WBS) the content of the said elements in the spruce samples collected in 1993 was determined. Further to their significance also the absolute content and the supply of spruce with the said micro-nutrients, and the connection between plant and soil content is discussed as a first step of the evaluation process. As the WBS grid incorporates sites from all over Austria and comprises many of Austria's climate, site, and soil types, it was clear from the beginning that the connection between soil and plant values would not be as evident as in the case of small-scale investigations. To make up for this, it was possible to make statements of universal validity on connections between soil and needle content.

Especially the manganese values of the needles correlated with the soil parameters pH and calcium content, the correlations being considerably more important than the connection between the manganese content of needles and exchangeable manganese content of the soil. Also between the zinc content of needles and the pH value of the soil and the zinc content of the soil connections were confirmed.

Keywords: Soil/needle, Norway spruce, iron, manganese, zinc

1. Einleitung

Im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS) wurden im Herbst 1993 an 243 Untersuchungsflächen Fichtennadelproben des Austriebes 1993 entnommen und u.a. deren Eisen-, Mangan- und Zinkgehalte bestimmt.

Die Bodenprobenahme erfolgte auf den identen Flächen in den Jahren 1987-1989, wobei der pH-Wert, Gesamtgehalte an Haupt- und Spurenelemen-

ten, austauschbare Kationen, Basensättigung und Kationenaustauschkapazität ermittelt wurden.

Neben den Absolutgehalten und dem Versorgungsgrad der Fichten wird auch auf die Beziehung zwischen den Pflanzen- und Bodengehalten eingegangen. In der Literatur zeigen einige Arbeiten z.T. recht hohe Korrelationen zwischen Boden- und Pflanzengehalten. Jedoch wurden die meisten dieser Untersuchungen nur lokal, unter weitgehend identen klimatischen und standörtlichen Gegebenheiten durchgeführt. Aussagen über die Abhängigkeit von Boden-

und Pflanzengehalten waren daher nur kleinräumig möglich. Da es sich hingegen beim WBS-Netz um ein bundesweites Netz handelt, das eine Vielzahl der in Österreich vorkommenden Klima-, Standorts- und Bodentypen umfaßt, war eine so enge Korrelation zwischen Boden und Pflanzengehalten im vorhinein nicht zu erwarten. Es sollten dafür aber allgemeingültigere Aussagen über den Zusammenhang zwischen Boden- und Nadelgehalten möglich sein.

2. Methodik

Für diese Auswertung wurden die Mittelwerte der Elementgehalte der Fichtenproben des Nadeljahrganges 1 je WBS-Fläche aus dem Entnahmejahr 1993 verwendet; es standen somit 243 Flächen zur Verfügung (s. FÜRST 1995). Bestimmt wurden diese Gehalte mit einem Plasmaemissionsspektrometer, als Probenvorbereitung wurde ein Säureaufschluß (Schwefelsäure/Salpetersäure) eingesetzt (s. FÜRST 1994).

Zur Verknüpfung der Nadelnadeln mit Bodendaten wurden vom Institut für Forstökologie die Ergebnisse der ersten Erhebung der Waldbodenzustandsinventur (WBZI) von 1987 bis 1989 aus der Tiefenstufe B (0-10 cm), dem Hauptwurzelraum der Fichte, zur Verfügung gestellt (s. FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT 1992). Es handelt sich dabei um die Parameter Boden-pH-Wert, Gesamtelementgehalte (aus dem Säureaufschluß), soweit vorhanden auch die austauschbaren Kationengehalte, die Basensättigung, die Kationenaustauschkapazität und um den organischen Kohlenstoffanteil.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Eisen

3.1.1 Bedeutung als Mikronährstoff

Die Bedeutung des Eisens im Stoffwechsel der Pflanzen beruht auf seiner guten Fähigkeit zu Valenzwechsel ($\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+} + e^-$) und seiner Neigung Chelatkomplexe zu bilden. Eisen ist Bestandteil von Wirkungsgruppen in verschiedenen Enzymen. So spielen die eisenhaltigen Häminenzyme im Energiestoffwechsel - bei Redoxreaktionen und als Elektronenüberträger - eine entscheidende Rolle. Eisen ist daher

direkt verantwortlich für die Produktion von Atmungsenergie. Mangel an Eisen führt daher zu einer Verringerung der Atmung und damit zu einer Verminderung der für Synthese und Wachstumsprozesse zur Verfügung stehenden Energie. Auch die aktive, energieabhängige Ionenaufnahme der Pflanzen ist deshalb bei Eisenmangel gestört.

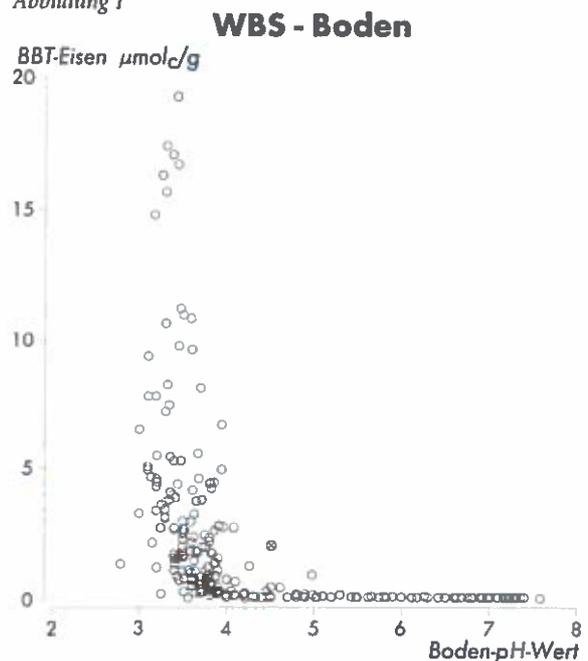
Eisen ist auch Bestandteil von Chlorophyllvorstufen und katalysiert deren Synthese sowie die Synthese des Chlorophylls selbst über verschiedene Enzymsysteme (DELRIO ET AL 1977, MACHOLD & STEPHAN 1969).

Eine weitere wichtige Eisenverbindung, das Fe^{2+} haltige Ferredoxin, ist bei der Photosynthese als Elektronenakzeptor und -überträger der durch die Lichtreaktion freigesetzten Elektronen beteiligt. Auch bei der Eiweißsynthese - zur Nitratreduktion - wird Ferredoxin von den Pflanzen verwendet (DEKOCK 1971).

3.1.2 Verfügbarkeit, Aufnahme und Transport

Eisen ist meist ein Makrobestandteil des Bodens. Es kommt vorwiegend in gebundener Form vor (Oxide, Hydroxide, Carbonate und Phosphate), die übliche Eisenkonzentration in der Bodenlösung liegt etwa im Bereich von 10^{-6} bis 10^{-20} mg Fe/l (RÖMHELD & MARSCHNER 1986), erst mit sinkenden pH-Wert - im stark sauren Bereich - werden nennenswerte Mengen in der Bodenlösung festgestellt ("Eisenpufferbereich"). Diese Tatsache ist auch bei der WBZI erkennbar, in der Abbildung 1 ist der Zusammenhang zwischen dem Boden-pH-Wert und dem austauschbaren Kationenanteil (gem. ÖNORM L 1086) an Eisen im BBT-Auszug in $\mu\text{mol.l.Eq/g}$ dargestellt. Nennenswerte Mengen an

Abbildung 1



austauschbarem Eisen treten erst bei Boden-pH-Werten unter 4 auf. Von den Pflanzen wird sowohl Eisen als Fe^{2+} als auch als Fe^{3+} aufgenommen, wobei bei der Aufnahme Fe^{2+} bevorzugt wird (HÖFNER 1972). Ein Zusammenhang zwischen Gesamteisengehalt bzw. dem austauschbaren Eisengehalt im Boden mit den Nadeleisengehalten konnte bei dieser Erhebung jedoch nicht festgestellt werden. Dies könnte eventuell damit zusammenhängen, daß ein großer Teil des Eisens über Wurzelinterceptionswachstum direkt aufgenommen werden kann, gefördert wird die Eisenaufnahme dabei durch das Reduktionsvermögen der Wurzeln und die Ausscheidung organischer Säuren (BERGMANN 1993).

Auch Korrelation zwischen dem Eisengehalt in der Nadel und den in der Literatur (BERGMANN 1993) angegebenen Einflußfaktoren wie alkalische Böden mit hohem Calcium- und Magnesiumanteil, hohe Bodenphosphorgehalte und der Gehalt an organische Substanz, zeigen nur max. 10 % Anteil an der erklärten Varianz.

3.1.3 Eisengehalte in den Nadeln

Der Median der Nadelgehalte des Gesamtmaterials im Jahr 1993 betrug 38,7 ppm; die Gehalte lagen zwischen 25 ppm und 211 ppm Eisen. Die Ergebnisse wurden in Wuchsgebiete (KILIAN ET AL. 1994) zusammengefaßt, wobei sich die in der Tabelle 1 dargestellte Reihung bei den Eisengehalten ergab:

Die höchsten Werte konnten im *Nördlichen Alpenvorland - Ostteil, Ost- und Mittelsteirisches Bergland* und im *Mühl- und Waldviertel* nachgewiesen werden. Die geringsten Mittelwerte konnten im Hauptwuchsgebiet *Nördliche Zwischenalpen*, im *Niederösterreichischen Alpenostrand* und im Wuchsgebiet *Subkontinentale Innenalpen - Ostteil* festgestellt werden.

Zu Eisenmangel bei Fichten kann es bei Nadelspiegelwerten unter 20 ppm kommen - keiner der Fichtenpunkte im Jahr 1993 wies Gehalte im Mangelbereich auf. Eine optimale Eisenversorgung liegt im Bereich zwischen 30 bis 180 ppm vor (FOERST ET AL. 1987) in diesen Bereich bewegen sich rund 90 % aller Werte. Gehalte über 180 ppm konnten nur an einem Punkt festgestellt werden.

3.2 Mangan

3.2.1 Bedeutung als Mikronährstoff

Mn^{2+} ist gemeinsam mit Mg^{2+} an zahlreichen Enzymreaktionen beteiligt, wobei sich die beiden Elemente bis zu einem gewissen Grad vertreten können. Man-

gan aktiviert auch verschiedene Enzyme im Tricarbonsäurezyklus besser als Magnesium, bei Manganimangel erfolgt daher eine Anreicherung organischer Säuren wie Citronensäure.

Mangan wird in der Pflanze, bedingt durch seine Redoxeigenschaften, zur enzymatischen Steuerung von Oxidations- und Reduktionsvorgängen sowie bei Carboxylierungsprozessen im Kohlehydrat- und Eiweißstoffwechsel verwendet. Wegen seines hohen Redoxpotentials wird es als der wichtigste Metallaktivator im Krebszyklus angesehen, dem für die Grundatmung von Pflanzen besondere Bedeutung zukommt.

Bei der Photosynthese wird Mn^{2+} als essenzielles Element für die Wasserabspaltung (Hill-Reaktion) bei der Lichtreaktion der Photosynthese (Photosystem I) und als Elektronendonator beim Einbau von CO_2 angesehen (Photosystem II). Bedingt durch die direkte Beteiligung an der Photosynthese korreliert die CO_2 -Assimilation mit der Manganversorgung, bei Manganimangel kommt es zu einem Rückgang an Assimilaten (Zucker, Stärke, Zellulose) (BERGMANN 1993).

Auch im Eiweiß- und Fettstoffwechsel spielt Mangan eine wichtige Rolle (VIELEMEYER ET AL. 1969A UND 1969B, VLASIUK & NIZKO 1966, AMBERGER 1972).

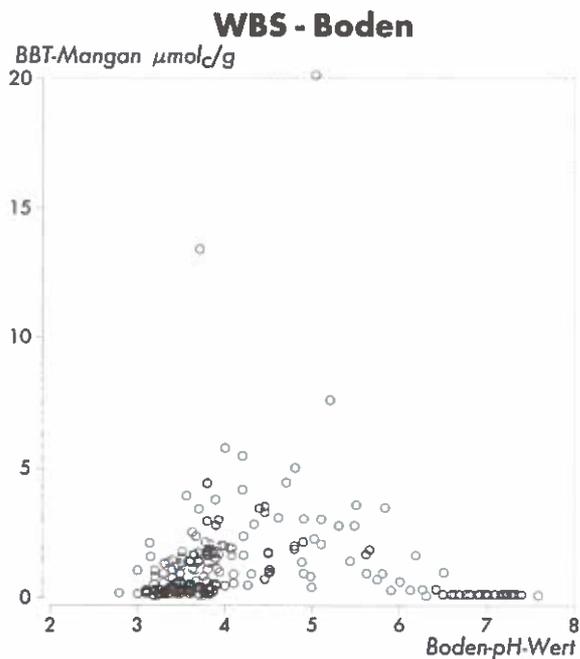
Die Aktivität der β -Indolylessigsäure - einem Wachstumsregulator - wird durch Mangan beeinflusst. Während Mn^{2+} die Aktivität der Indolylessigsäure-Oxidase reguliert, beeinflusst Zn^{2+} die β -Indolylessigsäurebildung (MORGAN ET AL. 1976, HEWITT 1958). Die beiden Mikronährstoffe kontrollieren dadurch das Pflanzenwachstum.

3.2.2 Verfügbarkeit, Aufnahme und Transport

Mangan wird normalerweise über die Wurzeln in der Form von Mn^{2+} Kationen aufgenommen. Es können aber auch leicht reduzierbare Manganverbindungen, die in schweren, neutralen Böden in größerer Menge vorkommen, von den Pflanzen genutzt werden. Die Mangangehalte in den Assimilationsorganen können im Gegensatz zu anderen Makro- und Mikronährstoffen je nach Standortbedingungen in weiten Grenzen schwanken, was auch bei dieser Erhebung beobachtet werden konnte. Die Ursachen dafür liegen einerseits in der starken pH-abhängigen Manganverfügbarkeit, andererseits im unterschiedlichen Reduktionsvermögen der Wurzeln und der Möglichkeit der Pflanzen durch, saure Wurzelauausscheidungen die Manganverfügbarkeit zu verbessern.

Während Mangan bei hohen Boden-pH-Werten (carbonatbeeinflusste Böden) nahezu unlöslich ist,

Abbildung 2



geht es mit sinkenden pH-Wert rasch in Lösung wird jedoch bei weiterer Versauerung im Gegensatz zu Eisen rasch ausgewaschen. In der Abbildung 2 ist dieser Zusammenhang zwischen dem Boden-pH-Wert und dem Anteil an austauschbaren Mangan anhand der WBZI-Daten dargestellt. Die höchsten Anteile an austauschbaren Mangan konnten im pH-Bereich zwischen 3,5 und 6 festgestellt werden. Die Ursache für den starken Boden-pH-Einfluß auf die Manganverfügbarkeit ist in der Beeinflussung der Redoxreaktion $\text{Mn}^{2+} \leftrightarrow \text{Mn}^{3+} \leftrightarrow \text{Mn}^{4+}$ zu suchen (BLASL & BACHLER 1982). Im aeroben Milieu bei Boden-pH-Werten zwischen 6,5 bis 8,0 ist die Manganverfügbarkeit, bedingt durch die hohe Bakterientätigkeit im Boden und die damit verbundene Mn^{2+} -Aufoxidation zu schwer verfügbaren Mn(IV)-Oxiden, am geringsten (BROMFIELD 1978); mit Manganmangel bei niederen Boden-pH-Werten ist hingegen nur auf Böden mit sehr niederen Mangangesamtgehalten zu rechnen. Zu Manganüberschuß kann es hingegen auf sauren Böden (< 5,5 bis 6,0 pH) mit hohem Reduktionsvermögen und hohem Anteil an verfügbaren Mn^{2+} kommen. Aus diesem Grund konnten die höchsten Nadelmangangehalte in diesem Boden-pH-Bereich festgestellt werden, der Zusammenhang ist in der Abbildung 3 ersichtlich.

Neben hohen Boden-pH-Werten hemmen auch hohe Gehalte an Ca^{2+} die Mn^{2+} -Aufnahme und den Transport in der Pflanze, wobei der Grund dafür in den ähnlichen Ionenradien liegen dürfte (AMBERGER 1972). Dieser Einfluß von Calcium auf den Mangan-

Abbildung 3

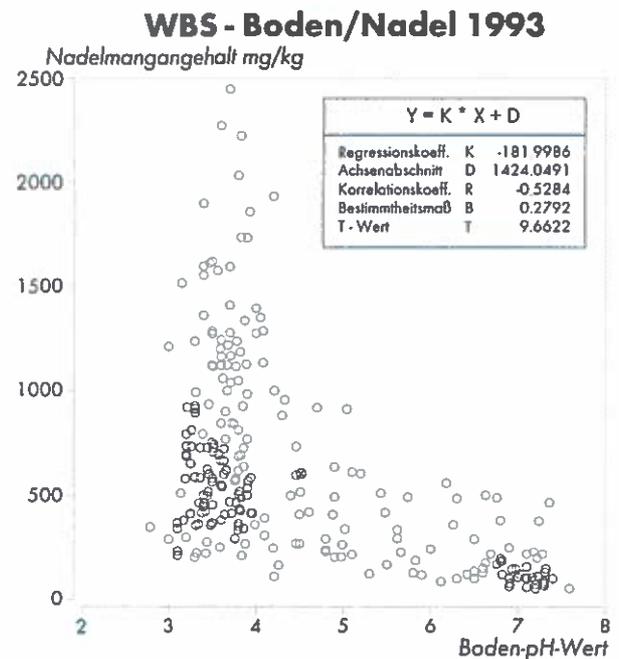
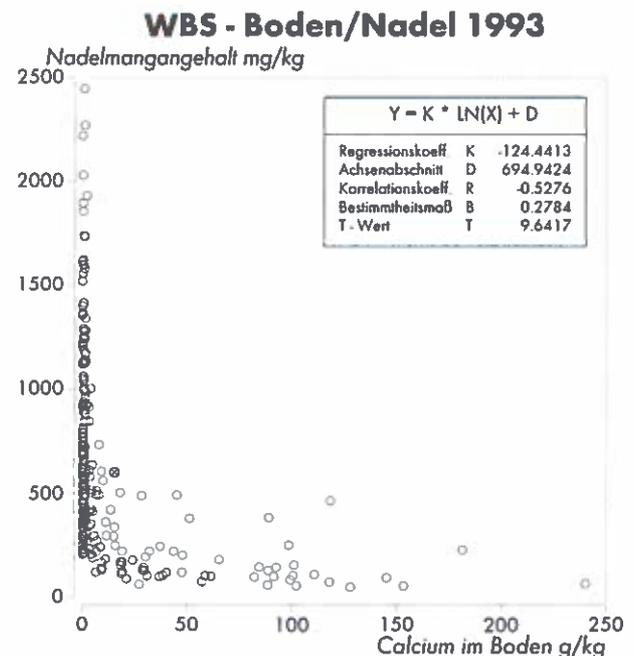


Abbildung 4



gehalt in den Nadeln konnte auch bei den Proben des WBS sehr deutlich beobachtet werden. In der Abbildung 4 ist der Zusammenhang zwischen dem Calciumgehalt im Boden und dem Mangangehalt in den Nadeln dargestellt - hohe Mangangehalte treten nur bei niederen Bodencalciumgehalten (<10 g/kg) auf. Damit ist der Einfluß von Bodencalciumgehalten auf die Nadelmangangehalte deutlicher als jener der Bodengesamt-mangangehalte bzw. des austauschbaren Mangans im Boden auf die Nadelmangangehalte.

3.2.3 Mangangehalte in den Nadeln

Im Jahr 1993 lag der Manganmedianwert des Gesamtmaterials bei 481 ppm; die Spanne reichte von 33 bis zu 2433 ppm. Auch hier wurden als Untergliederung des Bundesgebiet die Einzelergebnisse zu Wuchsgebietsergebnisse zusammengefaßt. Die niedrigsten Manganwerte konnten in den Wuchsgebieten *Niederösterreichischer Alpenostrand, Nördliche Zwischenalpen - Westteil, Nördliche Randalpen - Westteil und Nördliche Randalpen - Ostteil* auf zumeist carbonatbeeinflussten Standorten mit hohen Boden-pH-Werten festgestellt werden (s. Tabelle 2). Die höchsten Gehalte hingegen konnten in den Wuchsgebieten *Nördliches Alpenvorland, Subillyrisches Hügel- und Terrassenland* und im *Waldviertel* nachgewiesen werden. Auffällig ist der deutliche Unterschied in den Mangangehalten zwischen *Mühlviertel* (mittlerer Gehalt 488 ppm) und *Waldviertel* (mittlerer Gehalt 1236 ppm), für den es vorerst keine Erklärung gibt.

Manganmangel liegt bei der Fichte bei Gehalten unter 20 ppm vor (FOERST ET AL. 1987); keine der Fichtenproben im Jahr 1993 wies Gehalte unterhalb dieses Gehaltes auf. Nur zwei Prozent der Werte liegen unterhalb des ausreichend versorgten Bereiches zwischen 20 bis 50 ppm. Mit einer ausreichenden Manganversorgung ist nach BERGMANN (1993) bei Gehalten zwischen 50-500 ppm zu rechnen, in diesen Bereich liegen rund 52 % aller Werte. 5000 - 6000 ppm ist als obere Grenze des optimalen Versorgungsbereiches anzusehen (FOERST ET AL. 1987, NEBE ET AL. 1987) in diesen Bereich befinden sich rund 46 % der Werte. Gehalte oberhalb des optimalen Versorgungsbereiches konnten 1993 nicht festgestellt werden.

3.3 Zink

3.3.1 Bedeutung als Mikronährstoff

Zink wird, wie auch andere metallische Mikronährstoffe, bei einer Anzahl von Enzymen als spezifische Metallkomponente wirksam und kann andere Enzymreaktionen in unspezifischer Weise sowohl fördernd als auch hemmend beeinflussen (z.B. Brenztraubensäure- und Oxalessigsäuredecarboxylase).

Zu den zinkhaltigen Enzymen zählt die Kohlensäure-Anhydrase, die die Reaktion $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ katalysiert. Auch verschiedene Peptidasen sind ebenfalls durch Zn^{2+} spezifisch aktivierte Enzyme, die

Zink als Metallprotein enthalten. Zink ist somit unmittelbar am Eiweißstoffwechsel beteiligt. Bei Zinkmangel ist daher die Eiweißsynthese signifikant herabgesetzt und es kommt zu Anreicherungen von Aminosäuren, Amiden und Nitrat in den Pflanzen.

Der Auxinstoffwechsel der Pflanze wird durch Zn^{2+} positiv beeinflusst. Bekannt ist, das die Synthese von Tryptophan aus Indol und Serin durch Zn^{2+} katalysiert wird - Tryptophan ist eine Vorstufe des Auxins β -Indolylessigsäure. Es besteht somit ein enger Zusammenhang zwischen der Zinkversorgung, dem Tryptophangehalt und der β -Indolylessigsäure. Wie bereits bei Mangan erwähnt regulieren die beiden Metalle Mangan und Zink das Pflanzenwachstum. Während Zn^{2+} die Auxinsynthese positiv beeinflusst, verhindert Mn^{2+} durch die Aktivierung der IES-Oxidase ein Überangebot an Auxin.

Auch verschiedenen Dehydrogenasen enthalten im physiologisch aktiven Zustand Zink. Auch Einflüsse von Zink auf die RNA-Synthese, die Chlorophyllsynthese sind bei BERGMANN (1993) beschrieben.

3.3.2 Verfügbarkeit, Aufnahme und Transport

Von den Pflanzen wird Zink in der Form von Zn^{2+} aufgenommen. Wegen den niederen Zn^{2+} -Gehalten in der Bodenlösung und der geringen Beweglichkeit der Zinkionen begünstigt der direkte Kontakt zwischen Wurzeln und den Bodenpartikeln die Zinkaufnahme. Die Aufnahme wird durch hohe pH-Werte im Nährmedium negativ beeinflusst (BERGMANN 1993). Dieser in der Literatur beschriebene negative Einfluß von hohen Boden-pH-Werten auf die Zinkaufnahme konnte an den beim WBS untersuchten Standorten nicht festgestellt werden, im Gegensatz dazu wurde sogar eine bessere Zinkversorgung der Nadeln bei höheren Boden-pH-Werten bzw. höheren Bodencalciumgehalten festgestellt (s. Abbildung 5). Da aber die Zinkgehalte in den Nadeln - im Gegensatz zu den Eisen- und Mangangehalten - deutlich mit den Gesamtgehalten im Boden korrelieren (s. Abbildung 6), dürfte es sich nicht primär nur um einen Einfluß des Boden-pH-Wertes handeln, sondern hauptsächlich um den positiven Zusammenhang zwischen Bodenzinkgehalten und Nadelzinkgehalten. Auch aus dem Zusammenhang zwischen dem Boden-pH-Wert und den Bodenzinkgehalt ist ersichtlich (s. Abbildung 7), daß bei niederen pH-Werten nur niedere Zinkgehalte im Boden vorliegen, weil im sauren Milieu Zink rasch in tiefere Bodenschichten ausgewaschen wird und somit den Fichten nicht mehr als Nährstoff zur Verfügung steht (s. MUTSCH 1992).

3.3.3 Zinkgehalte in den Nadeln

Im Jahr 1993 wurde beim Gesamtmaterial ein Medianwert von 34 ppm festgestellt; die Spanne betrug 8 bis 97 ppm. Die niedrigsten Zinkmedianwerte wurden im Hauptwuchsgebiet *Nördliches Alpenvorland* und im Wuchsgebiet *Subillyrisches Hügel- und Terrassenland* nachgewiesen (s. Tabelle 3). Die höchsten Zinkmedianwerte wurden in den Wuchsgebieten *Niederösterreichischer Alpenostrand* und *Nördliche Randalpen - Ostteil* und im Hauptwuchsgebiet *Südliche Randalpen* festgestellt. Die relativ hohen Bodenzinkgehalte und die niederen Phosphorgehalte in den Nadeln dürften trotz des hohen Boden-pH-Wert die Ursache für die gute Zinkversorgung in den Wuchsgebieten *Niederösterreichischer Alpenostrand* und *Nördliche Randalpen - Ostteil* sein. Die Ursachen hingegen für die höheren Zinkwerte im Hauptwuchsgebiet *Südliche Randalpen* liegen einerseits im geogenen Vorkommen und andererseits in der Belastung durch die ehemaligen Zinkverhüttung (Raum Arnoldstein) begründet.

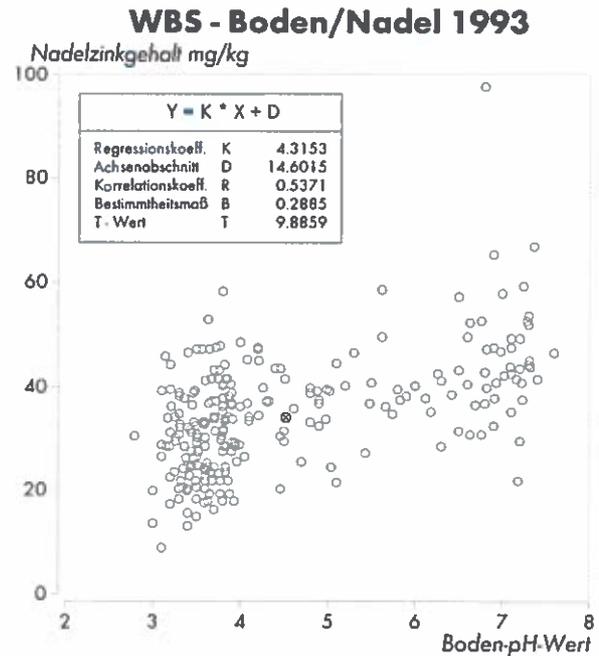
Zinkmangel tritt bei der Fichte bei Gehalten unter 15 ppm auf (BERGMANN 1993). Im Jahr 1993 konnte in Oberösterreich auf 4 Punkten (1,6 %) Zinkmangel festgestellt werden (s. Abbildung 8). Es handelt sich dabei um Standorte mit niederen Boden-pH-Wert und geringen Zinkgehalten im Boden. Rund 20 % der untersuchten Flächen wiesen einen Zinkgehalt zwischen 15 und 25 ppm auf und lagen damit im unteren Teil des ausreichend versorgten Konzentrationsbereiches. Gehalte oberhalb der ausreichenden Versorgung (größer als 60 ppm) traten im Jahr 1993 an 3 Punkten (1,2 %) auf, wobei zwei dieser Punkte in Kärnten in Gebieten mit geogenen Zinkvorkommen bzw. in der Nähe der Blei/Zinkhütte Arnoldstein liegen.

4. Zusammenfassung

Im Rahmen der pflanzenanalytischen WBS-Erhebungen wurden neben Schwefel und den Makronährstoffen auch die Mikronährstoffe Eisen, Mangan und Zink bestimmt. Neben der Feststellung des Versorgungsgrades der 243 Fichtenflächen mit diesen Mikronährstoffen war es Ziel der Arbeit auch auf Zusammenhänge zwischen den Nadelgehalten und Bodenparametern einzugehen.

Eisenmangel (< 20 ppm) konnte 1993 an keine Fläche in den Nadel festgestellt werden. Rund 90 %

Abbildung 5



der Werte lagen im optimalen Bereich zwischen 30 und 180 ppm; nur eine Fläche wies einen Eisengehalt oberhalb dieses Bereiches auf. Korrelationen mit mehr als 10 % erklärter Varianz zwischen den Nadel-eisengehalten und den Bodenparametern Eisengehalt, pH-Wert, Calciumgehalt und org. Kohlenstoffanteil konnten nicht festgestellt werden.

Manganmangel (< 20 ppm) konnte 1993 nicht festgestellt werden; rund 2 % der Werte lagen unterhalb des ausreichend versorgten Bereich (20-50 ppm). Die meisten Werte (rund 51 %) konnten im ausreichend versorgten Bereich zwischen 50-500 ppm festgestellt werden. Im darüber liegenden optimal versorgten Bereich befinden sich rund 47 % der Werte. Der höchste 1993 festgestellte Mangangehalt betrug 2433 ppm und lag damit deutlich unterhalb der oberen Grenze des optimalen Versorgungsbereiches (5000 bis 6000 ppm). Deutliche Einflüsse zwischen Mangangehalt in den Nadeln und den Bodenparametern pH-Wert und Calciumgehalt konnten festgestellt werden.

Zinkmangel (< 15 ppm) konnte 1993 an vier Punkten in Oberösterreich nachgewiesen werden; Gehalte oberhalb des ausreichend mit Zink versorgten Bereiches (>60 ppm) konnten an 3 Punkten nachgewiesen werden.

Zusammenhänge zwischen den Nadelzinkgehalten und den Bodenzinkgehalten aber auch mit dem Boden-pH-Wert waren feststellbar.

Abbildung 6

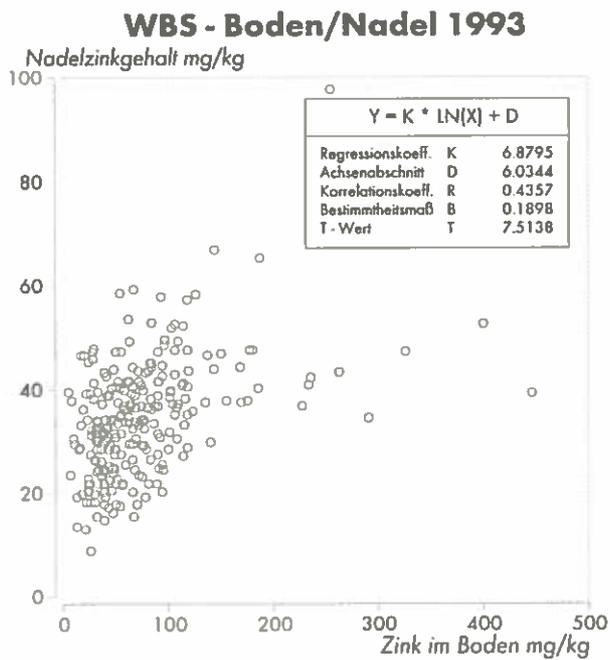


Abbildung 7

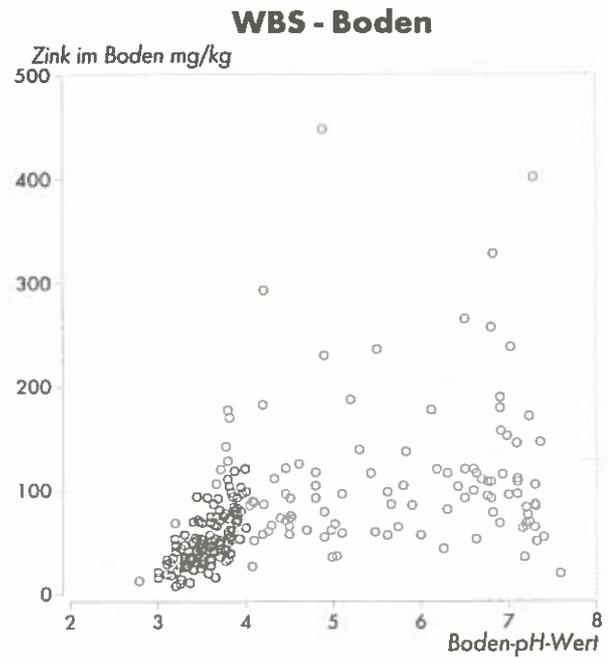
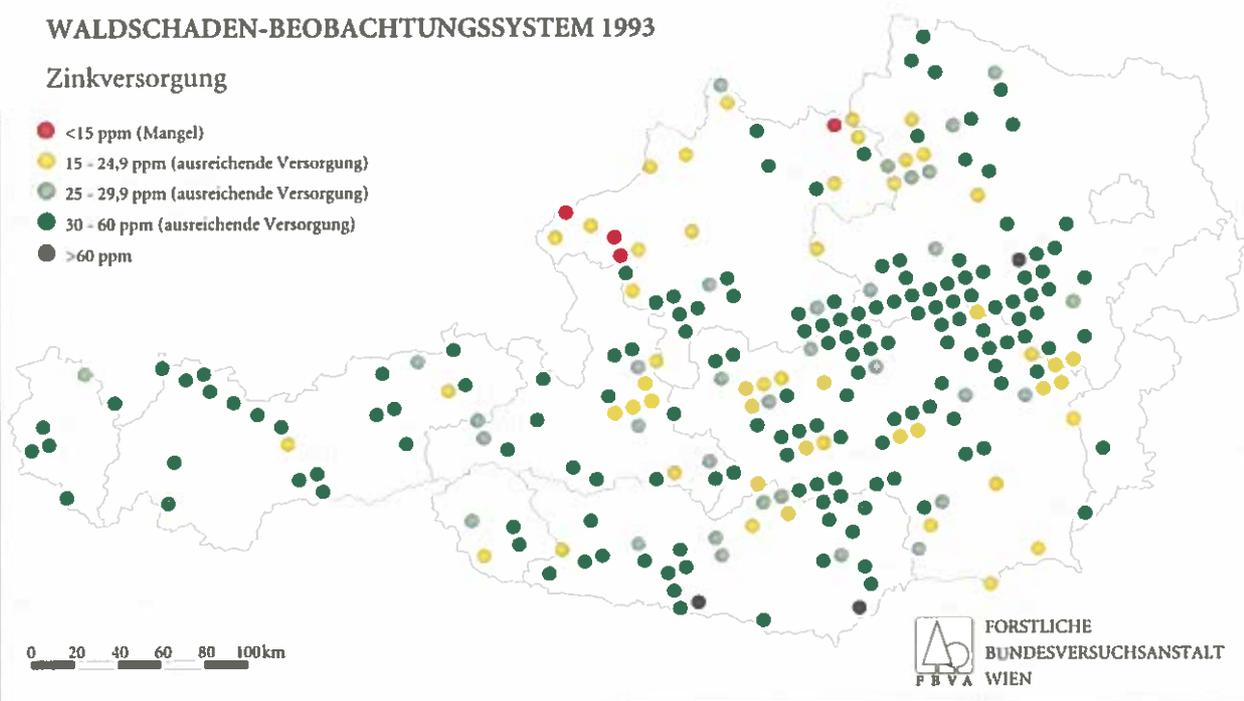


Abbildung 8

WALDSCHADEN-BEOBACHTUNGSSYSTEM 1993**Zinkversorgung**

- <15 ppm (Mangel)
- 15 - 24,9 ppm (ausreichende Versorgung)
- 25 - 29,9 ppm (ausreichende Versorgung)
- 30 - 60 ppm (ausreichende Versorgung)
- >60 ppm



5. Ausblick

Die in der Arbeit vorgestellten Ergebnisse sind als erster Auswertungsschritt anzusehen. Es wird zur Zeit versucht, durch Modellrechnungen den komplexen Zusammenhang zwischen Boden- und Nadelgehalten zu beschreiben. Die regressionsanalytischen Auswertungen werden allerdings durch die nicht normalverteilten Daten und das Fehlen von einzelnen Bodenparametern erschwert. In diese Modellrechnungen sollen auch die Ergebnisse der übrigen Nadelnährstoffgehalte der Probennahme 1993 einfließen, um allfällige gegenseitige Beeinflussungen der Nadelnährstoffgehalte bei der Modellbildung mitberücksichtigen zu können.

Zur Verbesserung der Datenqualität und zur Erfassung der Schwankungsbreite ist eine mehrmalige Aufnahme sowohl der Nadel- als auch der Bodengehalte wünschenswert. Da die nadelanalytischen Untersuchungen in Jahresintervallen wiederholt werden, werden die, seit kurzem zur Verfügung stehenden, Ergebnisse der Entnahme 1994 als Kontrolle der Modellrechnung verwendet. Eine Wiederholung der WBZI wird voraussichtlich 1997/98 erfolgen, dabei soll auch der Anteil an pflanzenverfügbaren Schwermetalle bestimmt werden, wodurch auch der pflanzenverfügbare Zinkanteil im Boden erstmals festgestellt wird und damit die Nadelzinkgehalte vermutlich besser erklärt werden können. Weiters soll durch die Modifikation des Bodenauszuges die pflanzenverfügbaren Eisen- und Mangananteile besser erfaßt werden als durch den bei der Erstaufnahme verwendeten BBT-Auszug.

Literatur

- AMBERGER A. 1972: *Die Rolle des Mangans im Stoffwechsel der Pflanzen*. Publ. IX. Simp. Intern. Agrochim., Punta Ala di Castiglione della Pescaia: 165-182.
- BLASL S. & BACHLER W. 1982: *pH-bedingte Pflanzentoxizität und Kalkwirkung*. Die Bodenkultur 33:16-40.
- BROMFIELD S. M. 1978: *The effect of manganeseoxidizing bacteria and pH on the availability of manganous ions and manganese oxides to oats in nutrient solutions*. Plant and Soil 49: 23-29.
- BERGMANN W. 1993: *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen*. Gustav Fischer Verlag Stuttgart, S614.
- DELRIO L. A. & GOMEZ M. & YANEZ J. 1978: *Iron deficiency in pea plants - effect on catalase, peroxidase chlorophyll and proteins in leaves*. Plant and Soil 49: 343-353.
- DEKOCK P. C. 1971: *Fundamental aspects in iron nutrition of plants*. Tech. Bull. Minist. Agric., Fisheries and Food, Great Britain 21: 41-44.
- FOERST K. & SAUTER U. & NEUERBURG W. 1987: *Bericht zur Ernährungssituation der Wälder in Bayern und über die Anlage von Walddüngungsversuchen*. Forstliche Forschungsberichte München 79. S 7.
- FÜRST A. 1994: *Erfahrungen mit dem Schwefelsäure/Salpetersäureaufschluß*. Arbeitsgemeinschaft Landwirtschaftlicher Versuchsanstalten Österreichs - Fachgruppe Pflanzenanalyse Tagungsbeitrag Gumpenstein 20.10.-21.10.1994; S4.
- FÜRST A. 1995: *Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems / Ergebnisse 1993*. Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien - Bericht WBS-NP 4. 51 S.
- FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT (Hrsg.) 1992: *Österreichische Waldboden-Zustandsinventur*. Wien, Forstliche Bundesversuchsanstalt, 168/I+II: S 247.
- HEWITT E. J. 1958: *The role of mineral elements in the activity of plant enzyme systems*. In: Handbuch Pflanzenphysiologie, Bd.IV Die mineralische Ernährung der Pflanze. Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg: 427-481.
- KILIAN W., MÜLLER F., STARLINGER F. (1994): *Die Forstlichen Wuchsgebiete Österreichs*. FBVA-Berichte Nr. 82, 60 S.
- MORGAN P. W. & TAYLOR D. M. & JOHAM H. E. 1976: *Manipulation of IAA-Oxidase activity and auxin deficiency symptoms in intact cotton plants with manganese nutrition*. Physiol. Plant. 37:149-156.
- NEBE W., ILGEN G., HOFMANN W., FIEDLER H.J., LEUBE F., STRANZKY N. 1987: *Zur Ernährung von Fichtenbeständen in Gebieten mit qualitativ unterschiedlichen Immissionen*. soz. Forstw, 37:346-348.
- ÖSTERREICHISCHES NORMUNGSMINISTERIUM (Hrsg.) 1989: *ÖNORM L 1086*.
- RÖMHELD V. & MARSCHNER H. 1986: *Mobilisation of iron in the rhizosphere of different plant species*. In: TINKER B. & LÄUCHLI A. (Hrsg.): *Advances in Plant Nutrition*. Vol.2: 155-204.
- VIELEMEYER H.P. & FISCHER F. & BERGMANN W. 1969a: *Untersuchungen über den Einfluß der Mikronährstoffe Eisen und Mangan auf den Stickstoffstoffwechsel landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. I. Orientierende Untersuchungen über Stickstoff-Fraktionen und Aminosäurezusammensetzung von Gesamthydrolysaten einiger Futterpflanzen*. Thaer Archiv 13: 291-302.
- VIELEMEYER H.P. & FISCHER F. & BERGMANN W. 1969b: *Untersuchungen über den Einfluß der Mikronährstoffe Eisen und Mangan auf den Stickstoffstoffwechsel landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. II. Untersuchungen über die Wirkung des Mangans auf die Nitratreduktion und den Gehalt an freien Aminosäuren in jungen Buschbohnenpflanzen*. Thaer Archiv 13: 393-404.
- VLASIUK P. A. & NIZKO V. F. 1966: *Der Einfluß verschiedener Stickstoff-Formen auf die Fraktions- und Aminosäurezusammensetzung von Karyopseneiweiß des Maises*. Agrochimija Moskva 2: 16-22.

Verfasser: Ing. Alfred Fürst
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für
Immissionsforschung und Forstchemie
Seckendoff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Tabelle 1:

Eisengehalte in den Fichtennadeln der WBS-Flächen des Probenahmejahres 1993 gegliedert nach Wuchsgebieten

Wuchsgebiet (Anzahl)	Minimum	Maximum	Mittel
1.1 Innenalpen (2)	36,3	37,7	37,0
1.2 Subkontinentale Innenalpen - Westteil (6)	29,7	59,7	42,4
1.3 Subkontinentale Innenalpen - Ostteil (18)	26,3	49,0	33,6
2.1 Nördliche Zwischenalpen - Westteil (9)	28,0	44,0	34,8
2.2 Nördliche Zwischenalpen - Ostteil (13)	26,3	42,3	32,9
3.1 Östliche Zwischenalpen - Nordteil (13)	43,3	76,7	52,1
3.2 Östliche Zwischenalpen - Südteil (21)	29,0	47,7	39,2
3.3 Südlichen Zwischenalpen (11)	28,3	66,0	41,8
4.1 Nördliche Randalpen - Westteil (26)	24,7	89,7	38,6
4.2 Nördliche Randalpen - Ostteil (47)	25,0	135,3	40,8
5.1 Niederösterreichischer Alpenostrand (6)	26,7	40,0	33,1
5.2 Bucklige Welt (5)	31,7	57,0	41,6
5.3 Ost- und Mittelsteirisches Bergland (7)	34,7	93,7	54,0
5.4 Weststeirisches Bergland (4)	33,0	46,0	40,6
6.1 Südliche Randalpen (6)	34,7	54,7	44,4
6.2 Klagenfurter Becken (3)	38,7	43,0	40,6
7.1 Nördliches Alpenvorland - Westteil (13)	30,3	62,7	44,4
7.2 Nördliches Alpenvorland - Ostteil (1)	55,0	55,0	55,0
8.2 Subillyrisches Hügel- und Terrassenland (8)	38,3	59,0	49,0
9.1 Mühlviertel (12)	38,0	210,7	66,8
9.2 Waldviertel (18)	39,3	86,7	61,8

Tabelle 2:

Mangangehalte in den Fichtennadeln der WBS-Flächen des Probenahmejahres 1993 gegliedert nach Wuchsgebieten

Wuchsgebiet (Anzahl)	Minimum	Maximum	Mittel
1.1 Innenalpen (2)	163	1118	640
1.2 Subkontinentale Innenalpen - Westteil (6)	153	605	420
1.3 Subkontinentale Innenalpen - Ostteil (18)	105	1335	601
2.1 Nördliche Zwischenalpen - Westteil (9)	82	898	302
2.2 Nördliche Zwischenalpen - Ostteil (13)	212	1502	560
3.1 Östliche Zwischenalpen - Nordteil (13)	196	1101	622
3.2 Östliche Zwischenalpen - Südteil (21)	73	1599	728
3.3 Südlichen Zwischenalpen (11)	88	1380	539
4.1 Nördliche Randalpen - Westteil (26)	39	1022	341
4.2 Nördliche Randalpen - Ostteil (47)	40	1884	365
5.1 Niederösterreichischer Alpenostrand (6)	33	207	97
5.2 Bucklige Welt (5)	83	1221	536
5.3 Ost- und Mittelsteirisches Bergland (7)	327	1845	961
5.4 Weststeirisches Bergland (4)	352	1106	737
6.1 Südliche Randalpen (6)	146	1032	611
6.2 Klagenfurter Becken (3)	253	942	639
7.1 Nördliches Alpenvorland - Westteil (13)	130	1584	742
7.2 Nördliches Alpenvorland - Ostteil (1)	1346	1346	1346
8.2 Subillyrisches Hügel- und Terrassenland (8)	609	2206	1246
9.1 Mühlviertel (12)	217	831	488
9.2 Waldviertel (18)	192	2433	1236

Tabelle 3:
Zinkgehalte in den Fichtennadeln der WBS-Flächen des Probenahmejahres 1993 gegliedert nach Wuchsgebieten

Wuchsgebiet (Anzahl)	Minimum	Maximum	Mittel
1.1 Innenalpen (2)	30,3	44,7	37,5
1.2 Subkontinentale Innenalpen - Westteil (6)	23,0	45,3	32,8
1.3 Subkontinentale Innenalpen - Ostteil (18)	20,0	47,0	32,7
2.1 Nördliche Zwischenalpen - Westteil (9)	24,0	46,3	33,6
2.2 Nördliche Zwischenalpen - Ostteil (13)	18,7	38,7	26,2
3.1 Östliche Zwischenalpen - Nordteil (13)	22,3	58,0	37,5
3.2 Östliche Zwischenalpen - Südteil (21)	17,3	47,3	32,0
3.3 Südlichen Zwischenalpen (11)	21,3	52,0	34,2
4.1 Nördliche Randalpen - Westteil (26)	22,0	58,7	37,7
4.2 Nördliche Randalpen - Ostteil (47)	19,7	64,7	39,6
5.1 Niederösterreichischer Alpenostrand (6)	29,0	48,7	41,7
5.2 Bucklige Welt (5)	19,3	47,0	32,5
5.3 Ost- und Mittelsteirisches Bergland (7)	17,3	40,0	30,9
5.4 Weststeirisches Bergland (4)	21,3	42,3	32,5
6.1 Südliche Randalpen (6)	36,7	97,0	58,0
6.2 Klagenfurter Becken (3)	36,7	43,0	39,6
7.1 Nördliches Alpenvorland - Westteil (13)	8,3	43,3	23,9
7.2 Nördliches Alpenvorland - Ostteil (1)	15,0	15,0	15,0
8.2 Subillyrisches Hügel- und Terrassenland (8)	17,0	40,0	29,0
9.1 Mühlviertel (12)	13,0	43,7	25,9
9.2 Waldviertel (18)	17,3	46,7	31,4

Auswahl und Prüfung von Zuwachsparemtern als Waldzustandsindikatoren - Einfluß des Kronenzustandes auf den Zuwachs

G. STEYRER

Institut für Forstschutz, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Der Kronenzustand wird wegen bekannter Mängel als nur bedingt geeigneter Indikator für den Zustand des Waldes angesehen. Deshalb wurde die Eignung von Zuwachsparemtern als Waldzustandsindikatoren, vor allem wegen der höheren Objektivität einer Meßgröße, überprüft.

Als Material stehen im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems nach der BHD-Wiederholungsmessung (1992/93) zum erstem Mal Zuwachsdaten und zeitlich entsprechende Daten der Kronenverlichtung zur Verfügung. Sechs Zuwachsparemtern wurden ausgewählt. Sie weisen mit zunehmender Kronenverlichtung deutliche Zuwachsrückgänge besonders ab 25% Nadelverlust auf. Mit Hilfe des Zuwachsmodells von MONSERUD & STERBA (1995) werden "Referenz"-Zuwächse gebildet und die Differenz zu den Kreisflächenzuwächsen der Kronenverlichtung gegenübergestellt. Der Verlauf der Zuwachsrückgänge stimmt gut mit jenem der sechs Zuwachsparemtern überein. Auch hier setzen ab 25% Nadelverlust deutliche "Minderzuwächse" ein.

Schlüsselworte: Kronenzustand, Kronenverlichtung, Zuwachsparemtern, Kreisflächenzuwachs, Zuwachsverluste

Abstract. [Selection and suitability of increment parameters as indicators for the condition of forests - influence of crown condition on increment] Due to well-known drawbacks, crown condition is only conditionally suited as indicator for the condition of forests. However, because of increasing doubts about its suitability, it became necessary to search for another indicator. Various increment parameters seem to be more useful, mainly owing to their higher objectivity of measured data.

After dbh of all sample trees from the Forest Damage Monitoring System had been remeasured (1992/93), it was for the first time possible to analyse increment data and timely corresponding crown condition data.

Six increment parameters were selected. Increments were found to decrease considerably with increasing defoliation, notably in the case of needle losses of more than 25%. Especially the two parameters basal area increment and basal area increment related to crown diameter have clearly shown increment losses. With all investigated increment parameters increments decrease by about 50% at a defoliation rate of about 40 to 50%.

The differences between basal area increment and a "reference"-increment derived from the increment model of MONSERUD & STERBA (1995) were stratified by crown condition. The development of the increment losses was found to correspond well with that of the above parameters.

Keywords: Crown condition, defoliation, increment parameters, basal area increment, increment losses

1. Einleitung

Der Zustand der Krone und deren Verlichtung wird auch für Inventuren als nur bedingt geeigneter Indikator für den (Gesundheits-)Zustand des Waldes angesehen (vgl. NEUMANN 1996). Da die Taxierung der Kronenverlichtung mit verschiedenen Mängeln (Subjektivität, keine Nachprüfbarkeit, keine Meßgröße) behaftet ist, wird deren Eignung als Waldzustandsindikator zunehmend in Frage gestellt wird (ELLENBERG 1995).

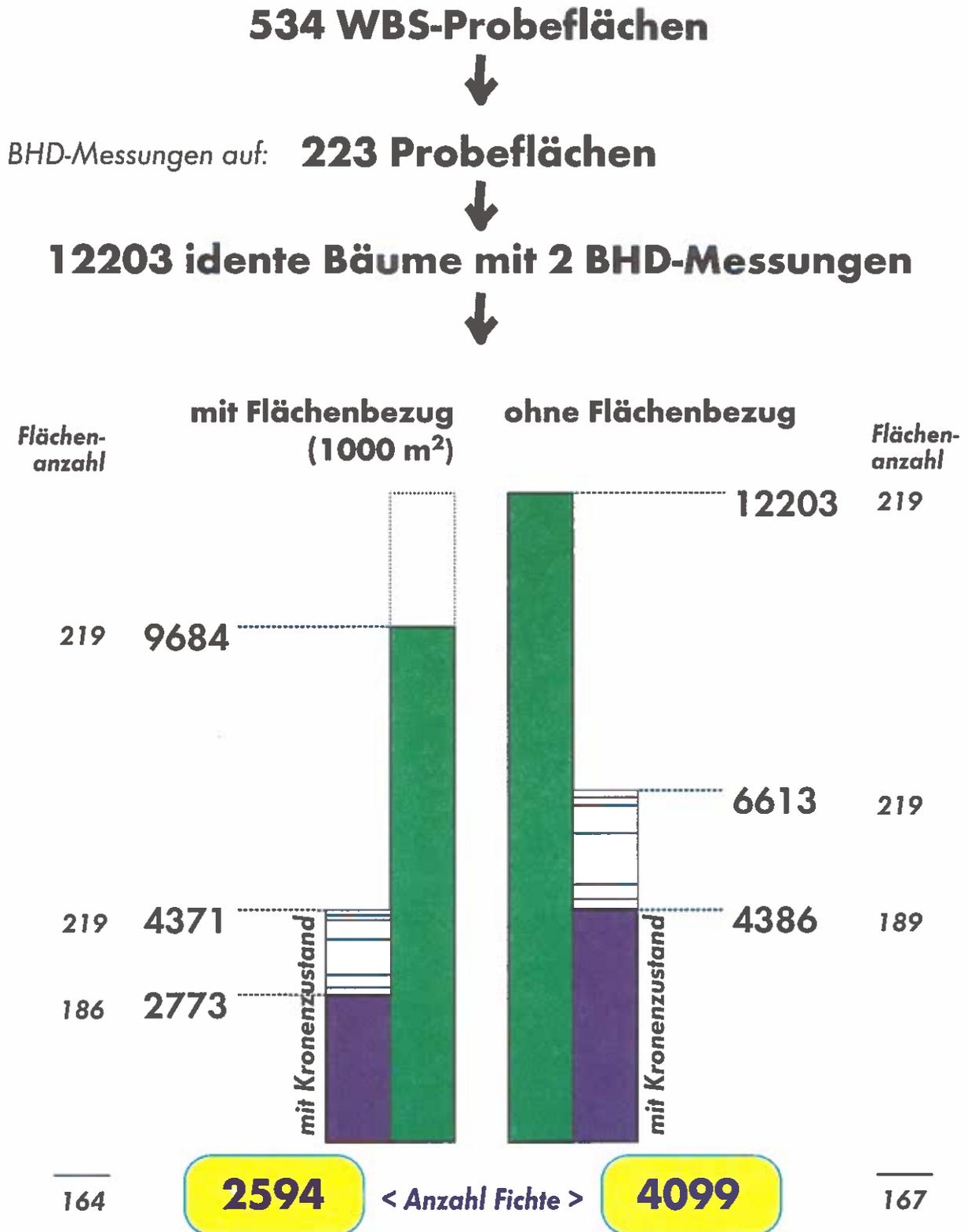
Alternativ bzw. als Ersatz zu diesem Waldzustandsindikator wurde daher der "Zuwachs" als Gesundheitsparameter vorgeschlagen (KENK ET AL. 1991). Die Meßbarkeit der Zuwachsparemtern ist neben der

größeren Reproduzierbarkeit (und Nachprüfbarkeit) und der höheren Objektivität zweifellos der wichtigste Vorteil gegenüber der Verwendung des Nadel-/Blattverlustes.

Um Zuwachsparemtern als Waldzustandsindikatoren einsetzen zu können, ist eine qualitative Bewertung von Zuwachsleistungen nötig. Das setzt Wissen um die "Normalbereiche" von Zuwachsparemtern voraus. Um diese festlegen zu können, sind wesentliche Informationen über die Variationen von verschiedenen Zuwachsparemtern durch verschiedene Einflußfaktoren notwendig (UTSCHIG 1989; NEUMANN 1993).

Die folgende Arbeit ist ein Element innerhalb der dazu notwendigen Grundlagenuntersuchungen. Es wurde die Eignung von verschiedenen Zuwachsparemtern allgemein als Waldzustandsindikatoren getestet,

Abb. 1:
Darstellung des Datenmaterials



um den zu wählen, der die größte Aussagekraft in Beziehung zur Kronenverlichtung hat.

Zunächst wurden daher in dieser Untersuchung des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) Zuwachsparemtern ermittelt. Deren Aussagekraft wurde anhand von herkömmlichen Lage- und Bestandesparametern geprüft, inwieweit sich dadurch erwartete Zusammenhänge ableiten lassen. Danach wurden diese Zuwachsparemtern mit dem Nadel-/Blattverlust in Beziehung gesetzt. Dadurch wurde überprüft, ob sich die früher in anderen Untersuchungen (mit meist regionalem Charakter und/oder größerer Streuung des Nadel-/Blattverlustes) gefundenen Zusammenhänge auch bei großem Stichprobenumfang und bei Inventurcharakter bestätigen lassen.

Eine andere Möglichkeit, Einflußfaktoren zu standardisieren, bietet sich im Vergleich mit schon bestehenden "Referenz"-Zuwächsen. Deshalb wurde ein Kreisflächenzuwachsmo­dell herangezogen, um die daraus erhaltenen Zuwachsdifferenzen in Zusammenhang mit dem Nadel-/Blattverlust zu überprüfen.

2. Daten des Waldschaden-Beobachtungssystems

2.1 Datenmaterial

Jährlich werden auf den 534 Probeflächen des WBS terrestrische Kronenzustandserhebungen durchgeführt (NEUMANN 1991a,b).

Auf 223 Flächen wurden bei der Einrichtung in den Jahren 1987 bis 1991 auch die Brusthöhendurchmesser an 14601 Bäumen gemessen. Im Herbst 1992 und Frühjahr 1993 erfolgte auf diesen Flächen die erste BHD-Wiederholungsmessung an 15082 Bäumen. Wegen Nacheinrichtungen innerhalb des Meßzeitraumes und wegen Ausfällen von Bäumen (vier Flächen mußten vollständig aus der Beobachtung genommen werden) waren 12795 idente Bäume vorhanden.

Bei einigen Bäumen fehlte die zweite BHD-Messung, weil sie schon bei der Einrichtung tot waren (keine BHD-Messung) oder aus sonstigen Gründen. Deshalb stehen letztendlich 12203 idente Bäume mit 2 BHD-Messungen auf 219 Probeflächen als Datensatz zur Verfügung (Abb. 1).

Von diesen wird bei 6613 Bäumen jährlich der Kronenzustand (in 5%igen Nadel-/Blattverlust-Stufen) taxiert. Da bei weniger häufig vorkommenden Baum-

arten Stratifizierungen zu geringen Besetzungen in einzelnen Straten führen, beschränkt sich der Großteil der Auswertungen jedoch auf 4386 Fichten, von denen sowohl Zuwachsdaten als auch Nadelverlustprozente vorliegen.

Beim Vergleich mit den Modellzuwächsen ist außerdem Flächenbezug erforderlich. Da aber auf den Probeflächen auch Bäume außerhalb des 1000m²-Kreises eingerichtet sind, ist für diesen Teil der Untersuchung nur ein Teilsample mit 2773 Fichten verfügbar (Abb. 2).

Nach der Erstellung dieser beider Datensätze erfolgte eine sehr zeitintensive Datenprüfung und -kontrolle. Schon bei ersten Plausibilitätskontrollen zeigten sich Ungereimtheiten und unwahrscheinliche Abweichungen. Daher wurde eine Ausreißereliminierung durchgeführt:

Durchmesserzuwächse größer dem Absolutwert von 2 cm/Jahr und Zuwachsdaten von aus dem nur 2-jährigen Meßzeitraum stammenden, 273 Fichten (da sich unerklärlich große Abweichungen von Ergebnissen der restlichen Meßzeiträume zeigten) wurden aus den Berechnungen ausgeschlossen. Danach verbleibt ein Datensatz von 4099 Fichten auf 167 Flächen bzw. ein Teilsample für Daten mit Flächenbezug von 2594 Fichten auf 164 Flächen (Abb. 1).

Da die Einrichtung der Probeflächen und damit auch die erste BHD-Messung zwischen 1987 und 1991 erfolgt ist, variiert die Anzahl der erfaßten Vegetationsperioden zwischen 2 und 6. Die Mittelwerte der Nadelverlustprozente wurden ebenfalls über diese idente Zeiträume gebildet, um keine zeitlichen Verzerrungen zu erhalten.

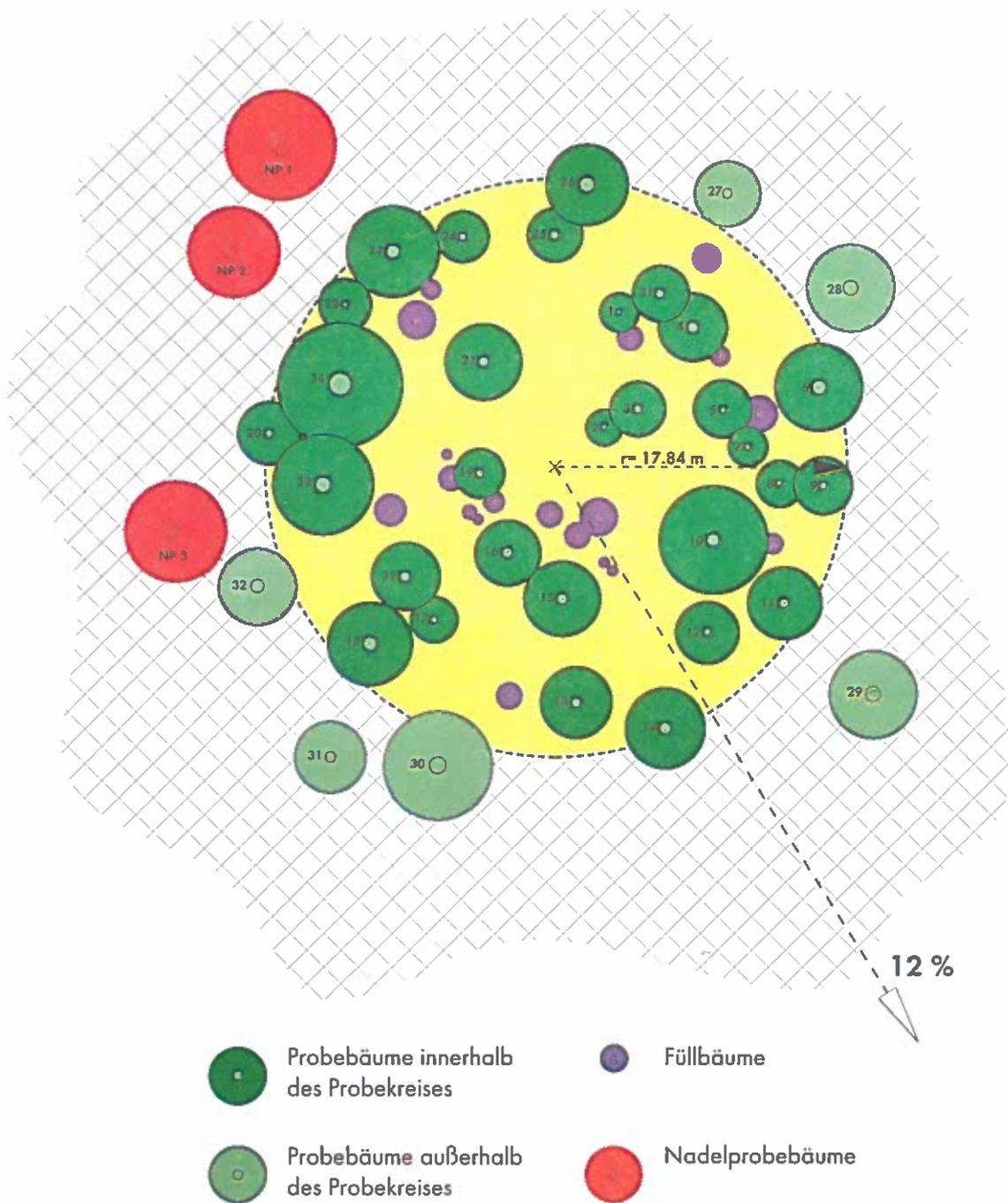
2.2 Datenqualität

Auch bei noch so exakten Messungen, sind in der Regel die Daten mit Fehlern behaftet. Oft täuschen numerische Ergebnisse größere Genauigkeiten vor, als sie aufgrund ihrer Erhebungsmethodik tatsächlich haben.

Die hier berechneten Zuwachsparemtern ergeben sich aus zwei, selbst bei großer Sorgfalt, mit Fehlern behafteten BHD-Messungen, insbesondere da bei den Probeflächen des WBS keine Markierungen der Brusthöhe vorhanden sind.

Im zweiten Teil dieser Arbeit werden die Zuwachsdifferenzen zwischen errechnetem Kreisflächenzuwachs und "Referenz"-Zuwachs in Beziehung mit dem Nadelverlust gesetzt. Es ist also von Differenzen von Differenzen die Rede, die beide mit Fehlern behaftet sind (vgl. STERBA 1995).

Abb. 2:
Schematisierte Darstellung einer WBS-Fläche



Der Nadel-/Blattverlust stellt eine durch subjektive Taxation gefundene Schätzgröße dar. Trotz intensiver Einschulung und Kontrolle kann man nur eingeschränkte Genauigkeit erwarten (vgl. KRISTÖFEL 1996; STEMBERGER 1996). Deshalb sollte man nicht allzu große Genauigkeitsanforderungen an diese Variable stellen.

Wie oben schon erwähnt, sind die Probestämme des WBS nicht sichtbar markiert, sondern nur lagemäßig erfaßt, um eine unbeeinflusste Bewirtschaftung durch den Waldbesitzer zu gewährleisten. Dadurch entsteht eine zusätzliche Fehlermöglichkeit durch Baumverwechslungen; das Auftreten von größeren, negativen Zuwächsen bestätigt diese Vermutung. Diese negativen Zuwächse sind in die Berechnungen eingeflossen, sofern sie nicht die Ausreißergrenze von 2 cm überschritten haben.

Datenkorrekturen wurden nur dann durchgeführt, wenn eindeutig der tatsächliche Wert vorhanden war bzw. rekonstruiert werden konnte. Diese erfolgten zum Teil bei Baumverwechslungen bzw. bei Eingabefehlern in die EDV durch das Vorhandensein von zwei Aufnahmemanualen.

2.3 Überprüfung des Datenmaterials

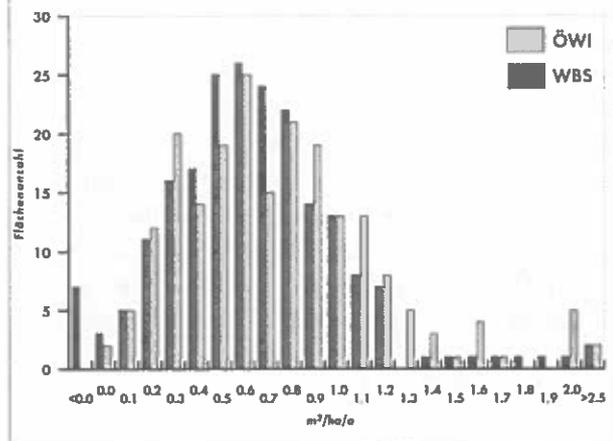
Um die Qualität der letztendlich zur Verfügung stehenden Daten zu überprüfen, werden einige Vergleiche mit Werten aus der Österreichischen Waldinventur (ÖWI) angestellt.

2.3.1 Vergleich des Grundflächenzuwachses

Abbildung 3 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Probestflächen des WBS über dem Grundflächenzuwachs (in $m^2/ha/a$). In diesem Datenumfang sind alle Baumarten auf 207 Flächen enthalten. Gegenübergestellt ist die Verteilung der Daten der ÖWI für die Periode 1986 bis 1992. Errechnet wird der Grundflächenzuwachs der ÖWI aus winkelzählprobentechnisch erhobenen Bäumen aus der Erst- und Zweiterhebung über 10,5 cm Brusthöhendurchmesser (gewichtet mit der repräsentierten Stammzahl) und aus allen Bäumen über 5 cm BHD im 2,6m-Kreis (FBVA 1981, FBVA 1986).

Die gute Übereinstimmung der beiden Häufigkeitsverteilungen und die gleichmäßigere Verteilung des Grundflächenzuwachses des WBS lassen erkennen, daß die Daten des WBS nicht grundsätzlich von den generellen Verhältnissen in Österreichs Wäldern abweichen.

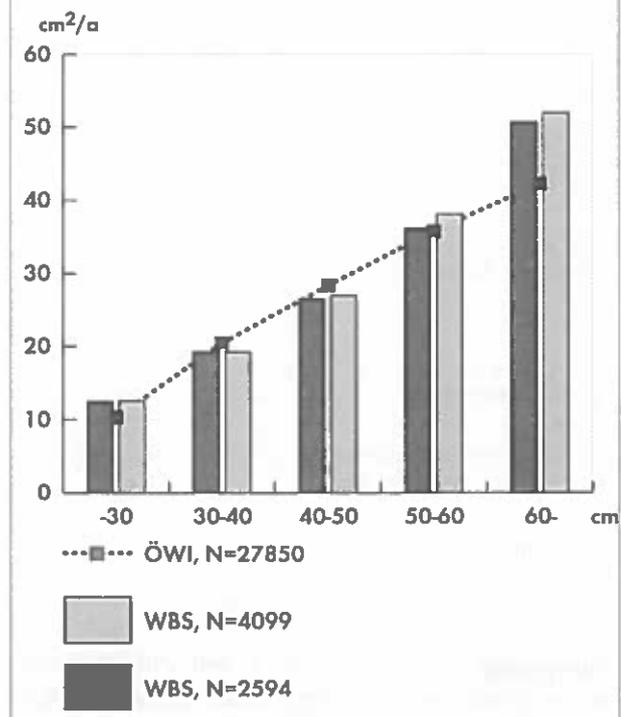
Abb. 3: Häufigkeitsverteilung der WBS-Flächen nach dem Grundflächenzuwachs pro Hektar (in m^2/a) im Vergleich zu den Erhebungen der ÖWI 1986-92 auf den identen Flächen



2.3.2 Vergleich des Kreisflächenzuwachses

In einem weiteren Schritt werden die mittleren, über BHD-Stufen dargestellten Kreisflächenzuwächse von Fichten denen der ÖWI gegenübergestellt (in cm^2/a) (vgl. Abb. 4). Die Zuwächse der ÖWI sind in gleicher Weise errechnet wie bei dem vorangegangenen Vergleich. Jedoch wurden hier alle auf ungeteilten Probestflächen zur Verfügung stehenden Fichten der Periode 1981 bis 1990 verwendet (N=27850).

Abb. 4: Darstellung des mittleren Kreisflächenzuwachses von Fichten (in cm^2/a) nach BHD-Stufen, im Vergleich zu den Erhebungen der ÖWI 1981-90, getrennt für beide Teilsample des WBS



Zu erkennen ist die sehr gute Übereinstimmungen zwischen den beiden Datensätzen (mit und ohne Flächenbezug) des WBS. Geringfügige Abweichungen zeigen sich nur bei Probestämmen außerhalb des 1000m²-Kreises in den stärkeren BHD-Stufen. Bei diesen wurde aufgrund anderer Bestandesverhältnisse ein etwas besseres Wachstum festgestellt. Waren nämlich innerhalb des Kreises nicht 30 Probestämme vorhanden, lagen meist Bestandesstrukturen vor, die stärkeren Bäumen relative Konkurrenzvorteile brachten.

Auch die mittleren Kreisflächenzuwächse der ÖWI und des WBS zeigen gute Übereinstimmung. Nur in der BHD-Stufe über 60 cm - in beiden Fällen am geringsten besetzt - treten größere Abweichungen auf.

2.3.3 Schlußfolgerung

Die Kontrollen und Plausibilitätsüberprüfungen anhand von Vergleichen mit Ergebnissen der ÖWI konnten keinen Hinweis geben, daß die BHD-Messungen und damit die daran anknüpfenden Zuwachsberechnungen größeren Verzerrungen und Fehlern unterliegen. Im Mittel scheinen die errechneten Ergebnisse - von den wegen der differierenden Methodik und Inventuranlage selbstverständlich zu erwarteten Unterschieden abgesehen - gut mit jenen der ÖWI übereinzustimmen.

3. Auswahl der Zuwachsparemeter

Zunächst sollte der Frage nachgegangen werden, welcher Zuwachsparemeter als möglicher Ersatz des Waldzustandsindikators Nadel-/Blattverlust am besten geeignet ist. Dazu wurden aus den erhobenen Größen alle sinnvollen Zuwachsparemeter ermittelt:

*Abb. 5:
Ermittelte Zuwachsparemeter*

	absolut	bezogen auf den Kronendurchmesser
Durchmesserzuwachs	I_D	I_D/KDM
Kreisflächenzuwachs	I_G	I_G/KDM
Durchmesserzuwachssprozent	$I_D\%$	$I_D\%/KDM$
Kreisflächenzuwachssprozent	$I_G\%$	$I_G\%/KDM$

Das Durchmesserzuwachssprozent (analog $I_D\%$ bzw. $I_D\%/KDM$) wurde der Vollständigkeit halber berechnet, wird aber bei den folgenden Darstellungen nicht weiter ausgeführt, weil es bei großen Durchmessern (im Vergleich zu den kleinen Durchmesserzuwäch-

sen) in einem konstanten Verhältnis zum Kreisflächenzuwachssprozent steht (STERBA 1991).

4. Eignung der Zuwachsparemeter als Waldzustandsindikator

4.1 Überprüfung der Eignung anhand von Standorts- und Bestandesparametern

Diesen Zuwachsparemetern wurden verschiedene Standorts- und Bestandesfaktoren gegenübergestellt, wobei hier beispielhaft die Seehöhe und die Bonität dargestellt wurden.

4.1.1 Gegenüberstellung von Seehöhe und Zuwachsparemetern

In Abbildung 6 sind mittlere Zuwachswerte über Seehöhenstufen getrennt für die zwei verwendeten Datensätze dargestellt. Alle sechs Zuwachsparemeter zeigen die allgemein erwartete Reaktion in sehr ähnlicher Art, wobei die Abnahme des Zuwachses über der Seehöhe nicht bei allen Zuwachsparemetern gleich deutlich ist. Die Mittelwertsunterschiede wurden anhand eines Scheffé-Tests mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit getestet. Der optische Eindruck aus den Diagrammen wird durch diesen Test größtenteils bestätigt: Eine sehr deutliche und gleichmäßige Abnahme ist beim Durchmesserzuwachs (I_D), beim Kreisflächenzuwachssprozent ($I_G\%$) und beim Durchmesserzuwachs bezogen auf den Kronendurchmesser (I_D/KDM) vorhanden.

4.1.2 Gegenüberstellung von Bonität und Zuwachsparemetern

Die gleiche Gegenüberstellung wird auch mit dem Bestandeskennwert Bonität durchgeführt (Abb. 7). Im Gegensatz zur Seehöhe kann jetzt nicht bei allen Zuwachsparemetern ein einheitlicher, gut erkennbarer Trend festgestellt werden. Während der Kreisflächenzuwachs sowohl absolut (I_G) als auch bezogen auf den Kronendurchmesser (I_G/KDM) ganz deutlich über den Bonitätsstufen zunimmt, ist beim Kreisflächenzuwachssprozent ($I_G\%$) die Reaktion über der Bonität indifferent. Mittels Scheffé-Test mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit läßt sich nur der mittlere Kreisflächenzuwachs der Bonitätsstufe "9-11" von dem der Bonitätsstufe "12-14" nicht signifikant unterscheiden. Der Durchmesserzuwachs zeigt einen weniger deutlichen Zusammenhang mit der Bonität als der Kreisflächenzuwachs (vgl. GERECKE 1991).

Abb. 6: Darstellung von Zuwachsparemtern nach Seehöhenstufen, getrennt für beide Teilsample des WBS

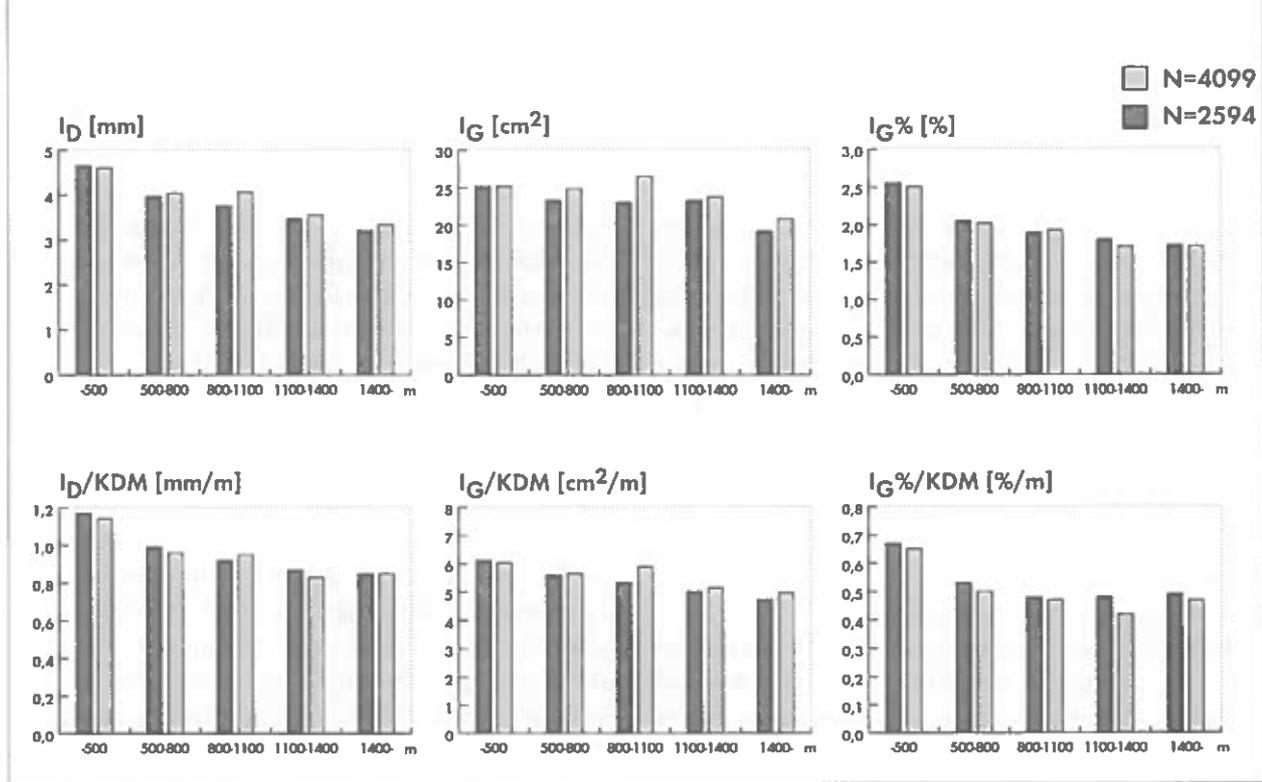
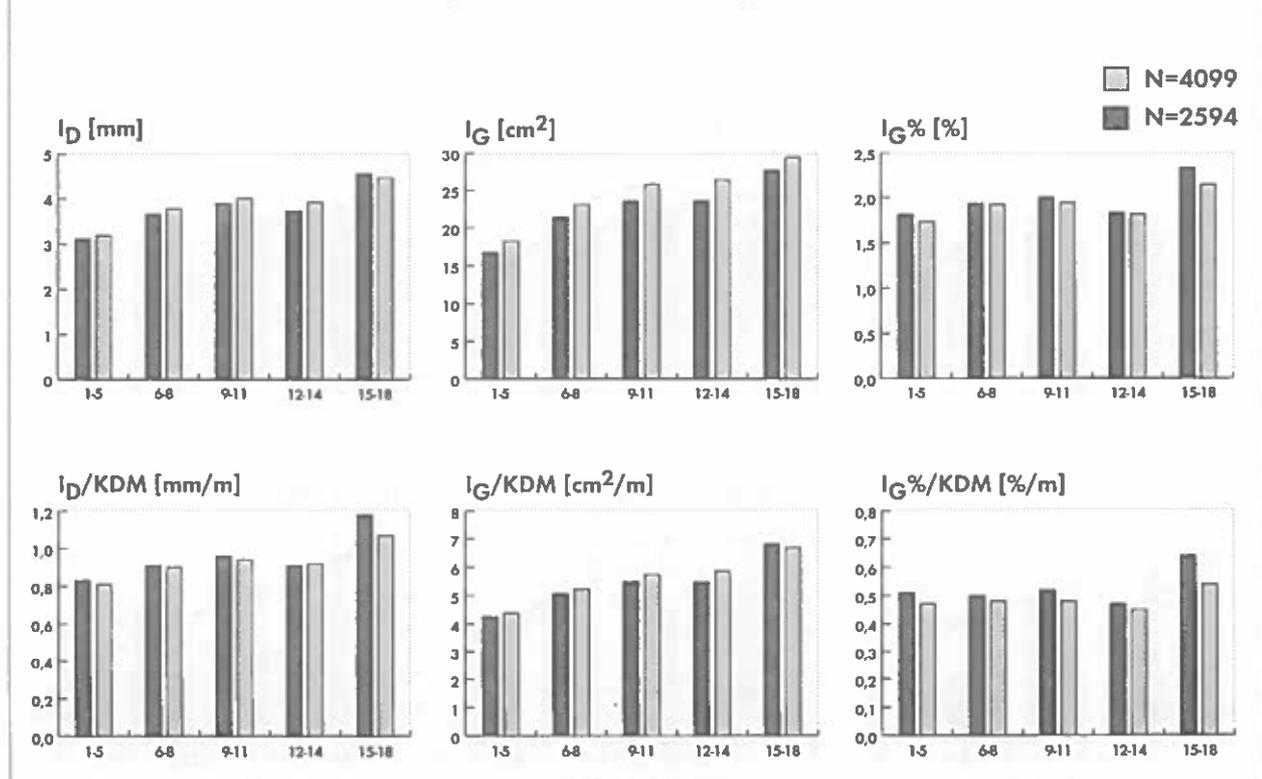


Abb. 7: Darstellung von Zuwachsparemtern nach Bonitätsstufen, getrennt für beide Teilsample des WBS



4.1.3 Gegenüberstellung von sonstigen Faktoren und Zuwachsparemtern

Bei anderen Standorts- bzw. Bestandeskenngrößen waren die Zusammenhänge zwischen den Zuwachsparemtern und diesen Faktoren unterschiedlich deutlich und regelmäßig. Teilweise schlugen Trends auch in die entgegengesetzte Richtung um, wie zum Beispiel bei der Gegenüberstellung der Zuwachsparemtern mit dem Brusthöhendurchmesser: Mit steigendem Brusthöhendurchmesser nahm der Durchmesserzuwachs (I_D) zu, der Durchmesserzuwachs bezogen auf den Kronendurchmesser (I_D/KDM) reduzierte sich hingegen. Außerdem waren die Mittelwertsunterschiede bei den mit dem Kronendurchmesser gewichteten Zuwachsparemtern wesentlich größer als bei den "Absolut"-Werten.

4.1.4 Schlußfolgerung

Zweierlei kann man daraus erkennen:

Bloß durch die Messung (plus Wiederholungsmessung) der Variablen Brusthöhendurchmesser und Kronendurchmesser können acht Zuwachsparemtern ermittelt werden.

Es erscheint aber sinnvoll, den Einfluß der Kronengröße und -form noch stärker zu bewerten. Daher könnten durch zusätzliche Variablen der Kronendimension noch weitere Zuwachsparemtern gebildet

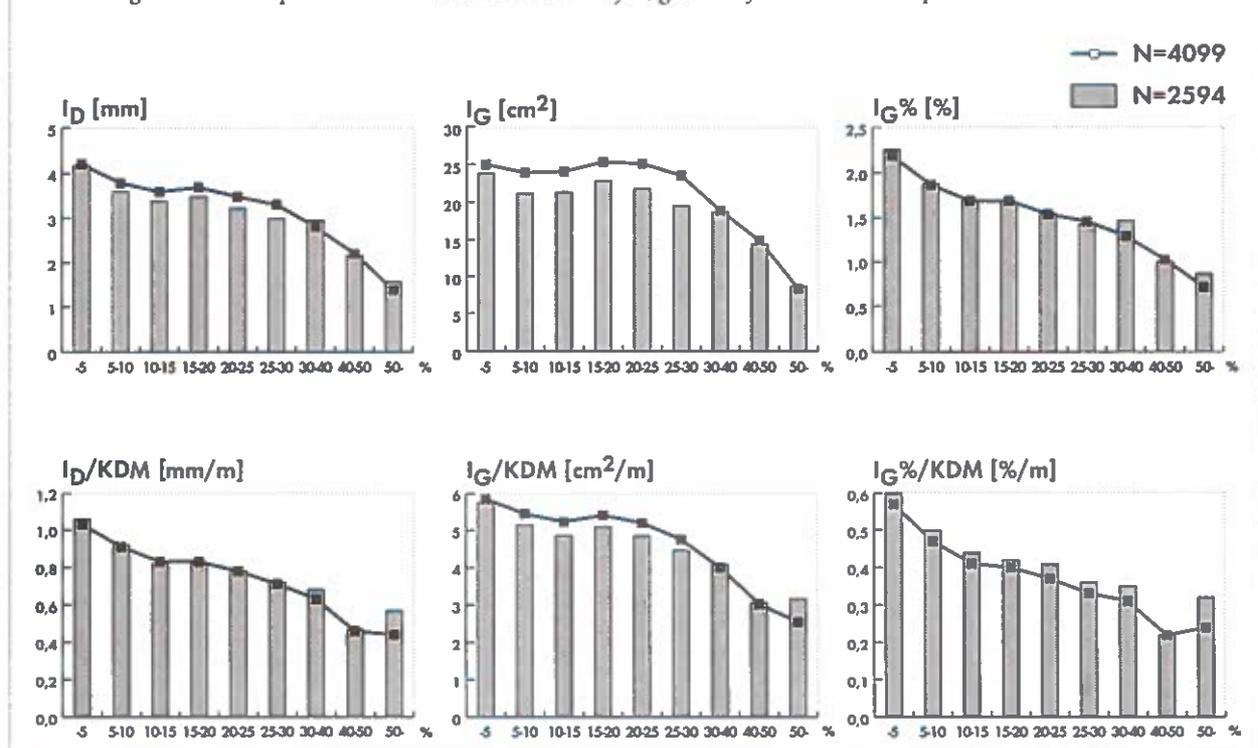
werden, die zum Beispiel eine Gewichtung mit der Kronenmantelfläche, dem Kronenvolumen etc. enthalten (DONG ET AL. 1987; KRAMER ET AL. 1988). Einige dieser Parameter wären wahrscheinlich imstande, hier geprüfte Zusammenhänge noch besser und deutlicher zu beschreiben.

Zwar wurden beim Waldschaden-Beobachtungssystem der Kronenradius und die koordinative Lage der Bäume erfaßt, wegen des großen Arbeitsaufwandes aber keine zusätzliche Kronenmessungen, und Höhenmessungen nur bei einem Teilsample (zur Oberhöhenbestimmung) durchgeführt.

Die Zusammenhänge der verwendeten Faktoren mit dem Zuwachs sind je nach Zuwachsparemtern sowohl quantitativ als auch qualitativ verschieden. Daher wird eine Bewertung von Zuwachsparemtern anhand von verschiedenen Standorts- und Bestandesgrößen mit dem Ziel, deren Eignung als Waldzustandsindikator zu prüfen, zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Es kann ein bestimmter Zuwachsparemtern zwar Zusammenhänge wie z.B. mit der Seehöhe oder der Bonität gut beschreiben, trotzdem aber seine Aussagekraft in Hinblick auf den Waldzustand bescheiden sein. Daher kann aus den vorliegenden Datenmaterial bei den sechs ermittelten Zuwachsparemtern keine endgültige Entscheidung getroffen werden.

Abb. 8:

Darstellung von Zuwachsparemtern nach Nadelverluststufen, getrennt für beide Teilsample des WBS



4.2 Gegenüberstellung von Zuwachsparemtern und Nadelverlust

Die ermittelten Zuwachsparemtern über den Nadelverluststufen getrennt nach Datensatz mit bzw. ohne Flächenbezug enthält Abbildung 8. Der Nadelverlust errechnet sich als Mittel aus den jährlichen Nadelverlusten des identen Meßzeitraumes, aus dem auch die BHD-Messungen stammen.

Im Gegensatz zu anderen Standorts- und Bestandesfaktoren (vgl. auch Abb. 7) reagieren hier alle Zuwachsparemtern nicht nur im Trend gleich, sondern auch in Ausmaß und Verlauf sehr ähnlich:

Alle Zuwachsparemtern nehmen mit steigender Kronenverlichtung sehr deutlich ab, besonders aber ab der Nadelverluststufe "20-25 Prozent". Bis zu diesem Bereich zeigen die Zuwachsparemtern einen etwas abweichenden Verlauf. Während der Kreisflächenzuwachs (I_G) und der Kreisflächenzuwachs bezogen auf den Kronendurchmesser (I_G/KDM) bis zur Stufe "20-25% Nadelverlust" fast konstant bleiben, sinken die übrigen Zuwachsparemtern eher gleichmäßig ab.

Gemeinsam ist allen Zuwachsparemtern auch, daß in der Stufe "40-50% Nadelverlust" nur mehr ungefähr die halbe Zuwachsparemternleistung gegenüber "nicht verlichteten" Bäumen (bis 10% Nadelverlust gemäß den Richtlinien der United Nations Economic Commission for Europe (UN/ECE 1994)) vorliegt.

4.2.1 Schlußfolgerung

Die mittleren Zuwachsparemternwerte können zwar zwischen den Nadelverluststufen - mit Ausnahme von einigen - nicht abgesichert werden (Scheffé-Test mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit), da aber die Tendenz in sehr guter Übereinstimmung bei allen Zuwachsparemtern vorliegt, kann man davon ausgehen, daß zwar zufällige Fehler in den vorliegenden Werten enthalten sind, daß sich diese aber bei größerer Stichprobenanzahl bzw. bei einem exakteren Meßverfahren (z.B. vorhandenen BHD-Markierung) verringern müßten. Dadurch wären die Mittelwertsunterschiede wahrscheinlich absicherbar.

Das heißt, daß auch im Rahmen einer Inventur ein deutlicher Zusammenhang zwischen Zuwachsparemtern und dem Nadelverlust dargestellt werden kann.

5. Standardisierung von Einflußfaktoren mittels Vergleich mit einer "Referenz"

Um die Eignung von Zuwachsparemtern als Waldzustandsindikatoren durch die Beurteilung von Zusammenhängen mit Standorts- und Bestandesfaktoren überprüfen zu können, ist ein umfangreiches Wissen um zuwachskundliche Grundlagen nötig (vgl. HERZBERGER 1996). Eine Methode, diese zu erarbeiten, ist, durch Stratifizierungen den Einfluß verschiedener Parameter zu verdeutlichen. Da bei der Stratifizierung nach nur wenigen Faktoren bereits geringe Gruppenbesetzungen auftreten, kann diese Methode nur einen Teilbereich der zahlreichen Wechselwirkungen beleuchten.

Daher wurde als zweite Möglichkeit der Eliminierung von Einflußfaktoren der "Zuwachs" mit einem "Referenz"-Zuwachs verglichen. Standortsbedingte, einzelbaumweise Zuwachsparemternunterschiede, die eine Verzerrung der vorher dargestellten Zusammenhänge mit sich bringen könnten, werden so standardisiert. Für diesen Zweck wurde das Kreisflächenzuwachsparemternmodell von MONSERUD & STERBA (1995) verwendet, ein Modell für Einzelbäume für ungleichaltrige Mischbestände. Damit wurden aus den vorliegenden Daten "Referenz"-Zuwächse berechnet und Differenzen mit den Kreisflächenzuwächsen (I_G) gebildet.

5.1 Kreisflächenzuwachsparemternmodell von MONSERUD & STERBA

Zur Parametrisierung standen die Daten der Österreichischen Forstinventur mit der Erstaufnahme der Probestflächen in den Jahren 1981-1985 und mit der Revision in den Jahren 1986-1990 zur Verfügung. Dieser Zeitraum ist also nur teilweise mit dem hier erfaßten ident. Bei der hier verwendeten Baumart Fichte gingen 24730 Bäume in die Modellierung ein.

Der fünfjährige Kreisflächenzuwachs (vgl. Abb. 9) wird als logarithmische Funktion aus drei Termen mit den Variablengruppen Baumgröße, Konkurrenz und Standort errechnet. Das Alter und die Bonität gehen nicht direkt in das Modell ein.

Abb. 9:

Übersicht über das Gleichungsschema des Kreisflächenzuwachsmodells nach MONSERUD & STERBA (1995)

"Kreisflächenzuwachs-Modell"

Robert A. Monserud

Hubert Sterba

fünfjähriger Kreisflächenzuwachs $\ln(I_G) = a$

BAUMGRÖSSE $+ b_1 \cdot \ln(\text{BHD}) + b_2 \cdot \text{BHD}^2 + b_3 \cdot \ln(\text{KA})$

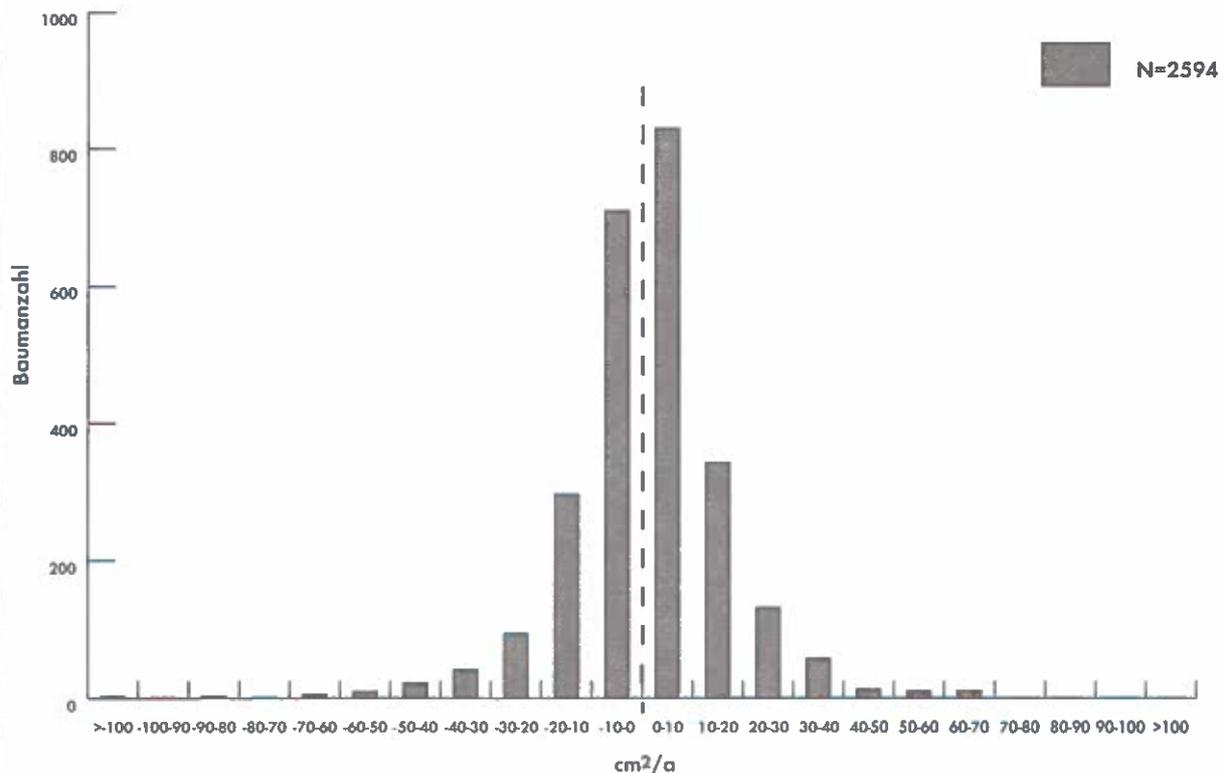
KONKURRENZ $+ c_1 \cdot \text{BAL} + c_2 \cdot \text{CCF}$

STANDORT $+ d_1 \cdot (\text{SEEH} - d_2)^2 + d_3 \cdot \text{NEIG}^2 + d_4 \cdot \text{NEIG} \cdot \sin(\text{AZ}) + d_5 \cdot \text{NEIG} \cdot \cos(\text{AZ})$

$+ e_1 \cdot \text{HF} + e_2 \cdot \text{HH}$

$+ f_1 \cdot \text{GR} + f_2 \cdot \text{F} + f_3 \cdot \text{REL} + \sum f_{4i} \cdot \text{B}_i + \sum f_{5i} \cdot \text{V}_i + \sum f_{6i} \cdot \text{WR}_i$

Abb. 10:

Häufigkeitsverteilung von WBS-Probeebäumen nach Zuwachsdifferenzen von Kreisflächenzuwachs minus Modellzuwachs in 10-cm²/a-Stufen

Da dem Modell eine logarithmische Funktion zugrunde liegt, muß zur näherungsweisen Beseitigung der logarithmischen Transponierungsdiskrepanz, die einen systematischen Fehler nach sich zieht, dem Schätzwert vor dem Delogarithmieren ein Korrekturwert nach MEYER (1941 und 1944) hinzugefügt werden (vgl. POLLANSCHÜTZ 1968).

Die in das Modell eingehenden Variablen standen mit Ausnahme der Kronenlänge, die für die Berechnung des Kronenanteils notwendig ist, auch auf den Probestflächen des WBS zur Verfügung.

Daher wurde versucht, aus den auf den Flächen des WBS erhobenen Kronenklassen entsprechende Kronenanteile abzuleiten. Die korrekteste und sinnvollste Möglichkeit bestand darin, aus den Definitionsbereichen der einzelnen Kronenklassen die arithmetischen Mittel als Kronenanteile abzuleiten, unter der Annahme, daß die Kronenlängen innerhalb der Kronenklassen annähernd normalverteilt sind:

Kronenklasse des WBS	Definition	abgeleiteter Kronenanteil
1	Kronenlänge > 0,5; allseitig	0,75
2	Kronenlänge > 0,75; einseitig	0,875
3	0,25 < Kronenlänge < 0,5; allseitig	0,375
4	0,5 < Kronenlänge < 0,75; einseitig	0,625
5	Kronenlänge < 0,25; allseitig	0,125
6	Kronenlänge < 0,5; einseitig	0,25

Um die Ableitung der Kronenanteile auf offensichtliche Fehler zu überprüfen, wurde die Häufigkeitsverteilung der Differenz zwischen Kreisflächenzuwachs und "Referenz"-Zuwachs (in cm^2/a) dargestellt (Abb. 10). Der Kreisflächenzuwachs liegt geringfügig über dem Modellzuwachs. Aber die nur sehr geringe Schiefe und die gute Regelmäßigkeit der Verteilung lassen auf eine hinreichende Genauigkeit der abgeleiteten Kronenanteile schließen.

5.2 Einschränkungen der Aussagekraft

Mit Hilfe des Kreisflächenzuwachsmoделles wurde ein "Norm"-Zuwachs des österreichischen Waldes mit den mittleren Bedingungen der Periode 1981 bis 1990 erstellt und dieser als Referenz herangezogen.

Die damals gegebenen Kronenverlichtungen fanden bei der Parametrisierung des Modells keinen Eingang.

Das bedingt, daß der hier als "Referenz"-Zuwachs benannte Modellzuwachs nicht als "Sollzuwachs" für unverlichtete Bäume verstanden werden darf, sondern als Schätzwert bei den damals herrschenden Kronenzustandsverhältnissen.

Generelle Änderungen der Umweltbedingungen (Witterung, Stickstoffeinträge, u.a.m.) können bei der Anwendung des Modells auf diese Untersuchung zu nicht quantifizierbaren Verzerrungen führen (vgl. SCHIELER & SCHADAUER 1993; NEUMANN & SCHADAUER 1995).

5.3 Kreisflächenzuwachs und "Referenz"-Zuwachs

Die Differenzen der Kreisflächenzuwächse zu dieser Referenz sind in Abbildung 11 den Nadelverluststufen gegenübergestellt. Der Verlauf des Diagrammes läßt einige Parallelitäten zu den weiter oben gezeigten Zusammenhängen zwischen den sechs Zuwachsparemtern und der Kronenverlichtung erkennen:

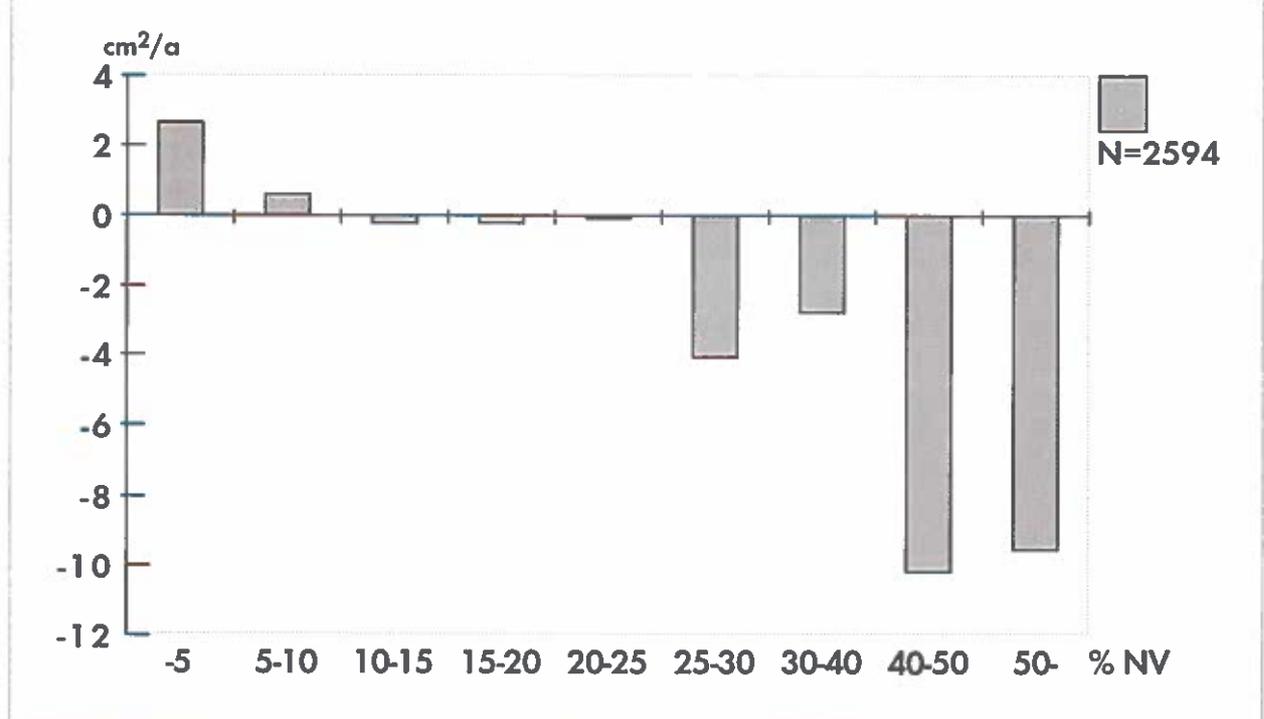
In Abbildung 8 konnte man feststellen, daß Bäume in höheren Nadelverluststufen einen starken Zuwachsrückgang aufweisen. Auch die Abbildung 11 läßt zweifelsfrei erkennen, daß Bäume mit steigender Kronenverlichtung in ihrer Zuwachsleistung deutlich hinter der Referenz zurückbleiben.

Die Zuwachsunterschiede sind in dem Bereich bis 25% Nadelverlust mit Ausnahme der Stufe "bis 5% Nadelverlust" nahezu konstant und schwanken eher zufällig um Null. Vor allem auch beim Kreisflächenzuwachs (I_G) und dem Kreisflächenzuwachs bezogen auf den Kronendurchmesser (I_G/KDM) konnte man einen fast identen Verlauf erkennen (vgl. Abb. 8).

Ab 25 Prozent Nadelverlust kommt es zu deutlichen und rasch ansteigenden "Minderzuwachsen". Auch dieser Verlauf deckt sich sehr gut mit den vorgefundenen Zusammenhängen der Zuwachsparemtern mit dem Nadelverlust in Abbildung 8.

Die mittleren Zuwachsdifferenzen zwischen den Nadelverluststufen können jedoch - ähnlich wie bei den übrigen Zuwachsparemtern - nicht abgesichert werden (Scheffé-Test mit 5%-iger Irrtumswahrscheinlichkeit). Da aber eine sehr gute Übereinstimmung mit den gefundenen Verläufen bei den Zuwachsparemtern vorliegt, könnten ein exaktere Zuwachsermittlung (z.B. durch Markierungen in Brusthöhe), häufigere Wiederholungsmessungen, eine Erhöhung des Stichprobenumfangs oder auch eine genauere Kronentaxierung die Streuung verringern helfen, wodurch die Mittelwertsunterschiede wahrscheinlich abzusichern wären.

Abb. 11:

Darstellung der Zuwachsdifferenzen von Kreisflächenzuwachs minus Modellzuwachs (in cm^2/a) nach Nadelverluststufen

6. Diskussion

Der Zusammenhang der untersuchten Standorts- und Bestandesgrößen mit dem Zuwachs ist je nach Zuwachsparemeter sowohl quantitativ als auch qualitativ verschieden. Daher wird eine Bewertung von Zuwachsparemetern anhand dieser Faktoren mit dem Ziel, deren Eignung als Waldzustandsindikator zu prüfen, zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Aus dem vorliegenden Datenmaterial kann folglich bei den sechs ermittelten Zuwachsparemetern keine endgültige Entscheidung getroffen werden.

Da in den Begriff "Waldzustand" verschiedenste Aspekte subsumiert sind (NEUMANN 1996), müssen vermutlich mehrere Parameter als Zustandsindikatoren herangezogen werden. Um die Eignung eindeutig beurteilen zu können, wäre daher eine konkretere und speziellere Fragestellung hilfreich.

Es konnte gezeigt werden, daß Bäume mit steigender Kronenverlichtung einen zunehmenden Zuwachsrückgang aufweisen (vgl. Abb. 8). Bis zu 25% Nadelverlust liegen sehr indifferente bis konstante Zuwachsverläufe vor. Vor allem der Kreisflächenzuwachs (I_G) und der Kreisflächenzuwachs bezogen auf den Kronendurchmesser (I_G/KDM) reagiert hier kaum auf sich ändernde Kronenzustände. Auffällig sind die Zuwachsunterschiede der Nadelverlustklasse "bis 5%"

gegenüber der Klasse "5 bis 10%". Ab 25% Nadelverlust kommt es zu deutlichen und rasch ansteigenden Zuwachsrückgängen.

Gemeinsam ist allen hier untersuchten Zuwachsparemetern auch, daß ab 40 bis 50% Nadelverlust nur mehr ungefähr die halbe Zuwachsleistung gegenüber der Nadelverlustklasse "0-5%" erreicht wird.

Bemerkenswert ist die gute Übereinstimmung der Ergebnisse aus dem Modellvergleich (vgl. Abb. 11: Darstellung der Zuwachsdifferenzen über dem Nadelverlust) mit den oben dargestellten.

Diese Ergebnisse decken sich mit vielen Angaben aus der Literatur. BRASSEL (1989) kam aus Erhebungen der Schweizer Waldschadensinventur für Fichte auf guten Standorten zu praktisch identen Ergebnissen. Auch er konnte einerseits auffallend hohe Zuwächse in der Nadelverlustklasse "bis 5%" feststellen und andererseits einen stark reduzierten Zuwachs ab der Klasse 30% beobachten.

Bei zahlreichen anderen Untersuchungen wurden ab dem etwas weiter gefaßten Grenzbereich von 20 bis 30 Prozent Nadelverlust sich deutlich abzeichnende und rasch zunehmende Zuwachseinbußen gefunden (KENK 1989; ECKMÜLLNER 1990; LORENZ 1993; NEUMANN 1993).

Allgemein hat sich durchgesetzt, daß bis zu dieser Grenze mit "normaler" Zuwachsleistung zu rechnen ist. Dementsprechend wird bis zu 25% Nadel-/Blatt-

verlust im Rahmen der europäischen Kronenzustandserhebung auch keine Schädigung diagnostiziert (NEUMANN 1993; UN/ECE 1994).

In mindestens ebensovielen Arbeiten wird dieser Bereich von 20 bis 30% Nadel-/Blattverlust nicht als Bereich stark einsetzender Zuwachsrückgänge gefunden (KRAMER 1986; INNES 1993). Darüberhinausgehend wird die Aussage, daß Nadel-/Blattverluste bis 25 % allgemein kein Indiz für eine Schädigung darstellen, scharf kritisiert (SCHMID-HAAS 1994).

Die widersprüchlichen Ergebnisse aus Untersuchungen über den Zusammenhang von Nadel-/Blattverlust und Zuwachs sind zum Teil auf sehr unterschiedliche Versuchsmethoden und -anlagen zurückzuführen (vgl. STERBA 1986; NEUMANN 1989). Das trifft sowohl bei der Ermittlung der Zuwachsgrößen, aber auch bei der Taxierung der Kronenverlichtung zu. Häufig wurde auch der Kronenzustand noch nach wenig differenzierenden Verlichtungsstufen und nicht - wie in dieser Untersuchung - nach 5%-igen Nadel-/Blattverluststufen klassifiziert.

Daß bereits bei Bäumen mit 40 bis 50% Nadelverlust die Zuwachsleistung um die Hälfte gegenüber nicht verlichteten zurückbleibt, bestätigt ähnliche Ergebnisse von DONG & KRAMER (1987) bzw. MURRI & SCHLÄPFER (1987). SCHMID-HAAS (1991) stellt bei Fichten und Tannen schon bei einem Nadelverlust von 30% Zuwachsrückgänge von rund 50% gegenüber benachbarten, voll benadelten Bäumen gleicher sozialer Stellung fest. Er bezweifelt jedoch, daß diese Zuwachseinbußen allein durch die Kronenverlichtung erklärt werden können. RÖHLE & SCHMIDT (1987) ermitteln bei Bestandesnadelverlusten von 30 bis 40% Zuwachsverluste von 29 bis 36%.

Die Ähnlichkeiten in den Resultaten der beiden Arbeitsschritte "Modellvergleich" und "Gegenüberstellung von Zuwachsparemtern und Nadelverlust" beschränken sich nicht nur auf die Tendenz der Zuwachsabnahme. Sondern besonders der Verlauf dieser Einbußen und insbesondere die Lage des "Grenzbereiches" bei 20 bis 25% Nadelverlust, ab dem die Zuwachsrückgänge einsetzen und rasch ansteigen, bestätigen die Ergebnisse der beiden Arbeitsschritte. Dadurch wird auch die allgemein anerkannte Klassifizierung von Bäumen bis 25% Nadelverlust als "ungeschädigt" (UN/ECE 1994) bekräftigt.

Die Übereinstimmung in den generellen Aussagen über den Zusammenhang zwischen Zuwachsparem-

tern und Nadelverlust läßt gravierende Unterschiede im Anspracheniveau der Kronentaxierung zwischen Österreich und anderen Ländern als unwahrscheinlich erscheinen.

7. Ausblick

Erst eine qualitative Beurteilung von Zuwachsleistungen, was eine Definition von "Normal"-Zuwächsen voraussetzt, kann bei der Suche nach Zusammenhängen zwischen Nadel-/Blattverlust und Zuwachs Fortschritte bringen. Trotz der zentralen Bedeutung des Zuwachses in der Forstwirtschaft im allgemeinen und in der Waldwachstumsforschung im besonderen, gilt es dazu noch viele ausstehende Grundlagendaten zu sammeln.

Häufigere Wiederholungsmessungen in kürzeren Intervallen sind anzustreben, um rascher Erkenntnisse zu gewinnen und um hier aufgezeigte Ergebnisse statistisch besser absichern zu können.

Das WBS hat bisher nur den Kronendurchmesser erfaßt. Künftig sollen zusätzliche Kronendimensionen gemessen werden. Durch die Ermittlung weiterer Zuwachsparemtern, in welche z.B. die Kronenmantelfläche oder das Kronenvolumen einfließen, könnten geeignetere Waldzustandsindikatoren gefunden werden.

Um aufgrund der Nachteile der Kronentaxierung die Verwendung von Zuwachsparemtern als Waldzustandsindikatoren zu forcieren, sollen zumindest bei neuen Projekten (Intensivbeobachtung auf Level-II Flächen) derartige zuwachskundliche Aspekte stärkere Beachtung finden.

Zum Teil sind widersprüchliche Ergebnisse aus bisher vorliegenden Untersuchungen in der Literatur auf sehr unterschiedliche Versuchsanlagen zurückzuführen. Die Beachtung von detailliert verfaßten Methodenbeschreibungen kann manches Mißverständnis ausschließen. Eine Standardisierung der angewandten Methoden könnte zu einheitlicheren und besser interpretierbaren Ergebnissen führen.

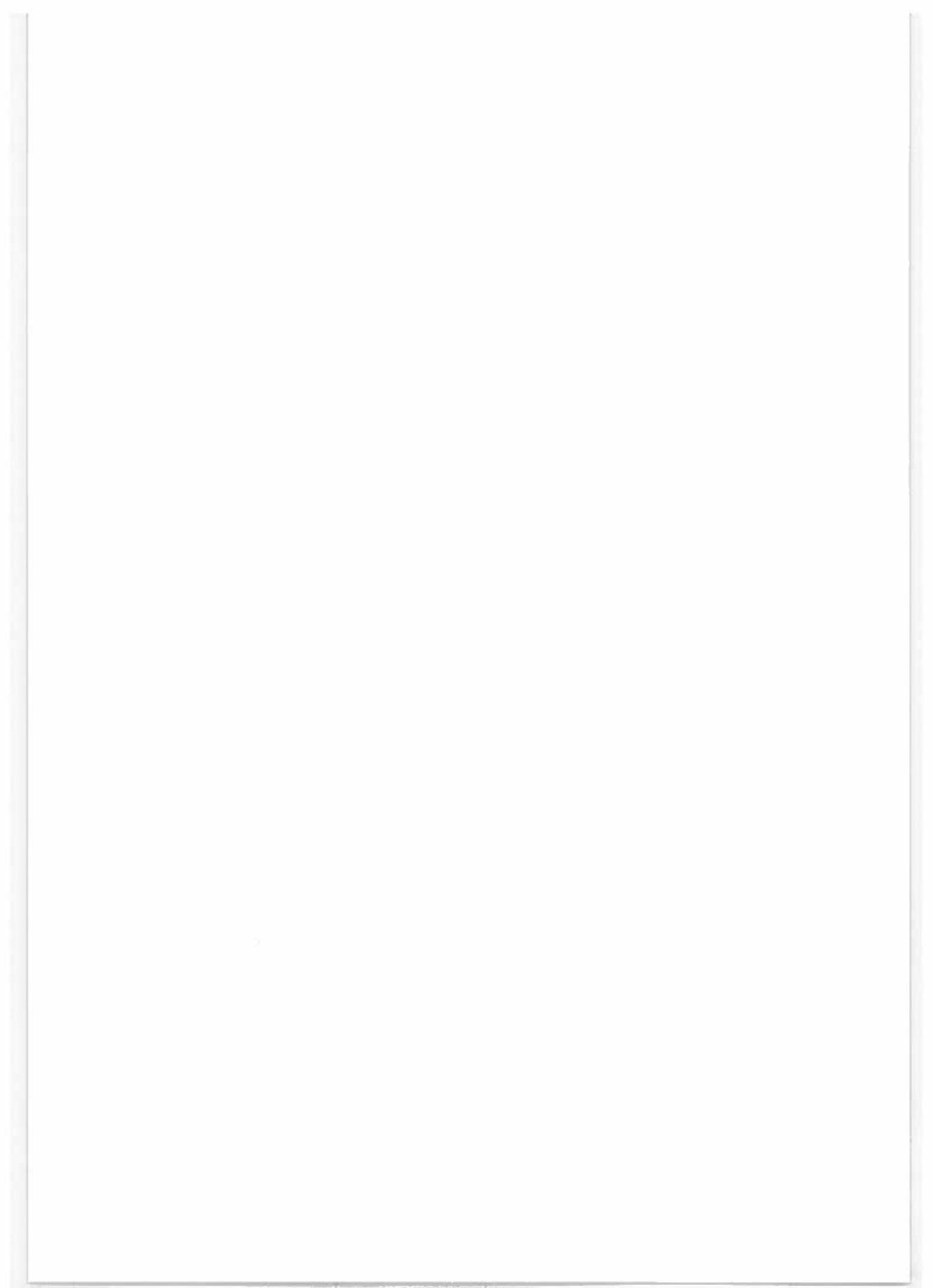
Wie auch bei dieser Untersuchung festzustellen war, wird künftig der Datenqualität und der Reproduzierbarkeit von Variablen besonders auch im Rahmen von langfristigen Waldzustandsbeobachtungen (Monitoring) sowohl bei der Kronentaxierung als auch bei der Zuwachserfassung höhere Aufmerksamkeit zu schenken sein.

Literatur

- BRASSEL P., 1989: *Durchmesserzuwachs 1985-1988 und Nadel-/Blattverlust 1988*. In: Sanasilva-Tagungsbericht "Waldwachstum und Waldschäden". Tagung an der ETH Zürich vom 14. Juni 1989; 24-31.
- DONG P. H. & KRAMER H., 1987: *Zuwachsverlust in erkrankten Fichtenbeständen*. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 158(7/8): 122-125.
- ECKMÜLLNER O., 1990: *Benadelung und Splintflächen von Fichten aus Wuchsgebieten Österreichs*. Holz-Zentralblatt Nr. 18: 266-267.
- ELLENBERG H., 1995: *Neuartige Waldschäden? Ökologische Kritik an den Untersuchungsmethoden*. Allgemeine Forstzeitschrift 50(15): 796-797.
- FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT, 1981: *Instruktionen für die Feldarbeit der Österreichischen Forstinventur 1981-1985*. FBVA Wien, 172 S.
- FORSTLICHE BUNDESVERSUCHSANSTALT, 1986: *Beiheft der Dienstanweisung (Instruktionen für die Feldarbeit der Österreichischen Forstinventur 1981-1985)*. FBVA Wien, 42 S.
- GERECKE K. L., 1991: *Standraum - Bonität - Jahrringbreite*. Allgemeine Forstzeitschrift 46(21): 1064-1066.
- HERZBERGER E., 1996: *Standortseinflüsse auf die Bonität von Fichtenbeständen in Österreich - Eine Analyse mittels linearer Regressionen*. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien (im vorliegenden Band).
- INNES J. L., 1993: *Forest Health - Its Assessment and Status*. Cab International, Wallingford, 677 pp.
- KENK G., 1989: *Erkenntnisgewinn in Bezug auf das Waldwachstum in der BRD am Beispiel von Untersuchungen in Baden-Württemberg*. In: Sanasilva-Tagungsbericht "Waldwachstum und Waldschäden". Tagung an der ETH Zürich vom 14. Juni 1989; 11-23.
- KENK G., SPIECKER H. & DIENER G., 1991: *Referenzdaten zum Waldwachstum*. Kernforschungszentrum Karlsruhe, Projekt Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung Nr. 82.
- KRAMER H., 1986: *Beziehungen zwischen Kronenschadbild und Volumenzuwachs bei erkrankten Fichten*. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 157(1): 22-27.
- KRAMER H., DONG P. H. & SABOROWSKI H. J., 1988: *Auswirkungen von Waldschäden auf den Zuwachs von Fichten*. Forstarchiv 59: 154-155.
- KRISTÖFEL F., 1996: *Terrestrische Kronenzustandserhebungen und jährliche Änderungen*. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien (im vorliegenden Band).
- LORENZ M., 1993: *Zur Integration von Zuwachsanalysen in die internationale Waldschadenserhebung*. Mitteilung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Hamburg, Nr. 175, 162 S.
- MEYER H. A., 1941: *A correction for a systematic error occurring in the application of the logarithmic volume equation*. The Pennsylvania State Forest School, Research Paper 7: 1-3.
- MEYER H. A., 1944: *Forest Mensuration*. Penns Valley Publishers. Inc., State College, Pennsylvania: 132-134.
- MONSERUD R. A. & STERBA H., 1995: *A Basal Area Increment Model for Individual Trees Growing in Even- and Uneven-Aged Forest Stands in Austria*. Forest Economy and Management (akzeptiert).
- MURRI M. & SCHLÄPFER R., 1987: *Zusammenhänge von Kroneneigenschaften und Durchmesser- bzw. Grundflächenzuwachs von Fichten auf zwei Gebirgsstandorten*. Forstwissenschaftliches Centralblatt 106: 328-340.
- NEUMANN M., 1989: *Zu Fragen der Waldzustandserfassung durch großräumige Inventuren*. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 106(3): 161-178.
- NEUMANN M., 1991a: *Waldschaden-Beobachtungssystem - Einführender Überblick*. In: Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem - Ziele, Methoden und erste Ergebnisse. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien Nr. 49: 7-13.
- NEUMANN M., 1991b: *Kronenzustandsinventuren - Methodik und Ergebnisse der Jahre 1988-1990*. In: Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem - Ziele, Methoden und erste Ergebnisse. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien Nr. 49: 113-120.
- NEUMANN M., 1993: *Zuwachsuntersuchungen an Fichte in verschiedenen Seehöhenstufen im österreichischen Zentralalpenbereich*. Wien, Centralblatt für das gesamte Forstwesen 110(4): 221-274.
- NEUMANN M. & SCHADAUER K., 1995: *Die Entwicklung des Zuwachses in Österreich an Hand von Bohrkernanalysen*. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 166(12): 230-234.
- NEUMANN M., 1996: *Waldschaden-Beobachtungssystem - einführender Überblick*. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien (im vorliegenden Band).
- POLLANSCHÜTZ J., 1968: *Näherungsweise Beseitigung der logarithmischen Transponierungsdiskrepanz*. FBVA Wien, interner Bericht: 1-7.
- RÖHLE H. & SCHMIDT J., 1987: *Waldschaden - Zuwachsreaktion - Fernerkundung*. Allgemeine Forstzeitschrift 42(15): 382-385.
- SCHIELER K. & SCHADAUER K., 1993: *Zuwachs und Nutzung nach der Österreichischen Forstinventur 1986/90*. Wien, Österreichische Forstzeitung 104(4): 22-23.
- SCHMID-HAAS P., 1991: *Ursächliche Zusammenhänge zwischen Nadelverlust, Zuwachs, Sturmgefährdung und Fäule*. Schweizer Zeitschrift für Forstwesen 142(6): 505-512.
- SCHMID-HAAS P., 1994: *Kronenverlichtung der Fichte als Indiz für mangelhafte Gesundheit und Stabilität - Fäule in den Stützwurzeln als eine der Ursachen*. Schweizer Zeitschrift für Forstwesen, 145(5): 371-387.
- STEMBERGER A., 1996: *Aufnahmetraining und Ansprachequalität*. FBVA Berichte, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien (im vorliegenden Band).
- STERBA H., 1986: *Methoden der Zuwachsuntersuchungen im Zusammenhang mit dem "Waldsterben"*. Forstliche Umschau 29(1): 85-93.

- STERBA H., 1991: *Forstliche Ertragslehre. Inst. f. Forstl. Ertragslehre*, BOKU Wien, Heft 4, 160 S.
- STERBA H., 1995: *Von der Holzmeßkunde zur Waldwachstumsforschung*. In: 120 Jahre Forststudium an der Universität für Bodenkultur Wien. Univ. f. Bodenkultur Wien: 29-41.
- UTSCHIG H., 1989: *Waldwachstumskundliche Untersuchungen im Zusammenhang mit Waldschäden*. Forstliche Forschungsberichte München - Schriftenreihe d. Forstwissenschaftlichen Fakultät d. UNI München u. d. Bayer. Forstl. Versuchs- u. Forschungsanstalt, Nr.97, 185 S.
- UNECE, 1994: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Hrsg.: Programme Coordinating Centres Hamburg and Prague, 177 pp.

Verfasser: Dipl.-Ing. Gottfried Steyrer
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstschutz
Seckendoff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien



Terrestrische Kronenzustandserhebung und jährliche Änderungen

F. KRISTÖFEL

Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Die jährlichen Ergebnisse der österreichweiten Kronenzustandserhebungen werden für ausgewählte Baumarten im Hinblick auf die Schwankungen in den Nadel-/Blattverlustklassen und dem Einfluß derselben auf die Ergebnisse beurteilt sowie Änderungen auf den einzelnen Probestflächen und die Vergleichbarkeit der Entwicklung zwischen einzelnen Flächen aufgezeigt. Es zeigt sich, daß die Änderungen in den Teilkollektiven sehr groß sind und diese durch Zusammenfassung und Mittelwertbildung weitgehend verloren gehen, sodaß Aussagen über das Gesamtkollektiv nicht überbewertet werden dürfen.

Ein wesentlicher Aspekt in der Beurteilung des Waldzustandes ist die relativ hohe, nach Baumarten unterschiedliche Mortalitätsrate. Zumeist starben Probestbäume die im Mittel um 50% Nadel-/Blattverlust im Jahr vor dem Absterben aufwiesen.

Schlüsselworte: Kronenzustand, Veränderungen des Nadel/Blattverlustes, Mortalität

Abstract. [Terrestrial Crown Condition Assessment and Annual Changes.] The general results of the annual crown condition assessments are stratified in order to analyse selected tree-species, sample plots and classes of needle/leaf loss. Another important question is the comparison of annual changes between similar plots and within the same tree species. It is shown that annual changes within the subsamples are quite considerable. By calculating means over the whole data set important differences get lost; interpretations should therefore be made with great care.

The rate of mortality is rather high and it is found to be different for individual tree species. In general, those sample trees did that had showing an average needle/leaf loss of about 50% one year before dead.

Keywords: Crown condition, changes of defoliation, mortality

1. Einleitung und Problemstellung

Die europaweiten Erhebungen des Waldzustandes stützen sich im wesentlichen auf die qualitative Einstufung der Krone (STEMBERGER 1996) nach dem Nadel-/Blattverlust (NBV). Die Ergebnisse dieser jährlichen Erhebungen werden, sowohl national als auch international, hauptsächlich in Form von Balkendiagrammen als Anteile in den Nadel-/Blattverlustklassen (KRISTÖFEL & NEUMANN 1994; EC-UN/ECE 1995), mehr oder weniger gegliedert nach Baumarten und Regionen, dargestellt.

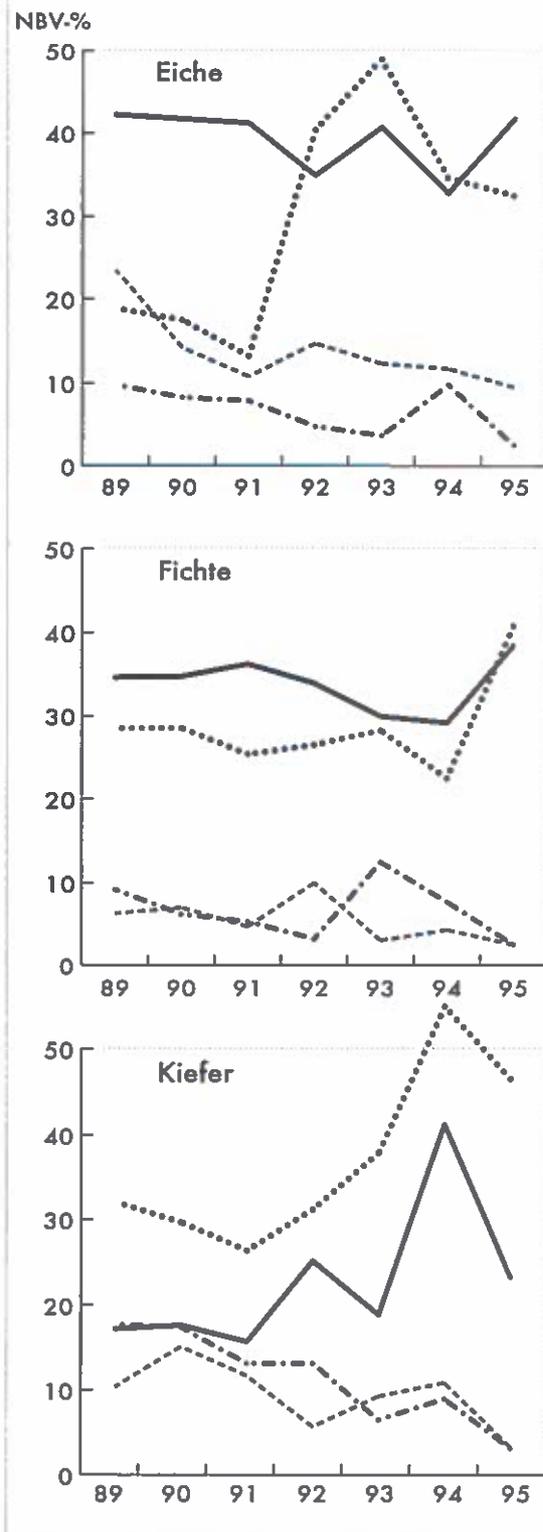
Eine wesentliche, zumeist nicht explizit dargestellte Aussage ergibt sich aus dem Vergleich der Jahresergebnisse und den eingetretenen Veränderungen. Nachfolgend sollen ausschließlich diese Veränderungen betrachtet werden. Eine entscheidende Voraussetzung zur Beurteilung von Veränderungen ist einerseits die aus-

reichende Genauigkeit und die Reproduzierbarkeit der einzelnen Aufnahmen, andererseits die Konsistenz und die Aussagefähigkeit der jährlichen Ergebnisse.

Verschiedene lokale Einflußfaktoren, die eine Veränderung des Kronenzustandes bewirken sind nach ihrer Größe und ihren Auswirkungen schwer erfaßbar. Durch Zusammenfassungen und Mittelbildungen treten diese räumlich und auch zeitlich wirkenden Faktoren nur mehr undeutlich zu Tage. Bei der Interpretation des Gesamtergebnisses werden diese lokalen Einflüsse häufig außer acht gelassen.

An Hand einiger Beispiele sollen daher durch detaillierte Stratifizierungen die teilweise unterschiedlichen Entwicklungen aufgezeigt werden. So werden die jährlichen Änderungen auf den Probestflächen, die jährlichen Schwankungen des Kronenzustandes der einzelnen Baumarten und die jährliche Mortalität untersucht und damit einzelne Komponenten des Gesamtergebnisses dargestellt.

Abb. 1:
Entwicklung des mittleren NBV auf ausgewählten
Probeflächen



2. Änderungen auf den Probeflächen

Eine Stratifizierungseinheit bildet die Probefläche mit etwa 30 Probebäumen, die auch als "Kleinbestand" (NEUMANN 1991a) betrachtet werden kann. Für die Darstellungen (Abb. 1) wurden die zwei Probeflächen mit dem jeweils höchsten bzw. niedrigsten mittleren NBV 1995 ausgewählt. Es zeigen sich bei allen drei Baumarten beachtliche Unterschiede zwischen den Probeflächen in den verschiedenen Jahren. Während man für Fichte und Eiche bei "guten und schlechten" Probeflächen einen gewissen gemeinsamen Entwicklungstrend erkennen kann, zeigt sich bei der Kiefer eine gegenläufige Entwicklung. Die Probeflächen mit einem durchschnittlich geringem mittleren NBV verbessern sich, während sich die beiden mit einem hohen mittleren NBV, stark variierend, hin zum schlechteren verändern. Schon diese ausgewählten Beispiele zeigen, daß offenbar divergierende Prozesse vor sich gehen, und daß die Variation zwischen den Beständen wesentlich größer als innerhalb ist (INNES & BOSWELL 1990).

3. Änderungen der einzelnen Baumarten

Im Mittel aller Baumarten zeigen sich keine großen jährlichen Schwankungen. Die jährlichen Änderungen des "Waldzustandes" werden durch unterschiedliche Baumarten mit einem individuellen Verhalten verschieden stark beeinflusst. Von den drei ausgewählten Hauptbaumarten zeigt die Fichte die geringsten mittleren Schwankungen. Kiefer und Eiche weisen hingegen starke jährliche Unterschiede, mitbedingt durch die geringe Anzahl, auf (Abb. 2). Durch den hohen Anteil der Fichte von rund 65% werden die stärkeren Abweichungen der anderen Baumarten überlagert, sodaß eine durchschnittlich ausgeglichene Verteilung zustande kommt. Eine gemeinsame Betrachtung der Kronenzustandswerte verschiedener Baumarten erscheint deshalb nicht sinnvoll (NEUMANN 1991b). Von Interesse ist nun die Frage, welche NBV-Klassen diese jährlichen Schwankungen am deutlichsten beeinflussen. Die Abbildung 3 (nach EICHHORN et al. 1995, verändert) zeigt am Beispiel der Fichte die Veränderungen des Kronenzustandes zwischen 1994 und 1995. Auf der Abszisse ist die Einstufung des Jahres 1994 wiedergegeben, der Bereich über 60% NBV wurde zusammengefaßt. Auf der Ordinate wird anhand von Box-Plots der für die identen Bäume im Jahr 1995 erhobene Kronen-

Abb. 2:
Mittlerer NBV für Fichte, Eiche und Kiefer von 1989 - 1995

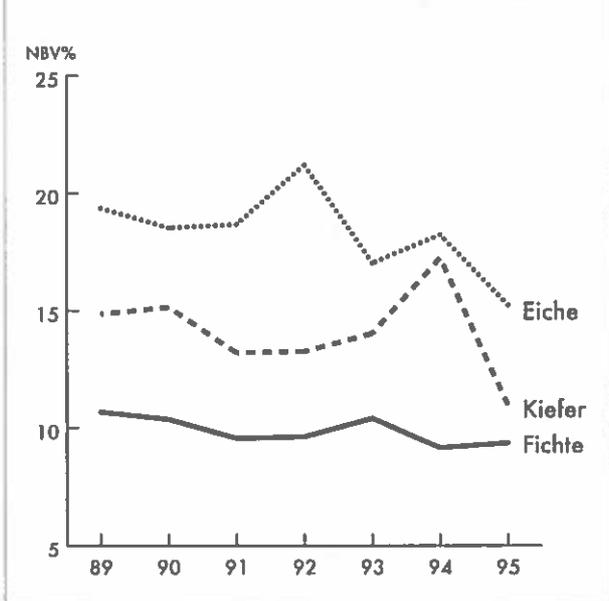


Abb. 3:
Mittlerer Nadelverlust für Fichte 1994 und 1995 und Verteilung in den Nadelverlustklassen

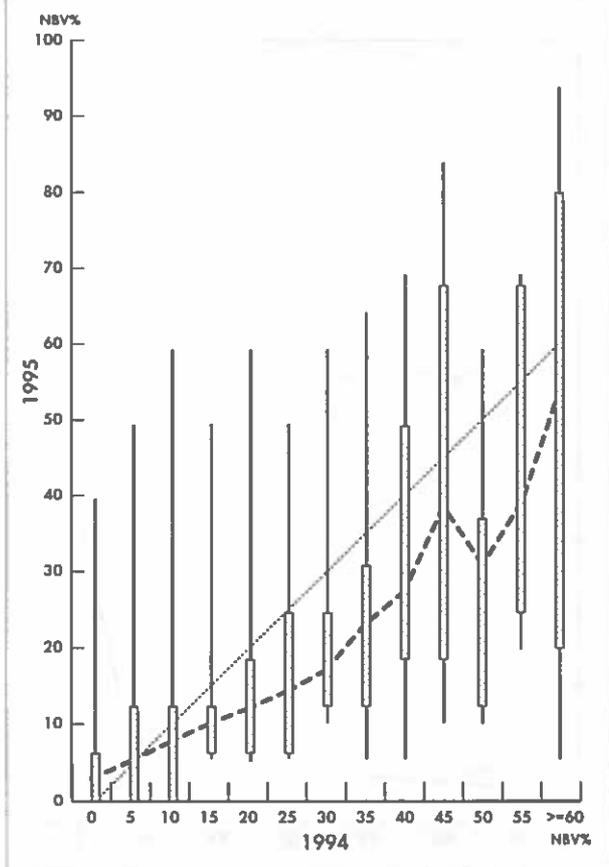
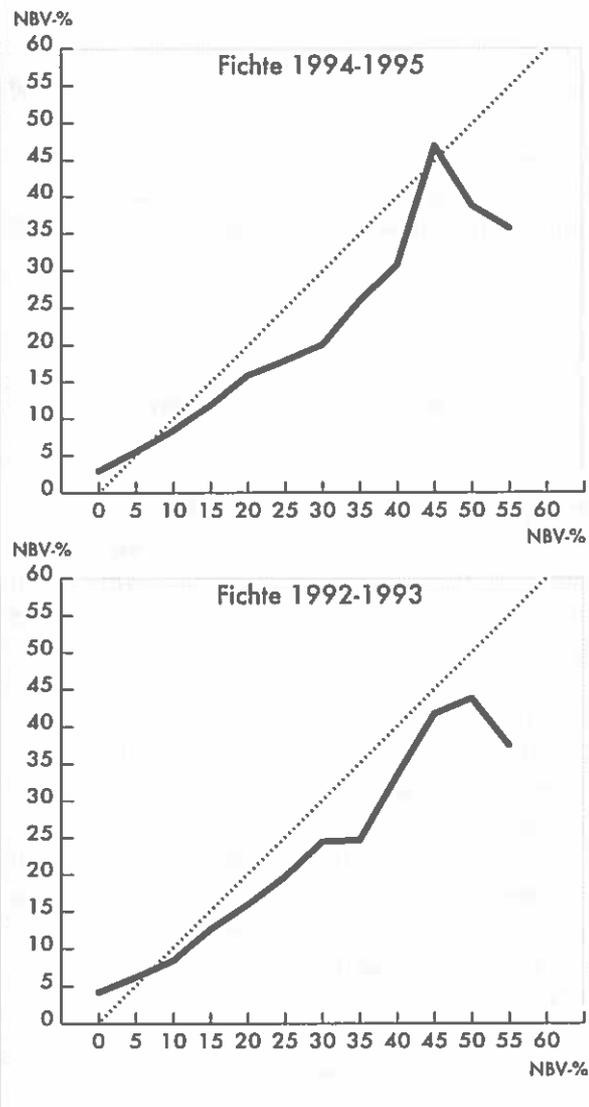


Abb. 4:
Mittlerer Nadelverlust für Fichte 1994-1995 und für 1992-1993



zustand wiedergegeben, wobei die Mediane wegen besserer Übersichtlichkeit ausgespart wurden. Die Whiskers reichen, nach einer Empfehlung Tukeys (DUTTER 1992), bis zum vorletzten Wert. Die Kurve verbindet die jeweiligen Mittelwerte für 1995. Die Diagonale stellt die theoretische Situation dar, wenn sämtliche Bäume ihren Kronenzustand beibehalten hätten. Es zeigt sich, daß bei den Bäumen mit der besten Einstufung im Jahre 1994 eine Verschlechterung eingetreten ist. Bäume, die 1994 in die Stufe 5% NBV gereiht wurden, weisen 1995 im Mittel die gleiche Einstufung auf. Der Kronenzustand zwischen etwa 15% und 45% NBV hat sich hingegen verbessert. Die Änderungen über 45% NBV sind wegen der geringen Besetzung und der großen Spreitung in den Klassen äußerst unsi-

cher, aber für das Gesamtergebnis unwesentlich. Die Abbildung 4 für den Zeitraum von 1992 auf 1993 (die Boxes und Whiskers wurden weggelassen), in der sich der Kronenzustand verschlechtert hat, zeigt im Prinzip eine ähnliche Gestalt. Im wesentlichen zeigt sich eine mehr oder weniger deutliche Verschiebung im Bereich zwischen 0 und 10% NBV. Da sich rund 75% aller Probestämme in allen Aufnahmejahren im Bereich zwischen 0% und 25% NBV bewegten, übt eine nur geringe Änderung in dieser Klasse bereits einen wesentlichen Einfluß auf das Gesamtergebnis bzw. auf die oben gezeigten Häufigkeitsverteilungen aus.

4. Änderung der Mortalitätsraten

Ein objektiveres Kriterium zur Beurteilung des Waldzustandes ist die Erfassung der abgestorbenen Probestämme. Die daraus errechnete Mortalität wird, da entnommene Probestämme nicht einberechnet werden können, wahrscheinlich höher sein. Die Mortalitätsraten bei der Waldzustandsinventur (WZI) von 1985 bis 1989 stiegen nach Hinzurechnung vorzeitig entnommener Probestämme (Probestämme die vor dem "wahrscheinlichen" Absterben genutzt wurden) nahezu auf das Doppelte (NEUMANN & STEMBERGER 1990).

Die jährliche Mortalitätsrate ist nach einem Tiefstand im Jahre 1991 in den letzten Jahren etwas gestiegen. Mit 0.12% für 1995 ist die Mortalitätsrate hoch im Vergleich zu den Werten der WZI. Die Abbildung 5 zeigt, daß bei der WZI, trotz des Einbeziehens der vorzeitig entnommenen Probestämme, niemals so hohe Werte erreicht wurden.

Im Mittel aller Probestämme zeigt sich (Abb. 6), bei unterschiedlich schnellem Absterbeverlauf, daß jene Probestämme abgestorben sind, die im Jahr vor dem Absterben einen mittleren NBV von etwa 50% aufwiesen. Die augenscheinlich abweichende Kurve für die 1993 abgestorbenen Probestämme kam durch das abrupte und leider unerklärte Absterben von Kiefern zustande. Für die meisten Jahre kann ein Zusammenhang zwischen Nadelverlust und Ausfallrate (SCHMID-HAAS 1993) festgestellt werden. Untergliedert man jedoch diese Darstellung nach Baumarten für das Jahr 1995, so zeigen sich auch hier zwei baumartenspezifische Verläufe (Abb. 7). Während sich der Kronenzustand der abgestorbenen Kiefern in den Jahren zuvor kontinuierlich verschlechterte, starben die Fichten rapide ab. Die begleitenden Erhebungen vor Ort stellten in diesen Fällen als Ursache Käferbefall fest.

Abb. 5:
Mortalitätsraten WZI und WBS

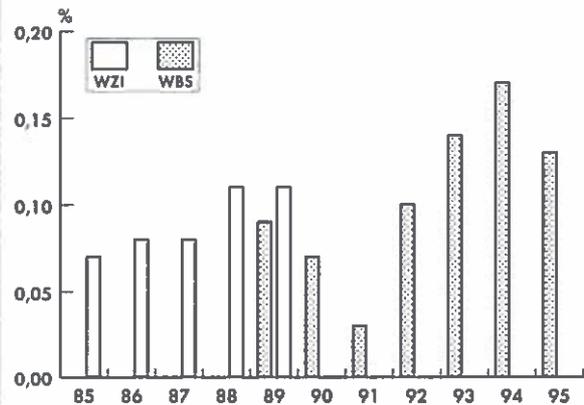


Abb. 6:
Kronenzustandsentwicklung der abgestorbenen Bäume

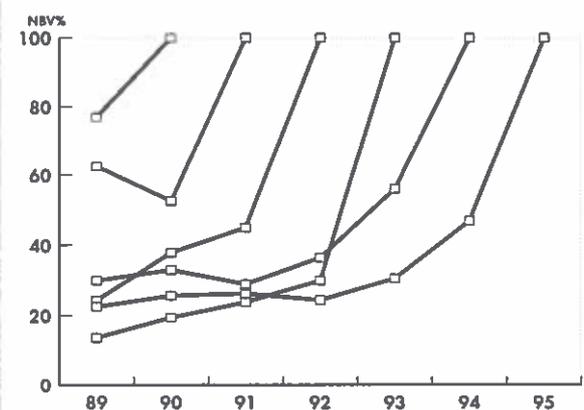
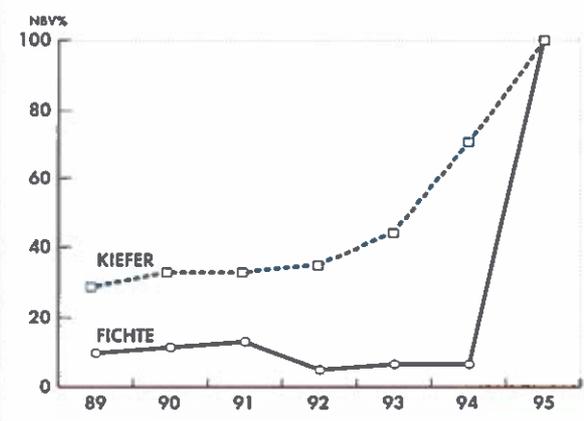


Abb. 7:
Kronenzustandsentwicklung der 1995
abgestorbenen Fichten und Kiefern



5. Schlußfolgerung

Die bundesweiten terrestrischen Kronenzustandserhebungen sind für Kausalanalysen über den Zustand des österreichischen Waldes insgesamt und bei lokal auftretenden Phänomenen im besonderen eher ungeeignet. Diese Nichteignung liegt in der Konzeption des Aufnahmernetzes dh. der großen Maschenweite begründet. Dieses Mangels ist man sich europaweit bewußt und es wird nun versucht, im Rahmen detaillierterer Untersuchungen (Level II) spezifischere Aussagen zu treffen (NEUMANN 1996).

Da es offenbar nicht nur eine Ursache für Kronenverlichtung gibt sondern je nach Standort, Baumart und Örtlichkeit verschiedene Ursachen in unterschiedlicher Gewichtung für den Waldzustand verantwortlich sind, scheint es auch nicht zielführend die Ergebnisse, in der Absicht damit Ursachen zu erkennen, mit anderen Parametern zu verknüpfen. Zur Ursachenerkennung muß jedenfalls die Entwicklung von kleineren Kollektiven, wie die Trennung nach Baumarten oder nach Standortseinheiten, betrachtet werden.

Die wesentlichste und durch Kronenzustandserhebungen auch erfüllbare Aufgabe ist die kontinuierliche und flächendeckende Überwachung des Waldzustandes (LORENZ 1995) im gesamten Bundesgebiet im Hinblick auf großräumige und/oder zeitliche Veränderungen.

6. Zusammenfassung

Die Ergebnisse der terrestrischen Kronenzustandserhebungen für das gesamte Bundesgebiet sowie die daraus resultierenden jährlichen Veränderungen werden jährlich veröffentlicht und mehr oder weniger diskutiert. Vergessen wird bei diesen Diskussionen um allfällige Veränderungen jedoch, daß diese Zahlen durch vielfältige Einflüsse großen Schwankungen ausgesetzt sind.

Viele bekannte und auch unbekannte Einflußgrößen gehen durch wiederholte Mittelwertbildungen bzw. Zusammenfassungen verloren und treten deshalb im Gesamtergebnis nicht zutage.

Bei einer Aufgliederung nach Probeflächen treten selbst bei ein und derselben Baumart deutlich unterschiedliche Entwicklungen zwischen den Probeflächen auf, was verdeutlicht, daß österreichweit gültige Aussagen über Ursachen nicht zu machen sind. Auch die verschiedenen Baumarten verhalten sich sehr unter-

schiedlich, aber durch den dominanten Anteil der Fichte werden diese Unterschiede überdeckt. Durch die bei allen Baumarten extrem linksschiefe Verteilung in den NBV-Klassen wirken sich selbst geringe Veränderungen im unteren Drittel deutlicher auf das Ergebnis aus, als Änderungen in den höheren NBV-Klassen.

Ebenso entwickelt sich ein an sich eindeutig erhebbares Merkmal wie die Mortalität nicht in allen Jahren und bei allen Baumarten gleich. Außerdem wird durch die unbekannte Anzahl der vorzeitig entnommenen toten Bäume der Aussagewert geschmälert und die geringe Gesamtzahl der jährlich abgestorbenen Bäume verhindert ausführlichere Analysen.

Literatur

- DUTTER R., 1985: *Geostatistik. Eine Einführung mit Anwendungen*. B.G. Teubner, Stuttgart.
- EC-UN/ECE (Hrsg.), 1995: *Forest Condition in Europe. Results of the 1994 Survey. 1995 Report*.
- EICHHORN J., PAAR, U., SCHÖNFELDER, E. 1995: *Waldschadenserhebung der Buche. Ergebnisse einer Trendbeobachtung 1984 bis 1994*. Allg. Forstzeitschrift Nr. 15, 1-4.
- INNES J. L. & BOSWELL R. C., 1990: *Reliability, presentation, and relationships among data from inventories of forest condition*. Canadian Journal For. Res. 20:790-799.
- INNES J. L., 1993: *Forest Health. Its Assessment and Status*. Cab International, Wallingford.
- KRISTÖFEL F. & NEUMANN M., 1994: *WBS 1994: Kronenzustand leicht verbessert*. Österr. Forstztg., 105:8-10.
- LORENZ M., 1995: *10 Jahre ICP Forests: Von der Kronenzustandserhebung zum intensiven Monitoring*. Allg. Forstzeitschrift Nr.20, 1094-1096.
- NEUMANN M. & STEMBERGER A., 1990: *Über Ausmaß und Verteilung der Mortalität: Gegenüberstellung von Ergebnissen der Waldzustandsinventur mit früheren Untersuchungen*. Cbl. ges. Forstwesen, 107:63-99.
- NEUMANN M., 1991a: *Zielsetzung und Aufnahmemethodik der Waldzustandsinventur*. Mitt. d. forstl. Bundesversuchsanst. Nr. 166. 7-17.
- NEUMANN M., 1991b: *Analyse des Einflusses von Standorts- und Bestandesfaktoren auf den Kronenzustand*. Mitt. d. forstl. Bundesversuchsanst. Nr. 166. 101-119.
- NEUMANN M., 1996: *Intensivbeobachtungsflächen im Rahmen eines EU-Projektes. Flächeneinrichtung und erste Ergebnisse*. FBVA-Berichte (im vorliegenden Band).
- SCHMID-HAAS P., 1993: *Kronenverlichtung und Sterberate bei Fichten, Tannen und Buchen*. Forstw. Cbl. 112:325-333.
- STEMBERGER A., 1996: *Aufnahmetraining und Ansprachequalität*. FBVA-Berichte (im vorliegenden Band).

Verfasser: Dipl.-Ing. Ferdinand Kristöfel
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Aufnahmetraining und Ansprachequalität

A. STEMBERGER

Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Mit der jährlichen Durchführung eines gemeinsamen Aufnahmetrainings im Rahmen des Österreichischen Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) sollen subjektive Einflüsse auf die Beurteilung des Nadel-Blattverlustes minimiert werden. Die Ergebnisse der jährlichen Trainings werden hinsichtlich der Abweichungen vom Sollwert, der Wechselwirkungen zwischen Taxatoren und den Probeflächen bzw. den Baumarten, der Veränderungen im Anspracheverhalten der Taxatoren im Verlauf der Jahre und der Ansprachequalität in den einzelnen Nadel/Blattverlustklassen untersucht. Es zeigt sich, daß die Ansprachequalität im Laufe der Jahre gestiegen ist und die Abweichungen vom Soll geringer wurden.

Schlüsselworte: Kronenzustand, Aufnahmetraining, Beobachterbias

Abstract. [Assessment Training and Quality of Assessment.] The annual assessment training within the frame of the Austrian Forest Damage Monitoring System (WBS) is one instrument to minimize the observer bias on crown condition assessment. The results of these trainings are analysed in respect of the deviations and the quality of assessment. An improvement of accuracy of crown assessment has been observed the years.

Keywords: Crown condition, assessment training, observer bias

1. Einleitung

Die Kronenzustandserhebung ist ein Schätzverfahren und deshalb subjektiven Einflüssen unterworfen, womit sich die Frage nach der Exaktheit derartiger Aufnahmen stellt. Als wichtigste Einflußgrößen seien die Referenzbaumproblematik, die Beobachterfehler und die Beibehaltung eines gleichmäßigen Standards zwischen den Beobachtungsjahren genannt.

Um den Gesamtfehler der Kronentaxation auf ein möglichst geringes Ausmaß abzusinken ist es daher notwendig, mögliche Fehlerquellen zu minimieren. Geht man davon aus, daß sich Fehlerkomponenten wie zum Beispiel Stichprobenfehler nur mit großem Aufwand d.h. durch Verdichtung des Aufnahmetzes beseitigen ließen, so muß der Verringerung der Beobachterfehler Bedeutung beigemessen werden.

Durch das jährliche Training der Taxatoren auf eigenen Trainingsflächen wird versucht, die Subjektivität der Kronenansprache vor Beginn der eigentlichen Aufnahmen zu minimieren.

2. Methodik

Seit dem Beginn der Erhebungen des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) wurde gemäß den Richtlinien der United Nations Economic Commission for Europe (UN/ECE, 1994) vor den sommerlichen Kronentaxationen eine obligate Einschulungswoche für sämtliche Mitarbeiter durchgeführt.

Seit 1989 werden die Mitarbeiter des WBS auf 24 Trainingsflächen mit Theorie und Praxis der Kronentaxation konfrontiert (RÖSSLER, 1991). Wie aus der Abbildung 1 ersichtlich, sind die Schulungsbestände dabei so ausgewählt, daß sowohl die verschiedenen Baumarten als auch die unterschiedlichen Höhenstufen berücksichtigt sind. Von diesen Trainingsflächen sind 17 mit Fichte bestockt, 4 mit Kiefer, die Baumarten Eiche, Buche, Lärche und Tanne sind mit je einer Fläche vertreten. Je Fläche wurden 30 Probebäume ausgewählt und mit fortlaufenden Nummern dauerhaft markiert. Eine Woche vor der jeweiligen Schulungsveranstaltung werden die Schulungsflächen von den drei Instruktoren aufgesucht und eine 'Musterlösung' wird erarbeitet.

Abb. 1: Lageplan der Trainingsflächen

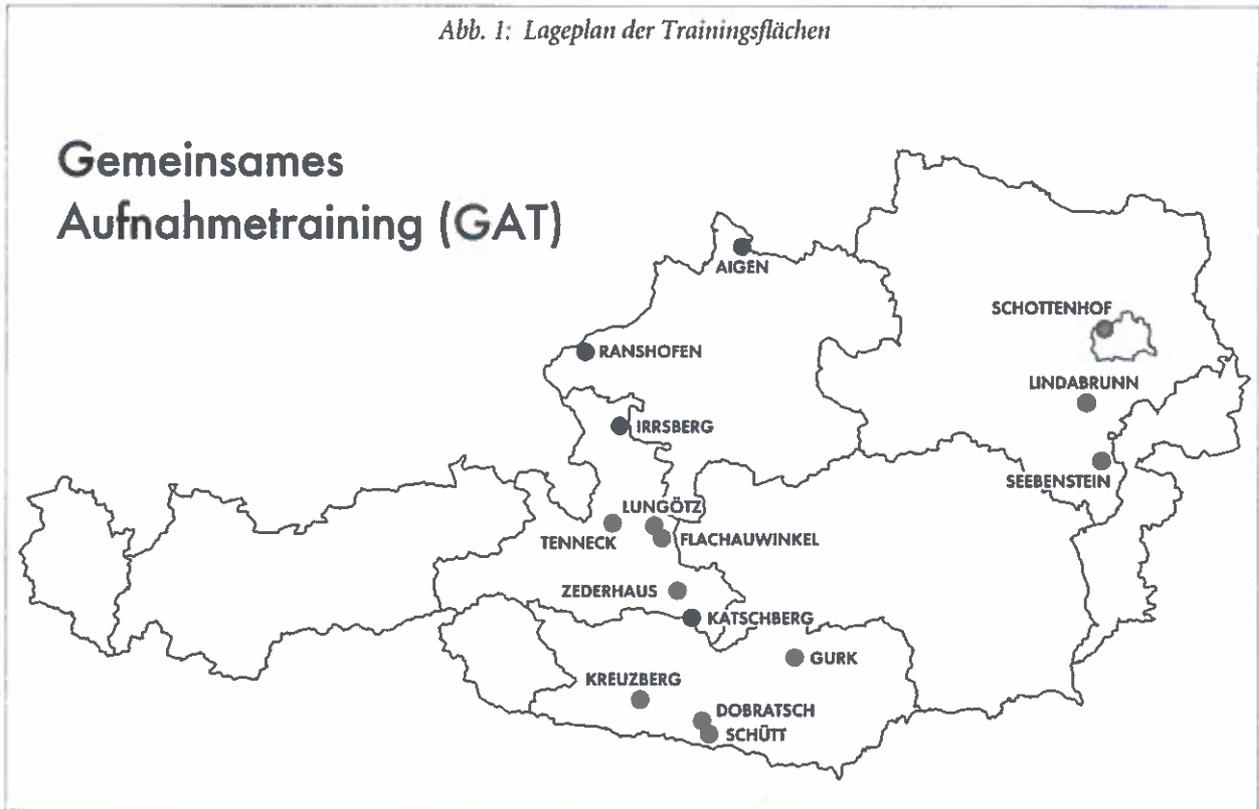
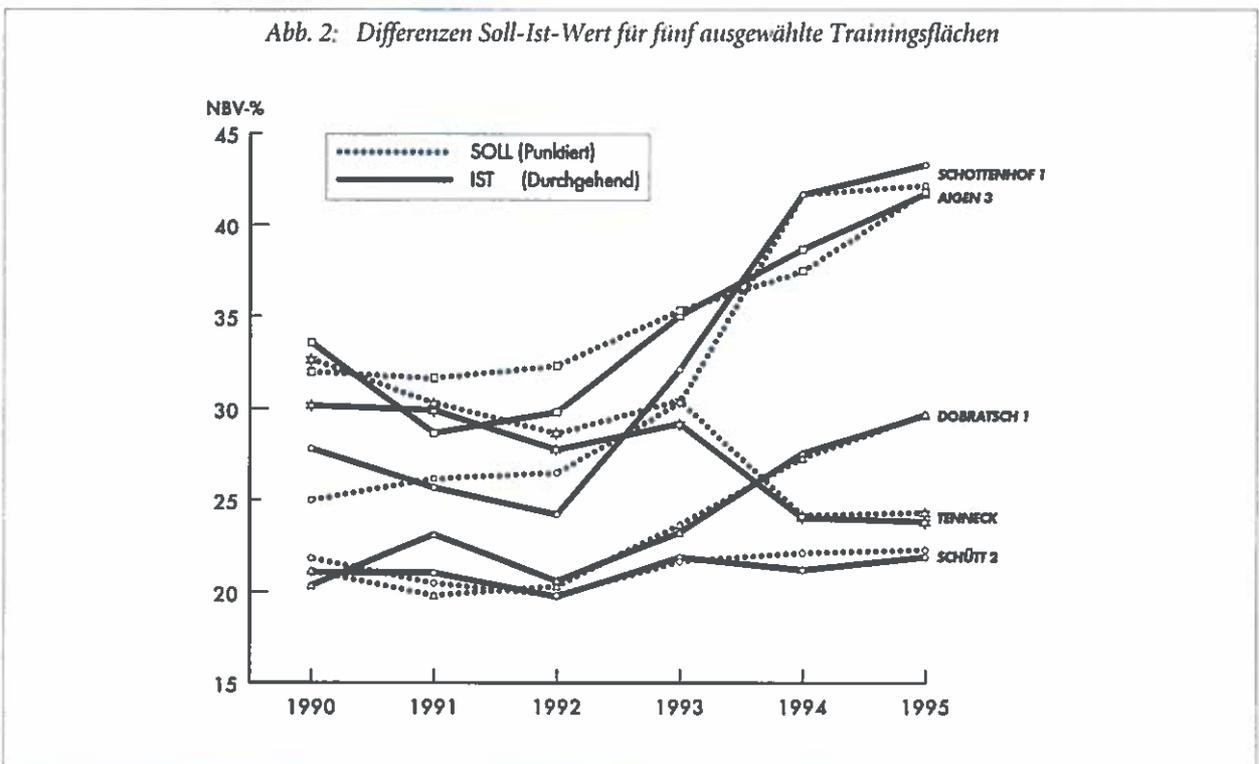


Abb. 2: Differenzen Soll-Ist-Wert für fünf ausgewählte Trainingsflächen



Die Anzahl der Taxatoren war jedes Jahr unterschiedlich. 7 Mitarbeiter des WBS nahmen über den gesamten Zeitraum von 1990 bis 1995 teil. Es wurden jedes Jahr dieselben Bäume bewertet, eventuell ausgefallene oder genutzte wurden durch vergleichbare Probebäume ersetzt. Während der Schulungsveranstaltung wurden die 30 Probebäume jeder Fläche von jedem Taxator selbständig bewertet und die Ergebnisse anschließend diskutiert. Bei besonders großen Abweichungen vom vorgegebenen Sollwert wurde im individuellen Gespräch zwischen Taxator und Instrukteur versucht, die Ansprachekriterien von subjektiven Eindrücken zu befreien und einem einheitlichen Niveau anzunähern.

3. Ergebnisse

Die jährlichen Ergebnisse auf den Trainingsflächen stimmen im Mittel sehr gut mit dem vorgegebenen Sollwert (= Mittel der 3 Instrukteure) überein. Nur bei wenigen speziellen Probeflächen gibt es über sämtliche Jahre hinweg größere Abweichungen. Grundsätzlich zeigen sich bei der Fichte die geringsten Differenzen. Ausgenommen davon sind lediglich Extremstandorte wie exponierte Hang- bzw. Höhenlagen, wo Sturmschäden oder atypische Verzwei-

gungsformen die Referenzbaumproblematik verstärken und subjektive Ansprachefehler begünstigen. Die Standardabweichung als Maß für die Streuung zwischen den einzelnen Taxatoren beträgt für die Fichte im Jahr 1990 0.10 und verringert sich im Laufe der Jahre auf 0.07 im Jahr 1995. Die Güte des Ergebnisses ist aber mit Sicherheit durch die gemeinsame Einführung im jeweiligen Bestand beeinflusst, weil bereits im Vorfeld der Taxation gewisse Bestandesparameter diskutiert werden und damit eine Vereinheitlichung der Ansprachekriterien vorweggenommen wird.

Größere Abweichungen vom Sollwert zeigt die Probefläche Lindabrunn mit Schwarzkiefern sowie jene am Schottenhof mit Buchen. Die Standardabweichung beträgt auf diesen beiden Flächen 0.15 und bleibt über die betrachtete Zeitspanne hinweg nahezu konstant. Während sich die Abweichungen bei der Schwarzkiefer mit mangelnder Anspracheroutine an dieser Baumart plausibel erklären lassen (LANDMANN & BONNEAU, 1995), kann bei der Buche (Probefläche am Schottenhof) nur die bei einigen Bäumen schwere Einsehbarkeit der Kronen als mögliche Ursache für den Schätzfehler angesehen werden. Abbildung 2 zeigt 5 ausgewählte Trainingsflächen, auf denen jeweils die Differenz zwischen Soll- und Istwert dargestellt ist. Nachdem die größten Unsicherheiten oft im Bereich von 25-75% NBV (INNES, 1993) auftreten, ist es nicht verwunderlich, daß Flächen mit geringem Nadelverlustprozent wie Schütt 2 und Dobratsch 1 geringere

Abb. 3: Häufigkeit der Abweichungen vom Soll-Wert bei Fichte

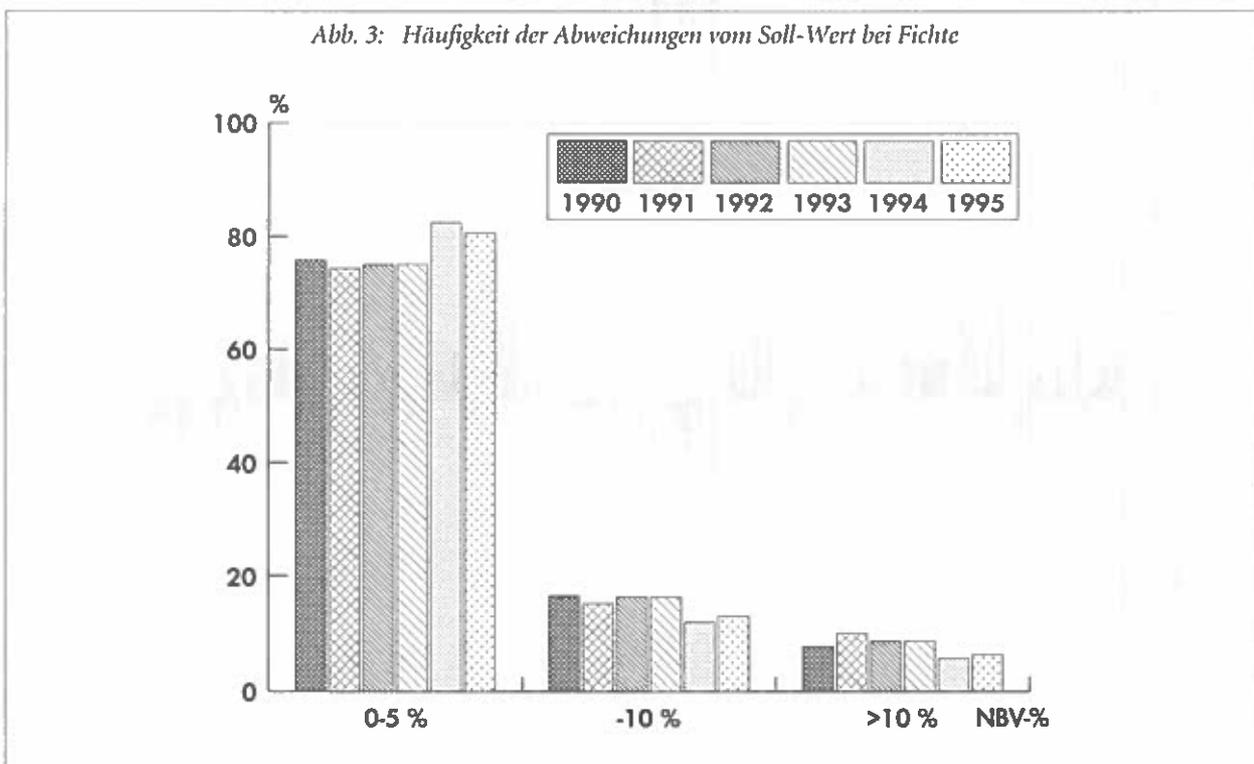
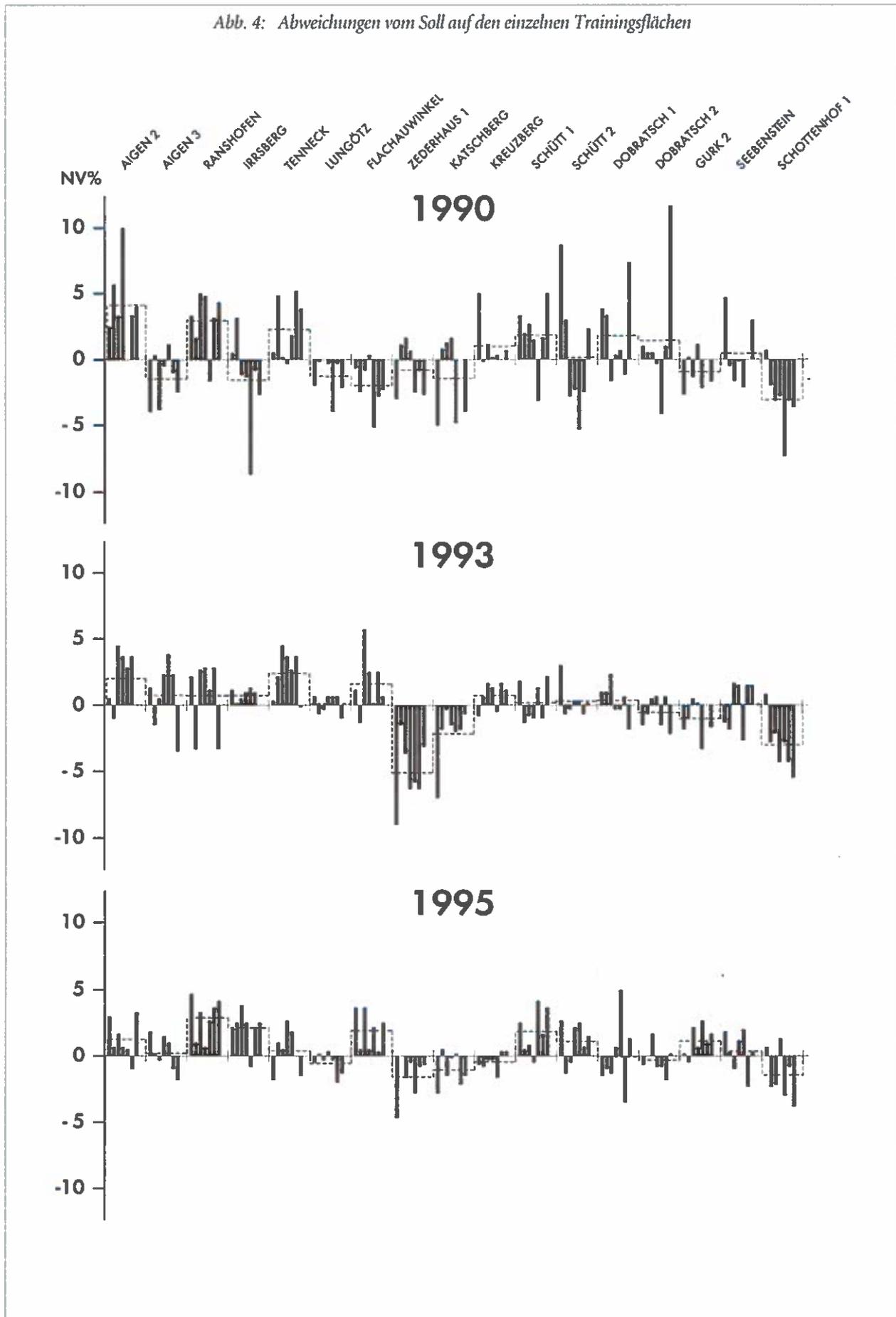


Abb. 4: Abweichungen vom Soll auf den einzelnen Trainingsflächen



und konstantere Abweichungen vom Soll zeigen als etwa Flächen mit hohem Nadelverlustprozent wie zum Beispiel die Fichtenfläche Aigen 3.

Da die Differenz von Soll- und Istwert aber einen Mittelwert über sämtliche Taxatoren darstellt und sich dadurch negative bzw. positive Abweichungen teilweise oder ganz aufheben können, interessieren in diesem Zusammenhang die Häufigkeiten der Abweichungen vom Sollwert des einzelnen Baumes, oder allgemeiner, die Abweichungen vom Sollwert der einzelnen Fläche.

Bei der Ansprache der einzelnen Probestämme (Baumart Fichte) zeigt sich, daß im Laufe der Jahre der Anteil der Abweichungen von Null bzw. 5% bezüglich der Sollansprache zuerst auf einem Niveau von etwa 75% stagniert, sich aber in den Jahren 1994/95 auf 82.5 bzw. 80.7% erhöht (Abb. 3). Eine gewisse Rolle spielt hier sicher auch der Umstand, daß auf den Probestflächen gewisse Besonderheiten (kleinstandörtliche Gegebenheiten, Verzweigungsform, Genotypen) aus den Vorjahren bekannt sind, die als Vorinformation in die Kronenzustandsbeurteilung eingebracht werden. Für die anderen Baumarten ergeben sich ähnliche Werte für 1995 - Weißkiefer: 77.8% für 0-5% Abweichung, Tanne: 78%, Lärche: 80%. Der Anteil der exakt angesprochenen Probestämme (Abweichung von null Prozent) ist jedoch geringer (jeweils 40-42%) und jener mit 5% Abweichung entsprechend höher. Ausgenommen von diesen Größenordnungen sind lediglich Buche und Eiche, welche nur 70% bzw. 73% Übereinstimmung im Bereich der Abweichungen von $\pm 5\%$ zeigen.

Parallel dazu existiert bei sämtlichen Baumarten eine Tendenz, daß im Laufe der Zeit größere Abweichungen abnehmen; für die Fichte werden 1990 24.2%, 1995 jedoch nur mehr 19.3% der Probestämme mit $\pm 10\%$ oder mehr Abweichung vom Sollwert angesprochen.

Auf Abbildung 4 sind die Abweichungen vom Soll-Nadelverlustprozent für jene 7 Taxatoren dargestellt, welche an sämtlichen Schulungsveranstaltungen von 1990-1995 teilgenommen haben. Es ist augenscheinlich, daß die Abweichungen im Lauf der Jahre einerseits in ihrer Quantität abnehmen, andererseits auch die Anzahl der qualitativ bedeutsamen Ausreißer abnimmt. Weiters zeigt sich, daß gewisse Flächen wie beispielsweise Aigen 2, Ranshofen und Tenneck (nur Fichte) über den betrachteten Zeitraum hinweg systematisch überbewertet (also schlechter angesprochen) werden, andere Flächen wiederum wie Zederhaus 1 (Fichte) oder Schottenhof 1 (Buche) werden konstant unterbewertet (also zu gut). Einige Probestflächen wie Dobratsch 1 und 2 (Hochlagenflächen) sowie Seebenstein (Weißkiefer) zeigen ein über die Jahre völlig indifferentes Bild der Abweichungen.

4. Zusammenfassung

Der Kronenzustand dh. der Nadel-/Blattverlust ist keine Meßgröße, sondern beruht auf der Einschätzung durch die Taxatoren. Durch ein jährliches Training vor der Aufnahme wird versucht, die Subjektivität der Kronenansprache zu minimieren.

Die Übereinstimmung in den Anspracheergebnissen auf den Trainingsflächen hat sich im Laufe des Untersuchungszeitraums verbessert. Die Standardabweichung der Differenz von Ist-/Sollwert hat sich von 0.11 im Jahr 1990 auf 0.08 im Jahr verringert. Grundsätzlich zeigen sich bei der Fichte die geringsten Abweichungen vom Soll, der Beobachterfehler ist bei dieser Baumart am niedrigsten.

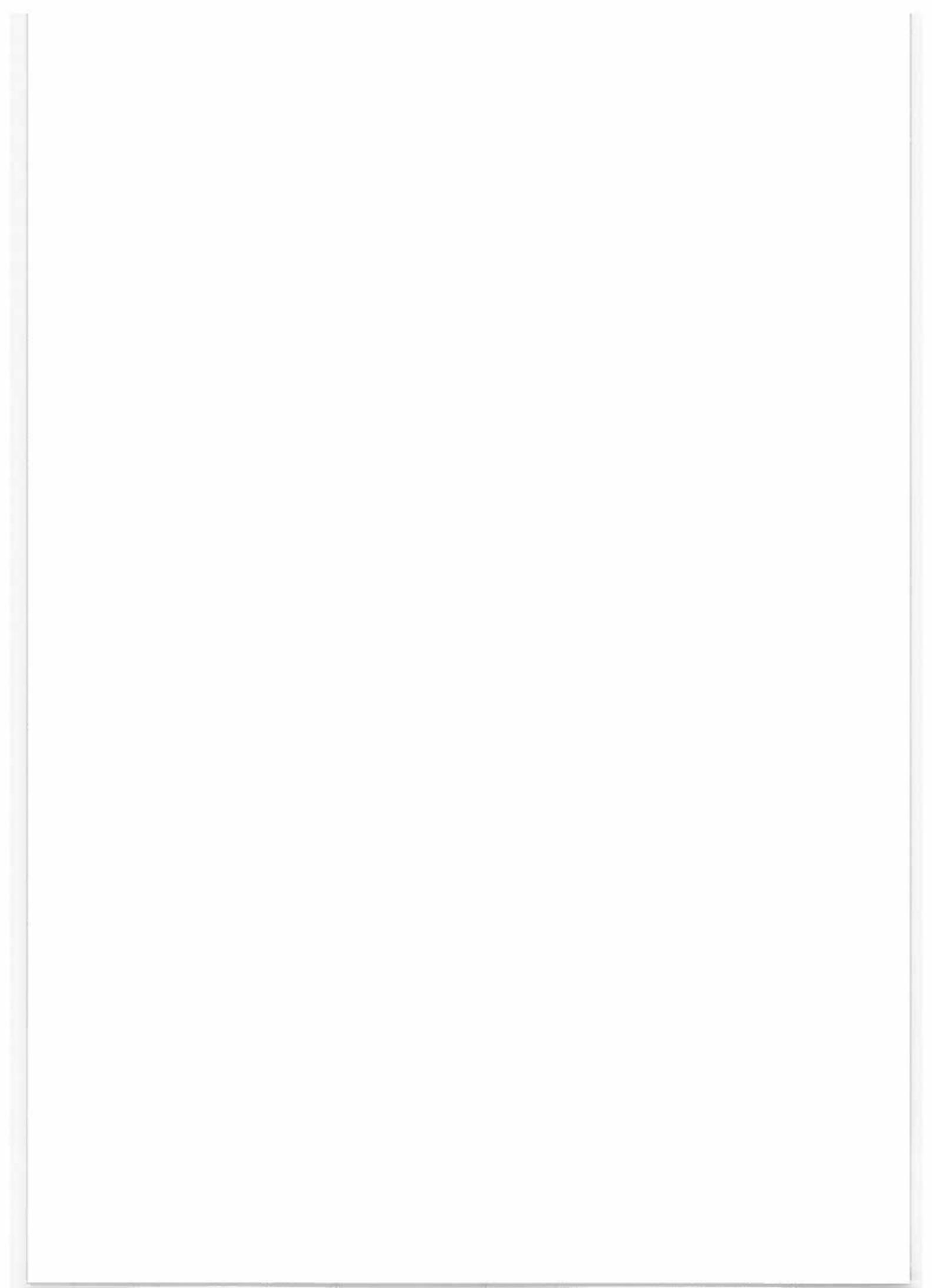
Der Anteil jener Probestämme, welche von den Taxatoren mit $\pm 5\%$ Abweichung vom Nadel-/Blattverlustprozent 'richtig' bewertet worden sind, betrug 1990 75.8% und pendelte sich in den Jahren 1994 und 1995 bei etwa 81% ein.

Obwohl die Ergebnisse des Aufnahmetrainings eine Verbesserung der Ansprachequalität im Laufe der Zeit anzeigen, kann eine gewisse subjektive Einflußnahme nicht ausgeschlossen werden.

Literatur

- INNES, J. L., 1993: *Forest Health. Its Assessment and Status*. Cab International, Wallingford.
- LANDMANN, G. und BONNEAU, M., (Eds.), 1995: *Forest decline and atmospheric deposition effects in the French mountains*. Springer, Berlin Heidelberg New York.
- RÖSSLER, G. 1991: *Aufnahmetraining und Kontrolle*. Mitt. d. forstl. Bundesversuchsanst. Nr. 166. 19-38.
- UN/ECE, 1994: *Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*. Hrsg.: Programme Coordinating Centres Hamburg and Prague.

Verfasser: Ing. Alfred Stemberger
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien



Luftbildauswertung Salzachauen Waldzustandsuntersuchung und Bestandeskartierung

M.GÄRTNER, B.REGNER

Abteilung Forstliches Luftbild, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Auf Wunsch der Salzburger Landesregierung (Landesforstdirektion) wurde das Flußaugebiet der Salzach zwischen Bergheim und Oberndorf in den Befliegungsplan der FBVA aufgenommen. Untersuchungsziele waren einerseits die Erfassung und Darstellung des Waldzustandes und andererseits die lückenlose Erhebung und Darstellung des Vegetationspotentials (Flächenbilanz) dieses sensiblen Auegebietes.

Mittels einer Stichprobeninventur (Raster 100 x 100 m in der Natur) auf der Basis von Farb-Infrarot Luftbildern (Bildflug vom 1.8.1993) wurden insgesamt 679 Probeflächen pauschal nach ihrem Zustand taxiert und 3490 Baumkronen einzeln beurteilt. Im Zuge der Vegetationspotentialerhebung wurde ein Gebiet von rund 1000 ha lückenlos kartiert und dabei 1143 Flächen abgegrenzt, koordinativ erfaßt und deren Flächen bestimmt. Dem Waldzustand der Salzachauen zwischen Oberndorf und der Saalacheinmündung (österreichisches Staatsgebiet) ist im Jahr 1993 pauschal ein guter Zustand zu bescheinigen. Problembereiche sind vor allem Eichenaltbestände mit einem unterdurchschnittlich schlechtem Ergebnis und örtliche Häufungen stärker verlichteter Baumkronen insbesondere in Uferbereichen. Als besonders stabil erweist sich die Baumart Esche. Die lückenlose Bestandes- und Nebennutzungskartierung bestätigt in der Flächenbilanz den starken anthropogenen Einfluß durch den sehr hohen Anteil an Landwirtschaft, Schottergruben, Mülldeponien, Kläranlage und Fischteichen. Bei Beibehaltung der derzeitigen Waldbaupraxis wird die Baumart Eiche mittelfristig verschwinden und die Baumart Esche bei gleichzeitiger massiver Zunahme von Fichte und Erle anteilmäßig deutlich abnehmen. Die jetzigen Jungbestände bestehen zum überwiegenden Anteil nur mehr aus Erlen.

Schlüsselworte: Waldzustand, Kronenverlichtung, Luftbildinventur, Farb-Infrarot Luftbild, Bestandeskartierung, Salzachauen

Abstract. [Evaluation of Aerial Photographs of the Salzach Floodlands - Forest Condition Monitoring and Stand Mapping.] At the request of the Provincial Government of Salzburg (Landesforstdirektion) the floodlands of the river Salzach between Bergheim and Oberndorf were included into the flying schedule of the FBVA. The purpose of the survey was, firstly, the registration and illustration of the forest condition and, secondly, the complete surveying and illustration of the vegetation potential (distribution of forest and non-forest uses by area) of those sensitive floodlands. By means of a random inventory (raster of 100 x 100 m) based on infrared-colour aerial photographs (aerial photographs of August 1, 1993) a total of 679 sample plots were classified generally in respect of their condition, and 3,490 canopies were assessed individually. In the course of the vegetation potential survey, an area of approximately 1,000 ha was completely mapped, with 1,143 plots being defined, their positions being fixed by coordinates, and their areas being determined.

In general, the forest condition of the Salzach floodlands between Oberndorf and the Saalach estuary (Austrian national territory) proved to be good in 1993. Mainly old-age oak stands with results worse than average and, especially around the riverbanks, local accumulations of more severely defoliated canopies were found to be problematic. Ash proved to be a particularly stable species. The complete mapping of the stand uses and non-forest uses confirms, in the aerial distribution of uses, that the floodlands are subject to strong anthropogenous influence due to the very high percentage of land used for agriculture, gravel pits, landfills, waste-water purification plants, and fishponds. If the present practice of silvicultural management is continued, oak will disappear over the medium term and ash will considerably decrease; simultaneously, spruce and alder will increase enormously. The existing young stands partly consist predominantly of alder.

Keywords: Forest condition, defoliation, inventory by aerial photography, infrared-colour aerial photograph, stand mapping, Salzach floodlands

Das Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich am rechten Salzachufer (österreichisches Staatsgebiet) von der Saalacheinmündung etwa 10 km flußabwärts bis Oberndorf und erreicht landeinwärts eine Tiefe bis 1,5 km; es liegt zwischen 395 m und 408 m Seehöhe. Der südliche Abschnitt bei Anthering wird als Antheringer Au oder "obere Au" (400 m - 408 m Seehöhe) bezeichnet, der nördliche Abschnitt bei Weitwörth als Weitwörther Au oder "untere Au" (395 m - 400 m Seehöhe).

Natürlich vorkommende Baumarten sind Baum- und Strauchweiden, Grauerle, Schwarzerle, Schwarzpappel, Esche, Traubenkirsche, Bergulme, Bergahorn, Stieleiche, Hainbuche, Winterlinde, Buche, Vogelkirsche, Feldahorn und in geringem Ausmaß Fichte.

Vielfältige Nutzungstätigkeit hat wie in den meisten Strom- und Flußauwäldern Mitteleuropas auch das ursprüngliche Waldbild in den Salzachauen im Laufe vieler Jahrzehnte verändert. Die natürlichen Baumarten wurden besonders in der Weitwörther Au weitgehend durch Wirtschaftsbaumarten ersetzt, zumindest hat sich insgesamt der Baumartenanteil zugunsten letzterer verschoben.

Die *Salzachregulierung* Ende des vorigen Jahrhunderts führte zu einer Grundwasserabsenkung um rund 2 m (obere Au) bzw. 0,25 m (untere Au). Die Folge waren weitgehend ausbleibende Überschwemmungen im Bereich der oberen Au und nur kurzzeitige Überschwemmungen in der unteren Au. Somit ist die ursprüngliche Auwalddynamik zumindest stark reduziert, denn erst periodische Überschwemmungen aktivieren die typische Differenzierung der Auenvegetation in eine länger unter Wasser stehende "weiche Au" und in eine nur selten und kurzzeitig überschwemmte "harte Au".

Von Seiten der FBVA wurden schon 1966 grundlegende forstökologische Untersuchungen über die Weitwörther Au publiziert (JELEM H., 1966). Von dieser Basis ausgehend wurden für die vorliegende Waldzustandsuntersuchung folgende Problemstellungen abgeleitet:

1. Einwanderung von Harthölzern in die weiche Au und sprunghafte Umwandlung der weichen Au im Antheringer Abschnitt.
2. Sandige Standorte werden zu Trockenstandorten, schotterunterlagerte Flächen zu Heißländern. Probleme mit Wipfeldürre, Wasserversorgung und Auswahl standortgerechter Baumarten.
3. Vitalitätsverluste durch Nebennutzungen (Schweinemast in Stieleichenbeständen, Grasnutzung) und

lange Niederwaldbewirtschaftung (Grauerle) mit sekundären Erlenbeständen. In reinen Fichtenbeständen erhöhtes Risiko durch Rotfäule, Fichtenblattwespe und Flachwurzeln auf Schotterstandorten.

4. Veränderung des natürlichen Baumartenspektrums und der natürlichen Baumartenanteile durch lange und intensive Nutzung der Au, da das humide, regenreiche Klima für hohe Erträge sorgt. Ausnahme sind sandige und schottrige Standorte ohne periodische Überschwemmungen.

Untersuchungsziel und Konzept

Untersuchungsziele waren einerseits die Erfassung und Darstellung des *Waldzustandes* durch Beurteilung von Baumkronen und andererseits die lückenlose Erhebung und Darstellung des *Vegetationspotentials* (Flächenbilanz) dieses sensiblen Auegebietes.

Das Konzept der Luftbildinventur dieses Untersuchungsgebietes enthält zwei Arbeitsschritte:

- **Teil 1: Waldzustandsuntersuchung:**
im Vordergrund steht die Erfassung des Kronenzustandes (Nadel- und Blattverluste) und weiterer Schadenssymptome (z.B. Vergilbung, Misteln, Totbäume) durch eine Stichprobenerhebung.
- **Teil 2: Bestandeskartierung**
(status quo der Waldentwicklung): im Kartierungsgebiet werden alle einzelnen Waldbestände und alle anderen Nutzungsarten nach festgelegten Kriterien abgegrenzt, kartographisch erfaßt und flächenmäßig dargestellt (Flächenbilanz).

Im Zuge der Waldzustandsuntersuchung mittels Luftbildinventur werden grundsätzlich immer auch Bestandesattribute (Topografie, Gelände, Bestandesaufbau etc.) erhoben, die eine komplexe Beurteilung des Waldzustandes und Datenanalyse der Kronenverlichtungen erlauben. Die kartographischen Darstellungen der Verlichtungsmuster liefert zusätzlich Hinweise, ob die durch die Flußregulierung geänderten hydrologischen Verhältnisse die Vitalität der Bestände und Baumarten wesentlich beeinflussen.

Somit ergeben sowohl die Stichprobenerhebung im Rahmen der Kronenzustandsuntersuchung als auch die Bestandeskartierung wichtige Hinweise über Baumartenzusammensetzung, Bestandesstruktur, die räumliche Verteilung der erhobenen Merkmale und über die künftige Waldentwicklung.

Projektgrundlagen und Methoden

Den *Bildflug* führte das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) am 1.8.1993 durch. In 2 Flugsstreifen wurden mit 53 FIR-Dias eine Gesamtfläche von rund 25 km² (60 % Längs- und 30 % Querüberdeckung) bei einem mittleren Bildmaßstab von 1:4500 befliegen. Verwendet wurde die Kamera RC30-FMC und der Film Kodak Aerochrome 2443. Die Aerotriangulierung erfolgte durch das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen.

Der *regionale Interpretationsschlüssel* als Bindeglied zwischen dem terrestrischen Aussehen der Baumkronen und dem FIR-Luftbild beruhte auf 8 Referenzflächen mit ca. 300 Bäumen und 21 Dokumentationsdias; die an einem einfachen Stereobetrachtungsgerät (Aviopret) gezeichneten Kronenkarten ermöglichen eine exakte Zuordnung von terrestrisch beurteilten Bäume zu den identen Bäumen am Luftbild. An Merkmalen wurden im Feld Standort, Baumart, Wuchsklasse, Verlichtungsstufe, Verlichtungstyp, Verfärbung, Fruktifikation, sonstige Schadsymptome, morphologische

Merkmale (z.B. Verzweigungstyp der Fichte, Kleinblättrigkeit usw.) erhoben. Die Ergebnisse sind in einem eigenem Bericht (Kronenkartenblätter und Beschreibung der Baumarten) zusammengestellt.

Die *Untersuchung* selbst erfolgte durch visuelle Interpretation der absolut orientierten Stereomodelle (Zuordnung zum Landeskoordinatensystem Gauß-Krüger) EDV-unterstützt am analytischen Stereoauswertegerät ZEISS Planicomp P1 mit Rechner HP1000/A900 der FBVA und wurde von den Herren Dipl.Ing.B.Regner und Ing.T.Salbaba im Winter 1993/94 ausgeführt. Die zur Verfügung stehende Software besteht aus Interpretations(Meß-)programm, Selektions- und Analyseprogrammen und Ausgabeprogrammen für die Kartografie. Alle erhobenen Probekreise und alle Einzelbäume der Stichprobeninventur sowie die Bestandesgrenzen mit Nutzungsarten aus der Bestandeskartierung) sind koordinativ im Landeskoordinatensystem erfaßt und in Karten dargestellt. Das Grundkonzept der Luftbildinventur sieht Wiederholungsinventuren in exakt denselben Probekreisen und mit exakt denselben Probebäumen, die alle koordinativ erfaßt sind, vor.

Teil 1: Waldzustandsuntersuchung Kronenzustand und Verlichtung der Baumarten

Stichprobendesign und Interpretation

Die Waldzustandsuntersuchung basiert auf einer 2-stufigen Stichprobenerhebung mit regelmäßigem Stichprobenraster von 100 m x 100 m in der Natur.

- **Stufe 1:** in Probekreisflächen (Kleinbeständen) von 1000 m² werden flächenbezogene Merkmale erhoben. Diese sogenannten *Bestandes- und Flächenattribute* beschreiben die Probekreisfläche (vor allem Wuchsklasse, Waldaufbau, Gelände) und liefern Daten über Baumartenanteile und den Zustand der Baumarten nach 5 Verlichtungskategorien (von A=normal entwickelt bis E=absterbend) ab der Wuchsklasse Jugend bis zum Starkholz. Aus diesen Daten werden die Geländeverhältnisse, der waldbauliche Zustand, die Baumartenanteile und der allgemeine Kronenzustand des Untersuchungsgebietes abgeleitet.
- **Stufe 2:** Eine zusätzliche *Einzelbaumbewertung* im zuvor flächig beurteilten Kollektiv liefert detaillier-

te Ergebnisse über die Verteilung und den Zustand der einzelnen Baumarten. Dabei werden von 6 Bäumen der Hauptbaumart und je drei Bäumen von zwei weiteren allfällig vorkommenden Nebenbaumarten im Probekreis die Baumart, die Verlichtungsstufe, Vergilbung und weitere Sondermerkmale für die Wuchsklassen ab starkem Stangenholz erhoben.

Bei der Ergebnisanalyse werden durch unterschiedlichste Selektionsschritte verschiedene Straten aus dem Gesamtkollektiv (alle Baumarten zusammen oder eine einzelne Baumart) gebildet und nach dem Kronenzustand (Flächenbeurteilung) bzw. nach dem Anteil der Verlichtungsstufen (Einzelbaumbewertung) untersucht. Auf Grund der unterschiedlichen Indikatoreigenschaften der Baumarten können differenziertere Hinweise auf Ursache-Wirkungsbeziehungen abgeleitet werden. Damit wird beispielsweise der Einfluß der Exposition, Seehöhe, Randstellung und vieles mehr nachprüfbar.

Ergebnisse der Waldzustandsuntersuchung

Der gesamte Stichprobenumfang des Untersuchungsgebietes beträgt 756 Rasterpunkte (1000 m² Probekreise) und 3490 Einzelbäume. Die untersuchte Waldfläche beträgt somit ca. 756 ha.

Baumartenanteile: Die Baumart mit dem höchsten Flächenanteil von 26,1 % ist die Erle (ab Wuchsklasse Jugend). Die Erle (Grauerle) nimmt in den jungen Entwicklungsstadien (bis Dichtung) sogar mehr als die Hälfte der Fläche ein. Der insgesamt hohe Eschenanteil (einschließlich Ahorn und Ulme) von 25,4 % kommt durch die Dominanz der Esche ab der Wuchsklasse Baumholz zustande, wo sie 36,2 % der Fläche einnimmt. Die zweite Wirtschaftsbaumart nach der Esche ist mit rund 19 % die Pappel (Kulturpappeln). Während die Bedeutung der Stieleiche (8,6 %) zurückgeht, ist jene der Fichte (12,2 %) im Steigen begriffen.

Insbesondere Grauerle und Pappel bilden große Komplexe als Reinbestände. Bei Fichte und bei Esche ist etwa ein Viertel aller Bestände ein Reinbestand oder weist eine eindeutige Dominanz dieser Baumarten auf.

Die regionalen Schwerpunktgebiete der Baumarten sind auf Basis der Einzelbaumstichprobe und deren Kartierungen ersichtlich:

Die Baumarten Fichte, Esche und Eiche kommen im gesamten Untersuchungsgebiet vor; besonders eindrucksvoll ist die große Verbreitung der Esche im gesamten Untersuchungsgebiet. Erle, Pappeln und sonstiges Weich-Laubholz weisen Schwerpunktorkommen zwischen Reitbach und Salzach im Weitwörther Teil auf (Weiche Au). Die Erle tritt großflächig im mittleren Abschnitt in Erscheinung. Die sonstigen Weich-Laubhölzer haben darüber hinaus im gesamten Gebiet kleinflächige Vorkommen.

Der Kronenzustand der Waldbestände

Von den 679 Probeflächen mit pauschaler Beurteilung (Wuchsklasse Jugend bis Starkholz) waren 118 (17,4 %) Flächen beeinträchtigt.

Tabelle 1:

Verteilung der Bestände/Probeflächen (in %) im Untersuchungsgebiet ab Wuchsklasse Jugend bis zum Starkholz nach Verlichtungskategorien (pauschale Taxation).

Verlichtungskategorie	Anzahl	%
A (normal entwickelt)	561	82,62
B (schwach beeinträchtigt)	95	13,99
C (deutlich beeinträchtigt)	20	2,95
D (stark beeinträchtigt)	3	0,44
E (absterbend)	0	0,00
Gesamtgebiet	679	100,00

Vergleicht man die nach Strukturkriterien ausgewählten Teilergebnisse mit dem Gesamtergebnis des Untersuchungsgebietes, fällt auf, daß insbesondere Starkholzbestände, zweischichtige und stufige sowie räumliche bis locker überschirmte Bestände häufiger verlichtet sind.

Die pauschale Flächenbeurteilung ergab auf insgesamt 12 Probeflächen Hinweise auf biotische Schadensursachen (Käfer, Insekten). Da aber diese Flächen als "normal entwickelt" beurteilt wurden, ist dieser Schadenskomplex im Erhebungsjahr 1993 als relativ unbedeutend zu bewerten.

Tabelle 2:

Stichprobenumfang, Häufigkeit der Verlichtungsstufen in % und mittlerer Verlichtungsgrad MVG je Baumart.

Baumart	Verlichtungsstufe											MVG
	Anz	%	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	
Fichte	461	13,2	66,2	13,4	12,4	3,2	2,0	0,9	0,4	0,2	1,3	1,39
Esche,Ah	1147	32,9	78,7	11,4	7,8	0,8	1,0	-	0,2	0,1	-	1,17
Eiche	388	11,1	38,4	23,7	20,9	7,5	3,9	2,1	1,5	0,5	1,5	1,76
Buche	6	0,2	50,0	33,3	16,7	-	-	-	-	-	-	1,33
Ulme	2	0,1	100,0	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00
Pappel	738	21,1	72,3	11,8	9,8	2,2	2,2	0,5	0,2	0,3	0,7	1,29
Erle	548	15,7	65,2	17,7	12,4	2,0	1,8	0,7	0,2	-	-	1,32
so.Laub	200	5,7	78,5	11,0	6,5	2,5	1,5	-	-	-	-	1,19
Gesamt	3490	100,0	69,0	14,1	11,0	2,4	1,8	0,6	0,4	0,2	0,5	1,31

Die Verlichtung der Baumarten

Insgesamt wurden 3490 Baumkronen ab dem starken Stangenholz einzeln beurteilt.

Diese 9-teilige Skala der Luftbildinventur (LBI) entspricht in etwa im folgenden der *UN/ECE Klassifikation* für Nadel-/Blattverluste (NBV):

NBV-Klasse	NBV-Verlust (%)	verbale Interpretation	LBI-Stufe
0	-10 %	keine	1
1	10-25 %	leicht	1,5+2
2	25-60 %	mittel	2,5+3+3,5
3	über 60 %	stark	4+4,5
4	100 %	tot	5

Laut ECE Klassifikation werden Kronen mit über 10 % Nadel/Blattverlust als "verlichtet", solche mit über 25 % als "geschädigt" definiert. Im Untersuchungsgebiet sind die einzelnen Baumarten mit folgenden Anteilen verlichtet (NBV 10 % bis 100 %, inkl. tot) oder geschädigt (NBV über 25 % bis 100 %, inkl. tot):

Baumart	verlichtet	geschädigt	(tot)
Fichte	33,8	6,6	(1,3)
Esche	21,3	2,1	(-)
Eiche	61,6	15,5	(1,5)
Pappel	27,7	5,5	(0,7)
Erle	34,8	4,7	(-)
sonst. Laubholz	21,5	4,0	(-)
Gesamt	30,9	5,4	(0,5)

Insgesamt weisen somit 30,9 % der untersuchten Baumkronen Verlichtungen auf (Nadel/Blattverluste von 10 % und mehr). Rund 5,4 % der Baumkronen weisen Verluste im Ausmaß von über einem Viertel der Gesamtnadel-/laubmasse auf und gelten daher als "geschädigt". 17 Probestämme oder 0,5 % waren abgestorben. Von allen Baumarten weisen die Eichen die stärksten und die Eschen die geringsten Kronenverlichtungen auf (Abbildung 2 und 3).

Vergilbungen: Während am Luftbild erkennbare Vergilbungssymptome bei den übrigen Baumarten selten vorkommen, wurde mit rund 30 % ein ungewöhnlich hoher Anteil der Eichen als vergilbt beurteilt.

Teil 2: Bestandeskartierung Kriterien der Bestandeskartierung

Die Hauptkriterien für eine Bestandesabgrenzung waren die *Hauptbaumart* (Bedingung ist ein Anteil von mindestens drei Zehnteln) und die *Wuchsklasse* des Bestandes. Eine *Mindstgröße* und *Mindestbreite* der auszuscheidenden Flächen (0,2 ha, 20-30 m) wurde ebenfalls vereinbart. Die Angabe der Baumart entfällt bei Kulturen und Jugenden, da in diesen Wuchsklassen nicht immer genaue Angaben möglich sind.

Da im Untersuchungsgebiet vielfach Schotter abgebaut wurde und wird, war auch die Frage von Bedeutung, ob Bestände auf *gewachsenem Boden* stocken oder bereits eine *Rekultivierung* auf ehemaligen Schotterabbauflächen vorliegt.

Als eigene Bestandeskategorien wurden außerdem Bestände "mit Überhältern" ausgeschieden (unter drei Zehntel Überschirmung durch Oberholz; hier erfolgte die Beschreibung des nachwachsenden Jungbestandes) und Bestände "mit Unterwuchs" (Überschirmung von drei Zehnteln und darüber; Beschreibung der Oberschicht).

Auf die exakte Wiedergabe des Forststraßennetzes durch flächige Abgrenzung wurde verzichtet, da Forststraßen unter einem geschlossenen Kronendach oft nicht eindeutig erkennbar sind. Sichtbare Forststraßen bilden in der Kartendarstellung aber immer eine Bestandesgrenze (Straßenmitte), auch wenn beiderseits der Straße ein gleichartiger Bestand liegt.

Wasserläufe, Altarme und sonstigen Wasserflächen konnten nur wiedergegeben werden, wenn sie durch das Kronendach zumindest zu erahnen waren. Die Grenzziehung berücksichtigt den aktuellen Wasserstand am 1.8.1993; eine breitere Uferfläche (unbestockter Überflutungsbereich) wurde allenfalls eigens ausgeschieden. Um eine Flächenbilanz des gesamten Kartierungsgebietes zu ermöglichen, wurden zusätzlich alle übrigen, nicht bestockten Flächen lückenlos erfaßt (Fremdnutzung). Diese umfassen Gebäude (Betriebsgebäude), Straßen- und Bahnflächen, Stromleitungen, Teiche (meist ehemalige Schotterabbauflächen), Landwirtschaft, Schotterabbau, Mülldeponie, Kläranlage und sonstige Nutzungsflächen.

Ergebnisse der Bestandeskartierung

Die Ergebnisse der Bestandeskartierung wurden *kartografisch* dargestellt und in *Flächentabellen* aufbereitet.

In der kartografischen Darstellung im Maßstab 1 : 5000 (10000) wurden die einzelnen ausgeschiedenen Bestände je nach Wuchsklasse (Kultur/Jugend, Dichtung, Stangenholz, Baumholz) farblich und je nach Hauptbaumart mittels Symbolen (Ei=Eiche, Es=Esche, P=Pappel ect.) getrennt dargestellt. Zusätzliche Symbole weisen eine Fläche mit Überhältern, Unterwuchs oder eine Rekultivierungsfläche aus. Die übrigen Fremdnutzungsflächen wurden ebenfalls mittels Symbolen kartografisch aufbereitet (Abbildung 4).

Die Flächentabellen enthalten die wesentlichen Kulturgattungen und Nutzungsarten des gesamten Kartierungsgebietes, das durch das Salzachufer im Westen und die Bahntrasse der Regionalbahn im Osten abgegrenzt wurde. Die Waldfläche selbst wurde nach den oben beschriebenen Ausscheidungskriterien zusammengestellt.

Zusammenfassende Flächenstatistik (Flächenbilanz)

Kartierte Fläche	10341330,3 m ²	100,0 %
Nichtwaldfläche	2957924,6 m ²	28,6 %
Waldfläche gesamt	7383405,7 m ²	71,4 %

Von der Nichtwaldfläche könnten rund 1307054,5 m² als "Waldabgang" - mit Stand Befliegungsdatum - zu veranschlagen sein: Stromleitung, Teiche (ehemaliger Schotterabbau), aktuelle Schottergewinnung, Mülldeponie, Kläranlage, Betriebsgebäude. Demgegenüber können zwar die derzeitigen Rekultivierungsflächen am Luftbild annähernd nachvollzogen, nicht aber die "Waldzugänge" auf ehemaligen Nichtwaldflächen (Aufforstung von Landwirtschaftsflächen) erhoben werden (Abbildung 5).

Waldfläche gesamt	7383405,7 m ²	100,0 %
Nichtholzboden	118863,2 m ²	1,6 %
Holzboden	7264542,5 m ²	98,4 %
gewachsener Boden	6602936,9 m ²	90,9 %
Rekultivierung	661605,6 m ²	9,1 %

Zusammenfassung nach der Wuchsklasse:

Kultur	298278,7 m ²	4,1 %
Jugend	392142,5 m ²	5,4 %
Dichtung	1256699,1 m ²	17,3 %
Stangenholz	1281028,6 m ²	17,6 %
Baumholz	4036393,6 m ²	55,6 %
Summe Holzboden	7264542,5 m ²	100,0 %

Zusammenfassung nach dem Bestandaufbau:

einschichtig	5022885,0 m ²	69,1 %
zwei-/mehrsch.	1831770,6 m ²	25,2 %
mit Überhältern	409886,9 m ²	5,7 %
Summe Holzboden (alle Wuchsklassen)	7264542,5 m ²	100,0 %

Zusammenfassung nach der Hauptbaumart:

Eiche	620290,8 m ²	9,4 %
Erle	1489793,9 m ²	22,7 %
Esche	1540784,8 m ²	23,4 %
Pappel	1371048,0 m ²	20,9 %
Fichte	820488,0 m ²	12,5 %
Hart-Laub	315736,3 m ²	4,8 %
Weich-Laub	415979,5 m ²	6,3 %
Gesamt (ohne Kultur/Jugend)	6574121,3 m ²	100,0 %

Hauptbaumart und Wuchsklassen, Angaben in ha:

Hauptbaumart	Kultur Jugend	Dichtung	Stangenholz	Baumholz	Gesamt	
					in ha	%
Eiche	-	0,5	0,7	60,8	62,0	9,4
Erle	-	76,3	38,1	34,6	149,0	22,7
Esche	-	0,6	12,4	141,1	154,1	23,4
Pappel	-	10,7	16,4	110,0	137,1	20,9
Fichte	-	21,7	37,3	23,1	82,1	12,5
Hart-Laubbh.	-	3,9	7,8	19,9	31,6	4,8
Weich-Laubbh.	-	12,0	15,5	14,2	41,7	6,3
Gesamt	-	125,7	128,2	403,7	657,6	100,0

Beurteilung aller Ergebnisse

Nach den *Gebietskennziffern* der Kronenzustandsuntersuchungen ist dem Untersuchungsgebiet, den Salzachauen im Bereich Anthering und Weitwörth, ein *guter Waldzustand* zu bescheinigen.

Insbesondere gilt dieses Urteil für die meist jüngeren, gleichförmigen Bestände, die im Bestreben einer Ertragsteigerung ("Auwaldveredelung") in den letzten Jahrzehnten begründet wurden, sowie auch meist für jene älteren Bestände, die deutlich von der Esche dominiert werden und auch für die meisten Erlenbestände.

Abgesehen vom allgemein *schlechten Zustand der Eiche* erbrachte die Analyse *schlechtere Teilergebnisse* für die offensichtlich älteren Bestände insbesondere bei Pappel (Starkholz), Fichte und Grauerle. Besonders in Beständen mit Einzelmischung zeigen Pappeln und Fichten einen mäßigen Zustand, während diese Baumarten in den Rein- und einschichtigen Be-

ständen sehr gute Ergebnisse erzielen, dies vor allem, weil diese Bestände jünger sind.

Wo die Bestandesstrukturmerkmale Auflösungsstendenzen anzeigen, also bei niedrigem Schlußgrad oder in stufigen und zweischichtigen Beständen, ist der Anteil der Beeinträchtigungen überdurchschnittlich hoch, wobei offen bleibt, ob die erfolgten Nutzungen eine Bestandesumwandlung einleiten sollen oder ob es sich um Schadholznutzungen handelt. In diesen Beständen sind aber "mittlere" Verlichtungen, also Beeinträchtigungen, die als Schäden gewertet werden, quantitativ ebenfalls ohne große Bedeutung. In einigen Fällen überschirmen diese Restbestände und Oberschichtbäume bereits eine vitale Jugend.

Die Einzelergebnisse der Baumarten und deren Verbreitung im Untersuchungsgebiet weisen auf *regionale Differenzierungen* hin. So sind die Ergebnisse im unteren Abschnitt der Weitwörther Au im Uferbereich zur Salzach schlechter (Pappel, Erle). Auch im mittleren Bereich der Antheringer Au kommen häufiger als sonst Beeinträchtigungen vor (Eiche, Fichte). Die Fichte ist im Weitwörther Teil besser (weil jünger), die Eiche ist überall beeinträchtigt (siehe oben). *Die im gesamten Gebiet verbreitete und in den höheren Wuchsklassen dominierende Esche weist unter allen Bedingungen (Stratifizierungen) und auch regional verteilt gute Ergebnisse auf und ist daher die stabilste Baumart im Untersuchungsgebiet.*

Beim Versuch eine Antwort auf die Frage nach Ursachen für die beobachteten Beeinträchtigungen zu finden, wird auf die forstliche Literatur verwiesen, in der der sandigere Uferbereich der Salzach als gefährdet angeführt wird (JELEM, H.) und die über lange Zeit erfolgten Nebennutzungen in den künstlich begründeten Eichenbeständen (z.T. auch unter Pappel und Esche) als nachteilig für die Standortsentwicklung belegt sind. Während aber im Uferbereich die Beeinträchtigungen trotz der hier häufiger beobachteten absterbenden und toten Bäume noch eher als punktuell zu bewerten sind, erreichen die Beeinträchtigungen und Schäden an den Eichen z.T. flächige Ausmaße. Für die Gefahr von großflächigen Waldverlusten wegen Bodentrockenheit finden sich keine Anzeichen, wenn auch lokal ein höheres Risiko gegeben scheint.

Das gesamte Untersuchungsgebiet ist seit langer Zeit starken anthropogenen Einflüssen ausgesetzt. Die potentielle Aulandschaft muß einen sehr *hohen Anteil an fremder Bodenutzung* insbesondere durch Schotterabbau, Mülldeponie und Kläranlage hinnehmen.

Obwohl das natürliche Baumartenspektrum zur Zeit noch vorhanden ist, läßt sich bei der derzeitigen praktizierten waldbaulichen Behandlung ein allmählicher *Ausfall der Eiche* - nur mehr im Baumholz derzeit noch vorhanden - und Rückgang der Esche bei gleichzeitiger *massiver Zunahme von Fichte und Erle* (im Stangenholz) erkennen; die jetzigen Jugend- und Dickungsflächen bestehen zum überwiegenden Anteil aus Erlen (Abbildung 6).

Daher wird die richtige Baumartenwahl, die Vermeidung vorhersehbarer Risiken und eine gezielte flächige Umwandlung unvorteilhafter Strukturen weiterhin eine Voraussetzung für stabile Bestände in diesem seniblen Flußauengebiet sein.

Literatur

- EC-UN/ECE; 1992: *Handbuch zu Maßnahmen der Europäischen Gemeinschaft zum Schutz der Wälder in der Gemeinschaft gegen Luftverschmutzung (Verordnung Nr. 3528/86)*. Hrsg. Prof.Dr.Dr.G. Hildebrandt, Abt. Luftbildmessung und Fernerkundung der Universität Freiburg, BRD.
- EC-UN/ECE; 1994: *Forest Condition in Europe. 1994 Report*, S. 5.
- VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE, Hrsg.; 1993: *VDI-Richtlinie 3793: Interpretationsschlüssel für die Auswertung von CIR-Luftbildern für Fichte, Buche, Eiche und Kiefer; VDI Handbuch Reinhaltung der Luft, Band 1*, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- JELEM, H., 1966: *Standortserkundung und Waldbaugrundlagen in den Salzachauen im Flachgau und Tennengau (Salzburg)*. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Standort, Heft 17, Wien.
- GÜNzl, L.; 1993: *Die ökologische und ökonomische Bedeutung der Auwälder*. Österreichische Forstzeitung 6/1993, Wien.
- GÄRTNER, M.; REGNER, B.; SALBABA, T.; 1994: *Untersuchungsbericht Salzachauen 1993. FIR-Luftbildauswertung; Forstliche Bundesversuchsanstalt, 1994, Wien.*
- HUSS, J.; 1984, Hrsg: *Luftbildmessung und Fernerkundung in der Forstwirtschaft*. Herbert Wichmann Verlag GmbH, Karlsruhe, 1984

Verfasser: Dipl.-Ing. Manfred Gärtner
Dipl.-Ing. Bruno Regner
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Abteilung Forstliches Luftbild
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Mittelwert Flächen
normalschwachdeutl stark
Baumart: Gesamt

Mittelwert Einzelbaum
1.0-1.5 1.5-2.0 2.0-2.8 2.8-3.9 3.9-5.0
Baumart: Eiche **Baumart: Esche**

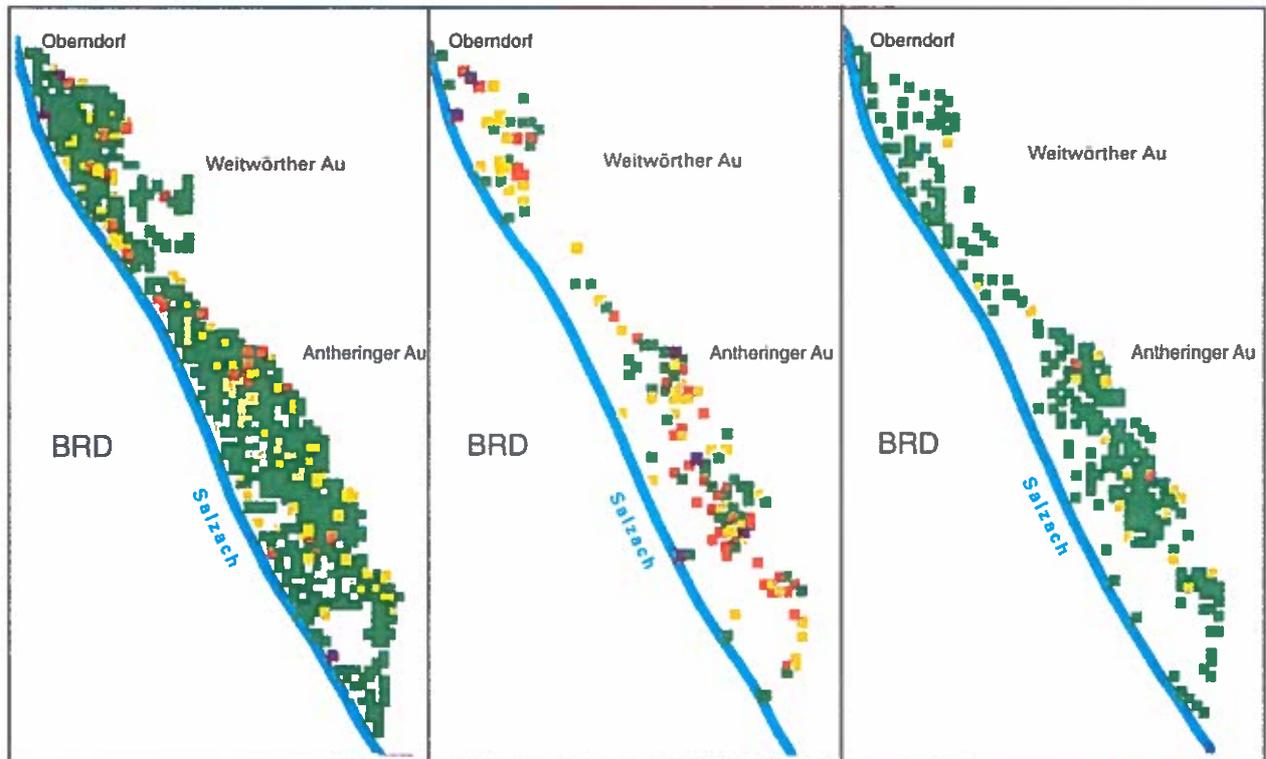


Abb. 1: Mittelwerte der einzelnen Probestflächen (Flächenbeurteilung, Wuchsklasse Jugend bis Starkholz)

Abb. 2 und 3: Mittelwerte der einzelnen Probestflächen (Einzelbaumbeurteilung ab Wuchsklasse Stangenholz) für die Baumart Eiche und Esche

Abb. 4: Ausschnitt aus der flächendeckenden Bestandeskartierung

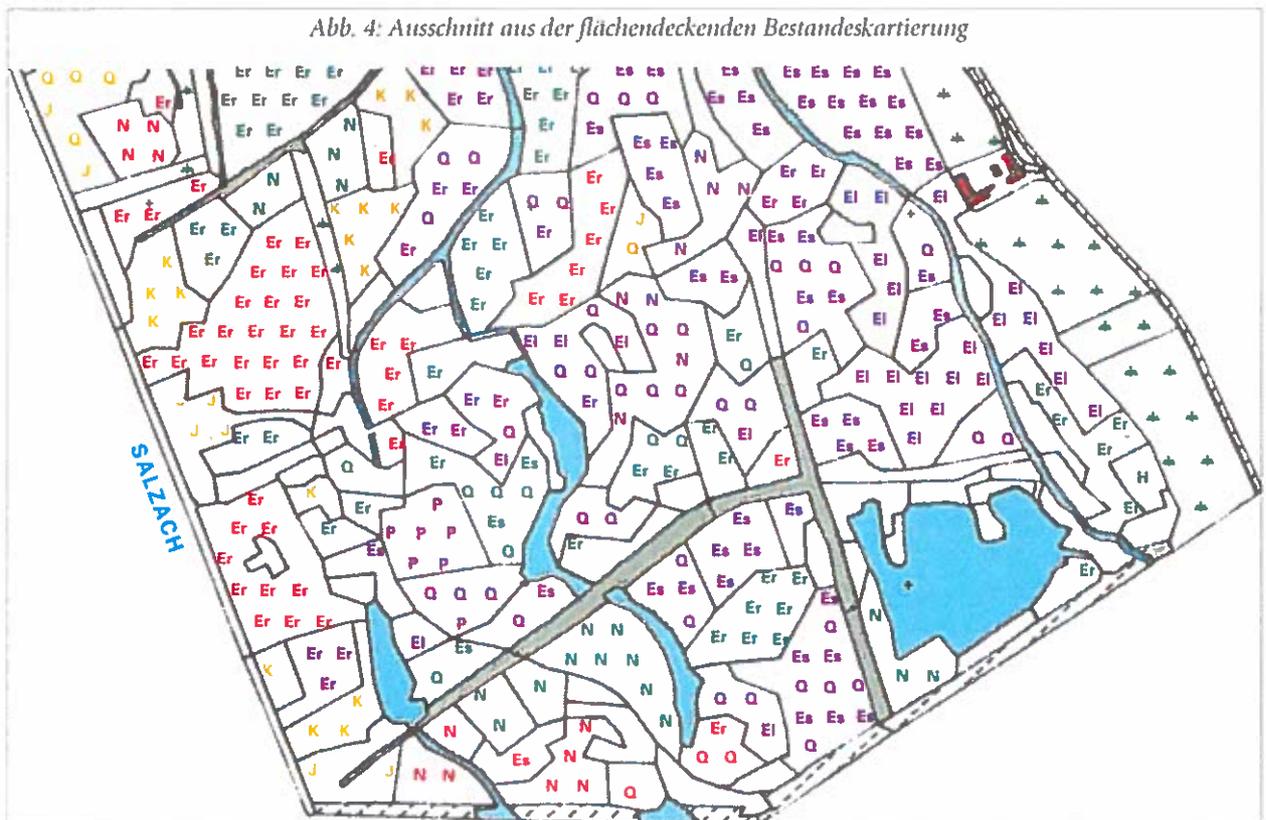


Abb. 5: Flächenbilanz (Waldfläche und andere Nutzungsarten im Kartierungsgebiet)

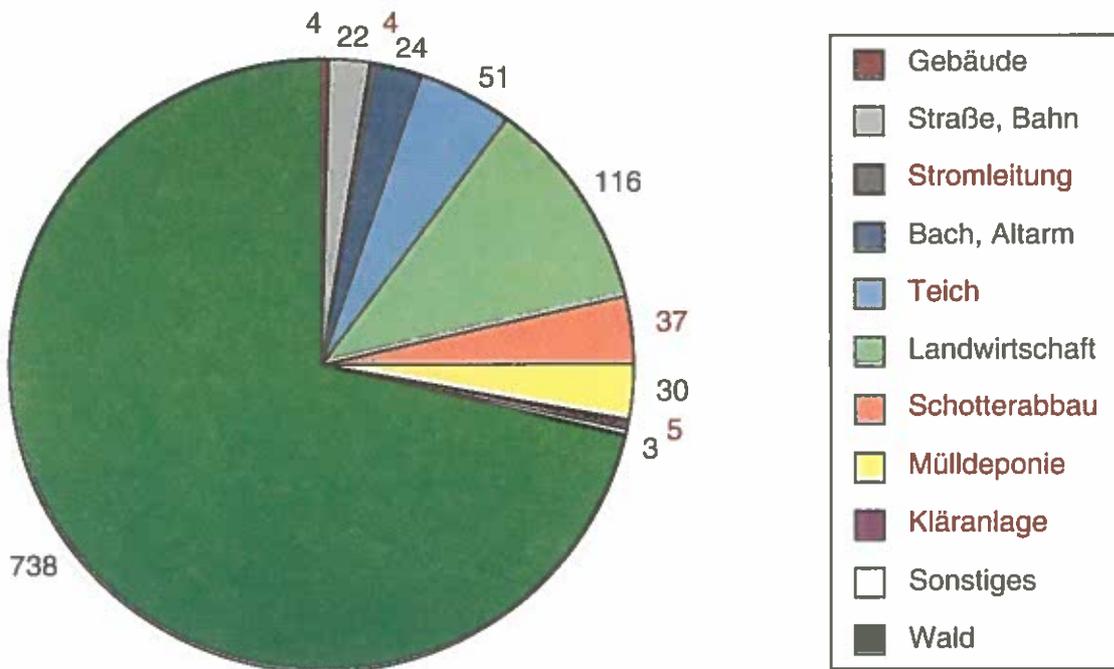
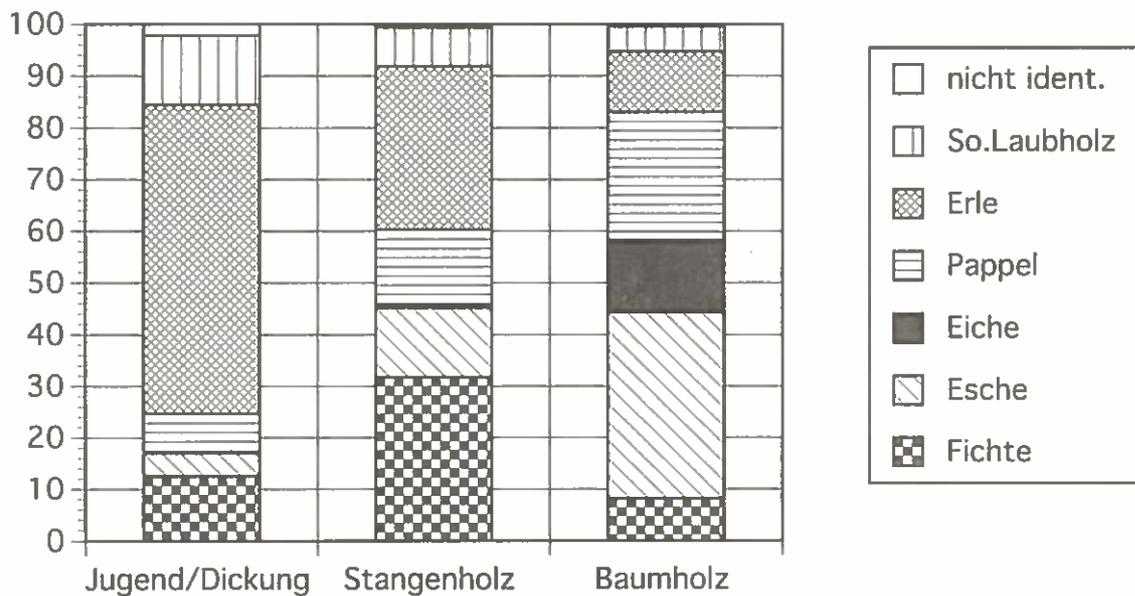
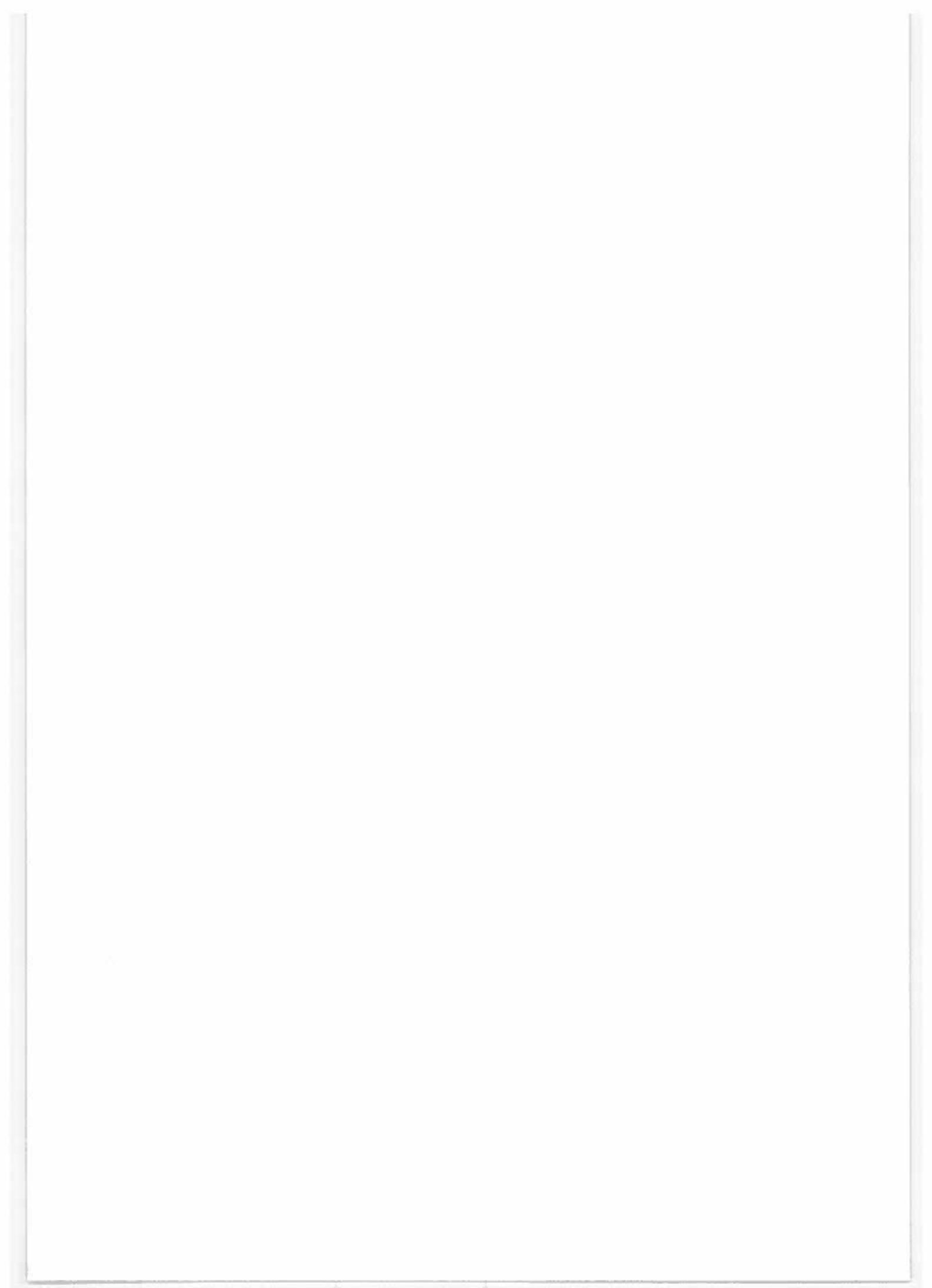


Abb. 6: Verteilung der Baumarten in den Wuchsklassen (ab der Wuchsklasse Jugend)





Kiefernsterben in Niederösterreich 1993-1995

T.L. CECH¹⁾, R. WIESINGER²⁾

¹⁾ *Institut für Forstschutz, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien*

²⁾ *Abteilung Forstliches Luftbild, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien*

Kurzfassung. Das Ziel dieser Untersuchung ist es, durch eine Auswertung von Farb-Infrarot-Luftbildern kombiniert mit terrestrischen forstpathologischen Erhebungen, Rückschlüsse auf den Ursachen-Wirkungskomplex des Kiefernsterbens zu bekommen.

Auf den 14 Luftbildprobeflächen wurden 1650 Einzelbäume ausgewertet, terrestrisch wurden 153 Bäume taxiert. Eine nähere Analyse der erhobenen Bestandesmerkmale zeigte, daß die höchsten Mortalitätsraten auf süd- bis westexponierten Hängen sowie auf Oberhängen auftraten. Bei der Weißkiefer war hauptsächlich ein simultanes Absterben der ganzen Krone zu beobachten. Die primäre Ursache dafür war die Unterbrechung des Saftstromes im Stamm oder Wurzelsystem hervorgerufen durch Käferbefall. Bei der Schwarzkiefer hingegen wurden vor allem Trieb- und Aststerben als primäre Symptome des Absterbens festgestellt.

Schlüsselworte: Kiefernsterben, Luftbild, Absterbeverlauf, Ast- und Triebsterben, Mortalität

Abstract. [Pine Dieback in Lower Austria 1993-1995.] The investigation is to allow conclusions regarding the numerous causes and effects of pine dieback, using an evaluation of infrared-colour aerial photographs, combined with terrestrial forest-pathological investigations.

On 14 sample plots 1,650 individual trees (Austrian pine and Scots pine) were assessed by means of aerial photography; 153 trees were assessed using terrestrial investigations. A more detailed analysis of the investigated stand parameters showed that the highest mortality rates occurred on south- to west-exposed slopes and on the uppermost parts of slopes. In the case of Scots pine, mostly the entire canopy dies simultaneously, the primary reason being the interruption of sap flow in stems or root systems following attacks of beetles. As regards Austrian pine, however, mainly dead shoots and branches were observed as first symptoms of the dying process.

Keywords: Pine dieback, aerial photograph, dying process, dying of branches and shoots, mortality

1. Einleitung

Das Kiefernsterben tritt im Osten Österreichs seit geraumer Zeit auf. Unterschiedlichste Faktoren und ungeklärte Ursachen waren der Grund, erstmals mit Hilfe von Luftbildern zu versuchen, Rückschlüsse auf den Ursachen-Wirkungskomplex des Absterbens zu bekommen.

Die für die Auswertung verwendeten Farb-Infrarot-Bilder stammen aus der regionalen Waldzustandsbefliegung "Manhartsberg" aus dem Jahr 1993. Dieser Bildflug schloß auch die Westhänge des Kamptales zwischen Plank und Langenlois mit ein, wo seit 1991 ein massives Absterben der Kiefern beobachtet wird. Der Bildmaßstab (mB 1 : 7500) war jedoch nicht optimal für diese Spezialuntersuchung geeignet, da insbesondere bei kleinkronigen Weißkiefern Mistelbefall nicht eindeutig diagnostiziert werden konnte. Das Ziel dieser Untersuchung war es, Erkenntnisse über mögliche Ur-

sachen und Ausbreitung des Absterbens bei den Kiefern zu gewinnen. Zusätzlich zu den Luftbilderhebungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Forstschutz terrestrische pathologische Untersuchungen durchgeführt. Die Abteilung "Forstliches Luftbild" übernahm die Interpretation des Bildmaterials nach vorher definierten Kriterien und die koordinative Erfassung und Kartierung der Baumkronen.

2. Methodik

Insgesamt wurden 14 Kleinbestände als geeignet für die Luftbildauswertung ausgewählt. Das Kriterium dabei war vor allem ein hoher Totbaumanteil. Daher können sich sämtliche Daten nur auf die ausgewählten Flächen beziehen und erlauben keine Rückschlüsse auf den Gesamtwaldzustand im Kamptal.

Auf jeder Probestfläche wurden die Bestandesmerkmale Wuchsklasse, Exposition, Neigung, Geländeform, Bestandesaufbau, Mischung, Kronenschlußgrad und Baumartenzusammensetzung aufgenommen. Bei der eigentlichen Interpretation wurde von jeder Einzelkrone die Baumart, die soziale Stellung, die Verlichtungsstufe (9-teilige Skala der Luftbildinventur), der Absterbeverlauf (unten nach oben, oben nach unten), die Absterbeart (simultanes Absterben aller Kronenäste, Aststerben, Triebsterben), der Anteil der abgestorbenen Kronenfläche und allfällige Besonderheiten erhoben. Jede Baumkrone wurde in ihrer richtigen Lage und Größe kartiert und mit einer fortlaufenden Nummer versehen.

Im Frühsommer 1995 erfolgte eine terrestrische Begehung sämtlicher Probestflächen. Dies diente einerseits dazu, den Absterbeverlauf der Kiefern zwischen 1993 (Bildflug) und 1995 festzustellen, andererseits wurde die Kartierung der Kronen überprüft und ergänzt, da unterständige Bäume nicht immer eindeutig zugeordnet werden konnten.

Im Rahmen dieser terrestrischen Erhebungen wurden an Kiefern in frühen Krankheitsstadien zusätzliche Symptomerhebungen durchgeführt. Dabei standen die Analyse und Lokalisierung der primären makroskopisch erkennbaren Schadenssymptome (Kronenverfärbungen, Rindennekrosen und Bläue am Stamm) im Vordergrund. Darüberhinaus wurde der Frage nachgegangen, inwieweit die Nadelfarbe zur Beurteilung des Krankheitsstadiums herangezogen werden kann. Diese ergänzenden Erhebungen erfolgten nicht nur im

Kamptal, sondern auch auf einigen Schadensflächen nördlich von Krems, im Weital, im Raum Göttweig und in der Umgebung von St. Pölten, da an den Luftbildprobestflächen im Kamptal insgesamt wenig Bäume in frühen Krankheitsstadien vorgefunden wurden.

Bei der Feldbegehung im Sommer 1995 wurde auch festgestellt, daß in einigen Beständen Schlägerungen durchgeführt worden waren. In der Regel sind die - laut Luftbild 1993 - toten oder absterbenden Bäume entnommen worden. In einzelnen Fällen sind aber auch recht gute Bäume gefällt worden. Da sich der Zustand unmittelbar vor der Entnahme nicht mehr feststellen läßt, wurden diese Bäume grundsätzlich aus der Untersuchungsmenge herausgenommen und nicht berücksichtigt.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1. Die Luftbildinterpretation

Auf den 14 Probestflächen wurden rund 1650 Einzelbäume ausgewertet. Davon waren 924 Weißkiefern und 557 Schwarzkiefern. Auf diesen ausgesuchten Flächen, die einen besonders hohen Totbaumanteil haben, wurden 455 tote Weißkiefern (49,2 %) bzw. 154 tote Schwarzkiefern (27,6 %) festgestellt; die Weißkiefer weist somit insgesamt einen deutlich höheren Totbaumanteil als die Schwarzkiefer auf. Es

Abb. 1:
Die Mortalitätsrate 1993 - 1995 für die einzelnen Verlichtungsstufen

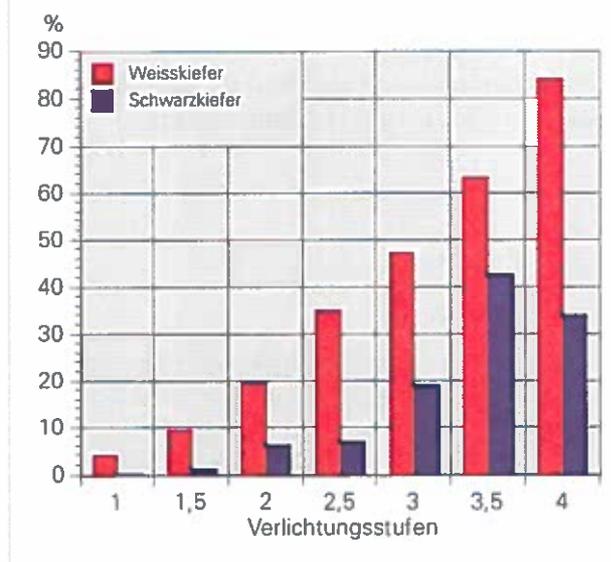
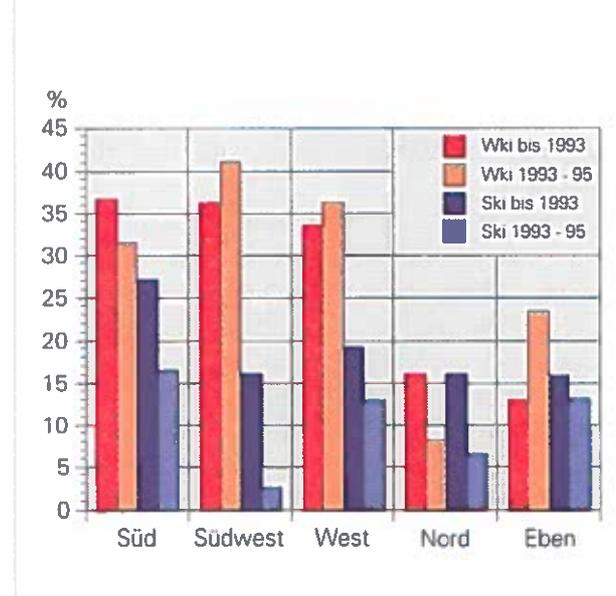


Abb. 2:
Die Mortalität stratifiziert nach Exposition



entsprechen diese Prozentsätze aber aus den vorher erwähnten Gründen nicht den derzeit im Osten Österreichs üblichen Absterberaten bei Kiefern.

Bei der Beurteilung der Luftbilder des Jahres 1993 waren 29,1 % (269) aller Weißkiefern und 19,6 % (109) der Schwarzkiefern abgestorben. Im Jahr 1995 (bei der terrestrischen Aufnahme) waren zusätzlich noch 28,4 % (186) der 1993 noch lebenden Weißkiefern, aber nur 10,0 % (45) der Schwarzkiefern abgestorben. Der Totbaumanteil zwischen den beiden Untersuchungszeitpunkten hat sich bei der Schwarzkiefer somit halbiert, bei der Weißkiefer ist er dagegen unverändert hoch geblieben.

Um einen Eindruck von der Absterbedynamik zu erhalten, wurden die Verlichtungsstufen der Luftbildinterpretation (Sommer 1993) in Beziehung zu den im Zeitraum zwischen 1993 und 1995 abgestorbenen Probestämmen gesetzt. Es wird in der Abbildung 1 für die Verlichtungsstufen 1 bis 4 der Anteil jener toten Bäume (in Prozent) dargestellt, die zwischen 1993 und 1995 abgestorben sind. Dabei ergeben sich deutliche Unterschiede zwischen den beiden Kiefernarten: Die Mortalität ist bei der Weißkiefer schon bei geringem Nadelverlust sehr hoch, während sie bei der Schwarzkiefer erst bei einem schlechteren Kronenzustand ansteigt; beispielsweise ist in der Verlichtungsstufe 3 jede zweite Weißkiefer aber nur jede fünfte Schwarzkiefer innerhalb von knapp zwei Jahren abgestorben. Der durchschnittliche Verlichtungsgrad (DVG) aller im Zeitraum 1993 bis 1995 ausgeschiedenen Schwarzkiefern ist daher mit 3,27 auch wesentlich schlechter als jener der Weißkiefern mit 2,37; bei den 1995 noch lebenden Bäumen sind jedoch kaum Unterschiede in den Kronenverlichtungen beider Kiefernarten erkennbar (Weißkiefer DVG 2,04, Schwarzkiefer DVG 1,96). Generell stirbt die Weißkiefer offensichtlich schneller, wenngleich es aber auch einzelne Bäume gibt, die trotz eines hohen Nadelverlustes praktisch unverändert zwei Jahre überlebt haben.

Durch die terrestrischen Erhebungen im Sommer 1995 war es auch möglich, die im Zeitraum zwischen 1993 und 1995 frisch abgestorbenen Bäume in Beziehung zu verschiedenen erhobenen Bestandesmerkmalen (z.B. Exposition, Neigung, Geländeform, Nähe zu Robinie und Eiche, usw.) zu setzen und dadurch Hinweise für mögliche erkennbare Schadursachen zu erhalten. Die Stratifizierung nach den Expositionen zeigt, daß die höchste Mortalitätsrate auf den Süd-, Südwest- und Westhängen sowohl bis 1993 als auch im Zeitraum 1993-1995 auftritt, während sie auf den Nord- und Nordwesthängen wesentlich geringer ist.

Besonders ausgeprägt ist dieser Trend bei den Weißkiefern (Abbildung 2).

Bei einer Differenzierung nach der Geländeform treten erwartungsgemäß die höchsten Mortalitätsraten auf den Oberhängen auf (Tabelle 1). Beispielsweise starb jede zweite Weißkiefer im Zeitraum 1993-1995 auf den Oberhängen. Die Kuppen, die im Untersuchungsgebiet relativ flach ausgebildet sind, Mittelhänge und Ebene kommen bei weitem nicht an diese Prozentsätze heran. Die höchsten Totbaumanteile treten also auf Standorten auf, die in der Regel sehr trocken, schlecht wasserversorgt, ausgehagert und nährstoffarm sind.

Tabelle 1:

Die Mortalität bei Weiß- und Schwarzkiefer, stratifiziert nach der Geländeform; insgesamt, bis 1993 und die neuerliche Absterberate zwischen 1993 und 1995 (alle Angaben in %).

Gelände	Weißkiefer			Schwarzkiefer		
	Gesamt	Totbaumanteil		Gesamt	Totbaumanteil	
	tot	bis 93	93-95	tot	bis 93	93-95
Oberhang	72,8	41,7	53,4	31,3	23,5	10,1
Kuppen	52,9	38,9	22,9	13,5	7,7	6,3
Mittelhang	37,4	22,1	19,7	18,6	14,0	5,4
Ebene	33,3	13,0	23,4	27,0	15,9	13,2

Bei den weiteren erhobenen Merkmalen, wie Schlußgrad, Baumartenmischung, soziale Stellung, usw. konnte bei dieser Untersuchung kein entscheidender Einfluß auf den Totbaumanteil nachgewiesen werden. Eine optische Beurteilung der einzelnen Kartierungen läßt jedoch eine Häufung von Totbäumen an der Grenze zu Robinienbeständen erkennen; bei angrenzenden Eichenflächen ist dieser Einfluß nicht erkennbar.

3.2. Diagnose anhand des Luftbildes

Die Verteilung der abgestorbenen Kiefern innerhalb der Probestflächen wich deutlich von einer gleichmäßigen ab und zeigte einen Gruppeneffekt: jene Probestflächen mit vielen und dichtstehenden Kronen wiesen einen höheren Anteil von gruppenweise abgestorbenen als von einzeln abgestorbenen Bäumen auf. Dies gilt sowohl für Schwarz- als auch Weißkiefer (Abbildung 3). Hingegen zeigten die zwischen 1993-1995 abgestorbenen Kiefern keine bevorzugte Nachbarschaft zu bereits 1993 toten Bäumen. Ein Infektionseffekt scheint damit nicht gegeben zu sein (Abbildung 4).

Absterbeverlauf und Absterbesymptome konnten anhand der Luftbilder nur bei den Schwarzkiefern ta-

Abbildung 3:
Verteilung gruppenweise und einzeln absterbender Kiefern. Eine Gruppe wurde als mindestens 3 Bäume mit Kronenschluß bzw. einem Abstand bis zu 50cm definiert. Bis zu 2 nebeneinander stehende Bäume wurden noch als Einzelbaum erfaßt. Herangezogen wurden nur die Probeflächen mit annähernd gleichmäßiger Bestockung und ohne größere Lücken, sowie solche mit eher geringem Anteil an abgestorbenen Bäumen.

Verteilungsmuster abgestorbener Kiefern

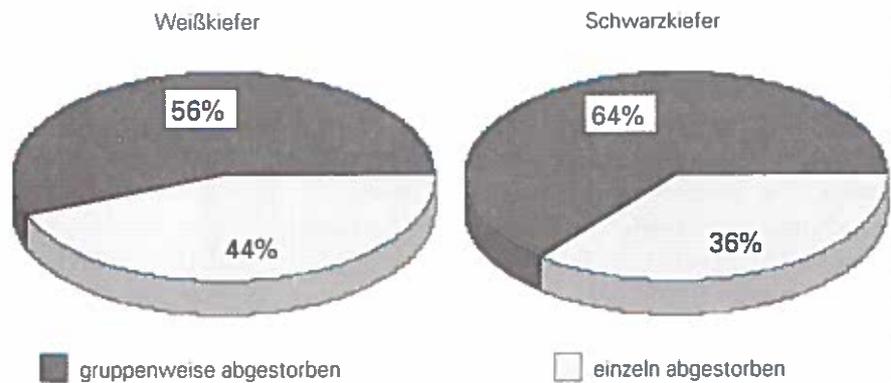


Abbildung 4:
Anteil von 1995 abgestorbenen Kiefern mit und ohne "Infektionseffekt". "Infektionseffekt" = unmittelbare Nachbarschaft zu 1993 abgestorbenen Kiefern

"Infektionseffekt" Totbäume 1995 und 1993

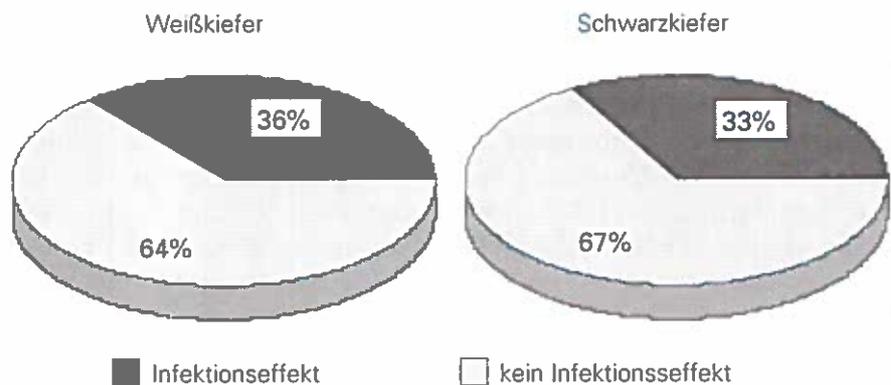


Tabelle 2 : Absterbeverlauf und Absterbeart Schwarzkiefer Kamptal

	Pfl.18	Pfl.15	Pfl.14	Pfl.10	Pfl.9	Pfl.8	Pfl.7	Pfl.3	Σ
Diffuses Triebsterben	49	17	8	18	18	15	16	9	150
Triebsterben von oben nach unten	5	1	0	2	0	0	0	0	8
Triebsterben von unten nach oben	2	4	0	9	1	1	0	1	18
Diffuses Aststerben	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Aststerben von oben nach unten	2	1	0	1	0	0	0	0	4
Aststerben von unten nach oben	7	8	8	22	13	5	7	0	70
?	1	0	0	5	0	1	1	0	8
Σ Symptomkombinationen	66	31	16	28	34	22	24	10	231

xiert werden. Bei Weißkiefern war dies, bedingt durch das Bildmaterial (geringer Abbildungsmaßstab), nicht möglich, weil die häufig vorhandenen Misteln von einzeln abgestorbenen Zweigen nicht unterschieden werden konnten. Das häufigste Absterbesymptom in den Kronen der Schwarzkiefern war diffuses, also gleichmäßig über die gesamte Krone verteiltes Triebsterben. Das zweithäufigste Symptom war von unten nach oben fortschreitendes Aststerben, an dritter Stelle - schon deutlich seltener - war ein sich von unten nach oben ausbreitendes Triebsterben (Tabelle 2).

3.3. Terrestrische Diagnose

Im Rahmen der terrestrischen forstpathologischen Erhebung wurden insgesamt 153 Kiefern (81 Weißkiefern und 73 Schwarzkiefern) taxiert. Es waren dies mehrheitlich lebende Bäume, sowie Kiefern, die als absterbend klassifiziert wurden, wenn sie massive streifenförmige Rindennekrosen bzw. Bläue am Stamm aufwiesen.

Bei etwa 2/3 der Weißkiefern wurde weder Triebsterben noch Aststerben festgestellt, im Gegensatz dazu waren bei der Schwarzkiefer nur 2 Bäume (von insgesamt 68) symptomfrei (Tabelle 3). Wie Tabelle 4 zeigt, läßt die Auflichtung der Kronen durch Trieb- und Aststerben sowohl bei der Schwarz- als auch Weißkiefer größtenteils keine Richtung erkennen, ist also mehr oder weniger gleichmäßig über die ganze Krone verteilt. Wenn die Auflichtung jedoch gerichtet war, so verlief sie zumeist von unten nach oben. Nur wenige Weißkiefern zeigten ein vermehrtes Aststerben in der Oberkrone: dies war stets auf eine Konzentration von Misteln am Stamm in der oberen Kronenhälfte zurückzuführen.

Trieb- und Aststerben waren bei den untersuchten Schwarzkiefern mehrheitlich in den südexponierten Kronenteilen konzentriert. Bei den Weißkiefern lassen die Zahlen keine entsprechende Tendenz erkennen (Tabelle 5).

Ein Vergleich lebender und erkrankter Weißkiefern im Hinblick auf Mistelbefall erbrachte keinen Hinweis auf häufigeres Absterben von Bäumen, die von diesem Parasiten befallen waren. Misteln wurden bei etwa gleich vielen lebenden wie absterbenden Weißkiefern festgestellt.

Wie aus Abbildung 5 hervorgeht, kann aus der Nadelfarbe das Vorhandensein von Phloemnekrosen bzw. Bläue am Stamm in 1,30 m Höhe als sicheres Zeichen für das bereits fortgeschrittene Absterben des Baumes nicht erkannt werden: zwar wurden bei den meisten frisch grün benadelten Weißkiefern keinerlei nekrotische Verfärbungen in Brusthöhe gefunden, doch waren immerhin 13 Bäume dabei, deren Stamm bereits im Absterben begriffen war. Bei den blaßgrün benadelten Bäumen war dieser Anteil erwartungsgemäß noch weit höher und gelbliche Kronen waren ein sicherer Hinweis auf bereits weitgehend zersetztes und verblautes Rindengewebe des Stammes. Interessant war die Beobachtung, daß sich die Stammnekrosen, sofern sie noch nicht stammumfassend waren, in den meisten Fällen von der Südseite ausgehend rund um den Stamm ausgebreitet hatten (Abbildung 6).

Tabelle 3:
Triebsterben und Aststerben, Häufigkeit

	Anzahl Weißkiefern	Anzahl Schwarzkiefern
Triebsterben	8	36
Aststerben	11	8
Triebsterben und Aststerben	9	22
kein Triebsterben und kein Aststerben	45	2
Σ Bäume (lebende und absterbende)	73	68

Tabelle 4:
Triebsterben und Aststerben, Ausbreitung in der Krone

	Anzahl Weißkiefern	Anzahl Schwarzkiefern
Ausbreitung von Trieb- bzw. Aststerben von oben nach unten	1	1
Ausbreitung von Trieb- bzw. Aststerben von unten nach oben	8	26
Ausbreitungsrichtung von Trieb-bzw. Aststerben nicht erkennbar	19	39

Tabelle 5:
Triebsterben und Aststerben, Kronenseite

	Anzahl Weißkiefern	Anzahl Schwarzkiefern
Triebsterben mehrheitlich südexponiert	4	32
Triebsterben mehrheitlich nordexponiert	0	2
Triebsterben mehrheitlich ostexponiert	0	1
Triebsterben an allen Baumseiten	10	8
Triebsterben, keine Angaben	3	15
Aststerben mehrheitlich südexponiert	6	19
Aststerben mehrheitlich nordexponiert	0	1
Aststerben an allen Baumseiten	11	3
Aststerben, keine Angaben	3	7

Abbildung 5: Phloemnekrosen bzw. Bläue am Stamm in 1m 30 und Nadelfarbe. Anzahl Weißkiefern

Phloemnekrosen/Bläue - Nadelfarbe

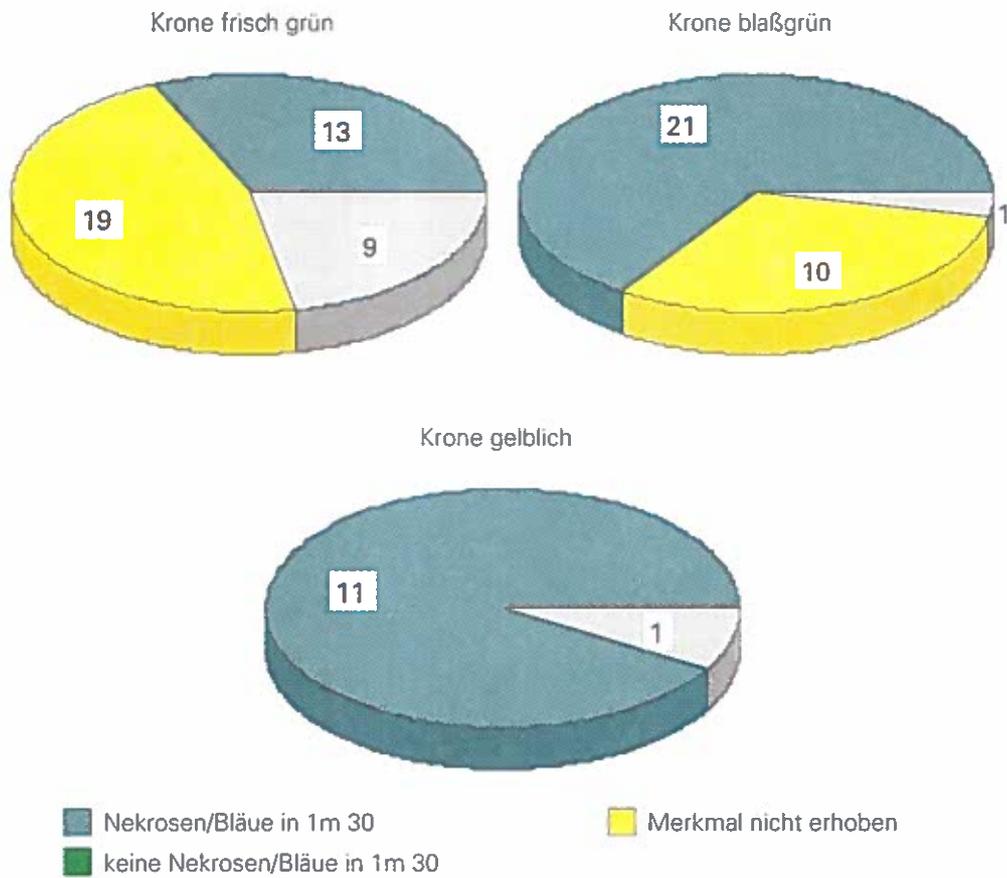
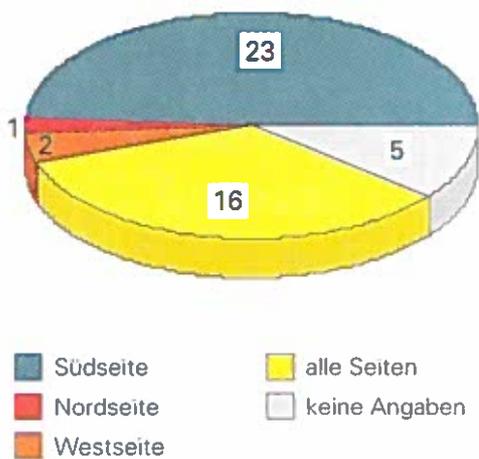


Abb.6: Stammseite mit Phloemnekrosen bzw. Bläuestreifen, Weißkiefer

Phloemnekrosen, Bläue - Stammseite



4. Zusammenfassung

In der Regel verläuft der Absterbeprozess bei der Weißkiefer wesentlich rascher und dramatischer als bei der Schwarzkiefer. Die höchste Mortalität wurde auf süd- bis westexponierten Hängen sowie auf Oberhängen vor allem bei der Weißkiefer festgestellt. Innerhalb von knapp zwei Jahren (von 1993-1995) starben auf den Oberhängen mehr als 50 % der Weißkiefen ab. Daher dürften Standortparameter - insbesondere die Wasserversorgung - einen wesentlichen Einfluß auf die Disposition für andere Schadfaktoren ausüben.

Die Verfärbungen der Nadeln absterbender Kiefernkrone verteilen sich auf drei Gruppen:

1. mehr oder weniger gleichzeitige Vergilbung des gesamten Nadelbesatzes: zuerst fahlgrün, dann gelb und schließlich braun.
2. Verfärbung einzelner Triebe (2 - 5 Jahrgänge, Triebsterben): Nadeln gelb oder rotbraun.
3. Verfärbung des Nadelbesatzes ganzer Äste als Folge abgestorbener Rindengewebe im Bereich der Astbasen (Aststerben): Nadeln gelb oder rotbraun.

Trieb- und Aststerben wurden in erster Linie bei Schwarzkiefen beobachtet, bei Weißkiefen hingegen wurde in erster Linie eine simultane Kronenvergilbung festgestellt. Trieb- und Aststerben sind bei Kiefen häufig Symptome pathogener Rindenpilze; Triebsterben kann aber auch durch minierende Arthropoden oder mechanische Einwirkung in der Krone verursacht werden. Simultane Kronenvergilbung dagegen läßt eher auf einen Zusammenbruch des Saftstromes in Stamm oder Wurzeln schließen. Im Kampal und in den anderen untersuchten Gebieten ist im Falle der Weißkiefen die Saftstromunterbrechung eine Folge von Käferbefall am Stamm, wie weitere differentialdiagnostische Untersuchungen gezeigt haben. Trieb-

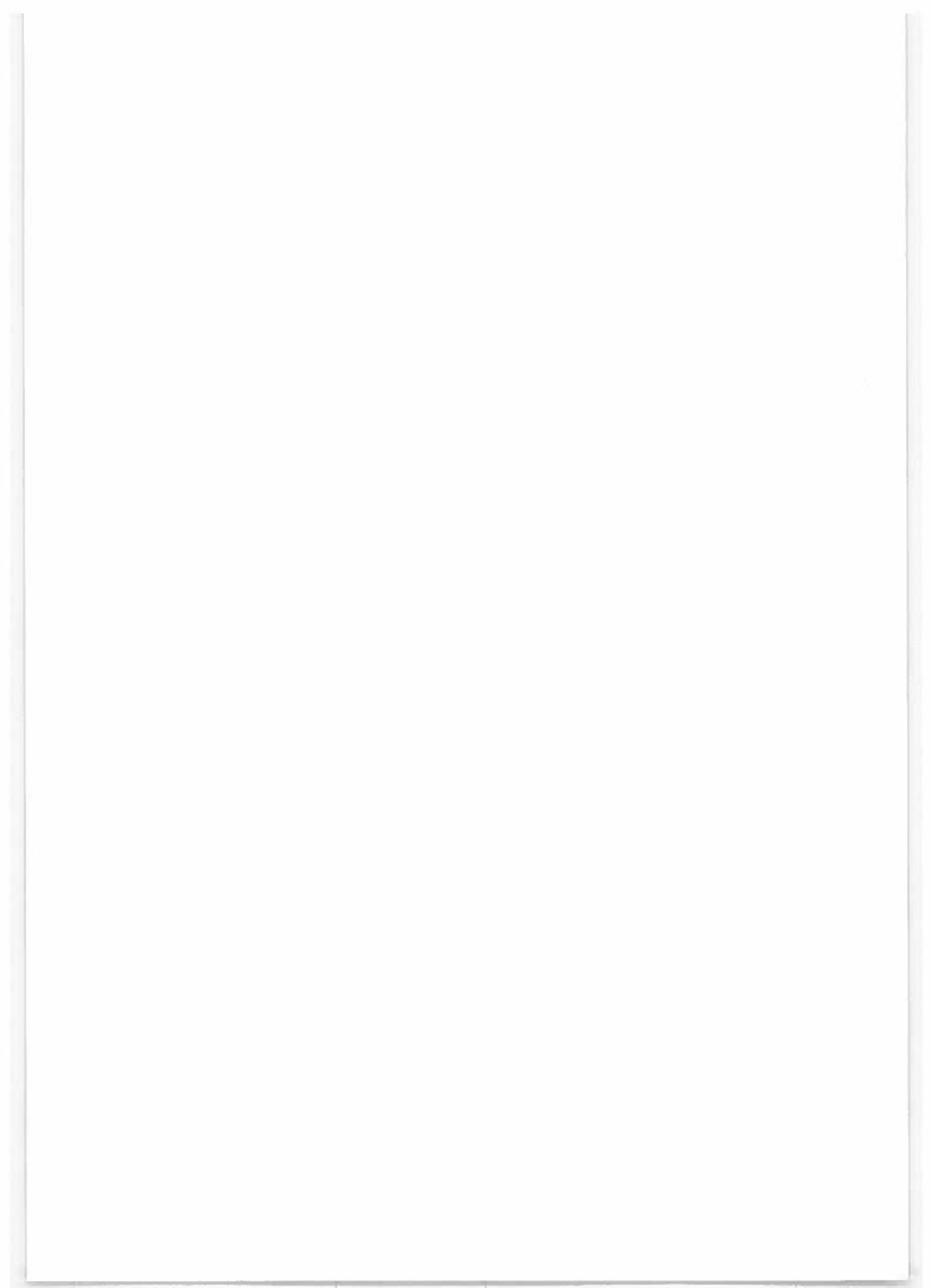
sterben ist hier ein eher sekundäres Symptom, d. h. es tritt zusätzlich zu dem durch den Käferbefall am Stamm ausgelösten Kronentod auf. Die ebenfalls mehrheitlich an der Südseite des Stammes beginnende Verblauung dürfte sich aus der Tatsache erklären, daß sich die Käfer dort bevorzugt einbohren.

Bei den Schwarzkiefen hingegen sind Trieb- und Aststerben ein primäres Symptom der Kiefernsterbens. Wie stichprobenartige Untersuchungen ergaben, dürfte es in erster Linie durch den Mikropilz *Sphaeropsis sapinea* hervorgerufen werden. Es trat zu meist in südexponierten Kronenbereichen auf, was auf einen klimatischen Bezug schließen läßt.

Mistelbefall scheint beim Weißkiefernsterben keine primäre Rolle zu spielen, lediglich bei massiven Häufungen von Misteln am Stamm sterben die oberhalb der Misteln vorhandenen Kronenteile früher als die unteren. Die Farbe des Nadelbesatzes von Weißkiefernkrone gibt keinen sicheren Aufschluß über den Zustand des Baumes, da selbst völlig im Stamm verblaute Kiefen eine Zeitlang noch frisch grüne Nadeln behalten können.

Verfasser: Dipl.-Ing. Thomas L. Cech
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Forstschutz
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien

Dipl.-Ing. Rudolf Wiesinger
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Abteilung Forstliches Luftbild
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien



Intensivbeobachtungsflächen im Rahmen eines EU-Programmes Flächeneinrichtung und erste Ergebnisse

M. NEUMANN

Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft, Forstliche Bundesversuchsanstalt Wien

Kurzfassung. Kurzfassung. Im Herbst 1995 wurde mit der Installierung der Niederschlagssammler auf 20 Standorten die Einrichtung der Intensivbeobachtungsflächen abgeschlossen. Die erste bodenkundliche und nadelanalytische Probenahme, sowie die Ersterhebung ertragskundlicher Meßgrößen und des Kronenzustandes wurden im Laufe des Jahres 1995 durchgeführt. Durch diese im Vergleich zum Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS) im Aufnahmeumfang umfassenderen, aber auf ausgewählte Bestände beschränkte Untersuchungen ist ein weiterer Schritt zur Intensivierung der Waldzustandsüberwachung mit besonderer Berücksichtigung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen gesetzt. Dadurch sollen die seit 1988 durchgeführten, flächendeckenden Erhebungen im Rahmen des WBS vertieft bzw. ergänzt werden. Die Arbeiten werden an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt (FBVA) koordiniert, durchgeführt und ausgewertet. Sie stellen den nationalen Beitrag Österreichs zu einem europaweiten Programm dar, das von der Europäischen Gemeinschaft mitfinanziert wird. Die Kriterien für die Auswahl der Flächen und die beabsichtigten Maßnahmen werden beschrieben. Allgemeine Informationen über die 20 Flächen und erste Ergebnisse werden dargestellt.

Schlüsselworte: Waldzustandserfassung, Luftverunreinigung

Abstract. [Plots for intensive and continuous monitoring within the frame of an international programme of European Union - Plot installation and first results.] In autumn 1995 on 20 plots for intensive and permanent monitoring the first phase of implementation was finished by the installation of deposition samplers. First samplings of soil and needles/leaves as well as first tree measurements and crown condition assessments were carried out during 1995. By these permanent and intensive but local assessments, in addition to the Austrian forest condition monitoring system (WBS) a step forward is done to intensify forest condition monitoring with special respect to air pollution effects, which shall supplement the assessments done in the frame of WBS since 1988 and provide more detailed data. The project will be coordinated, carried out and evaluated at the Austrian Federal Forest Research Centre (FBVA). It is Austria's contribution to an international programme, which is co-financed by the European Union. The criteria for plot selection and the methods applied are described. General information on the 20 plots is given and first results are presented.

Keywords: forest condition monitoring, air pollution

1. Einleitung

Die Luftreinhaltekonvention (Convention on Long-range Transboundary Air-Pollution) wurde im November 1979 in Genf im Rahmen einer Ministerkonferenz der United Nations Economic Commission for Europe (UN/ECE) beschlossen und trat am 16. März 1983 nach der Unterzeichnung durch 24 Staaten in Kraft. Sie war das erste international bindende Instrument, das sich mit Problemen der Luftverunreinigungen befaßte. Unter der Führung des eingesetzten Exekutivorgans (Executive Body for the Convention) wurden mehrere Sonderarbeitsgruppen (Task Forces) zur Entwicklung und Durchführung verschiedener internationaler Kooperationsprogramme zur Erfassung und Überwachung der Auswirkungen von Luftverunrei-

gungen auf Gewässer, Gebäude, Materialien und des Waldes ins Leben gerufen (Abb. 1). Die Sonderarbeitsgruppe für Wald unter der Leitung Deutschlands widmet sich der Erfassung der Einflüsse auf Wälder (International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests, ICP-Forest). Dieser Sonderarbeitsgruppe, bestehend aus Experten und Repräsentanten der Mitgliedsstaaten der Genfer Luftreinhaltekonvention, wurde 1984 folgender Auftrag erteilt (BRELOH und DIETERLE, 1986):

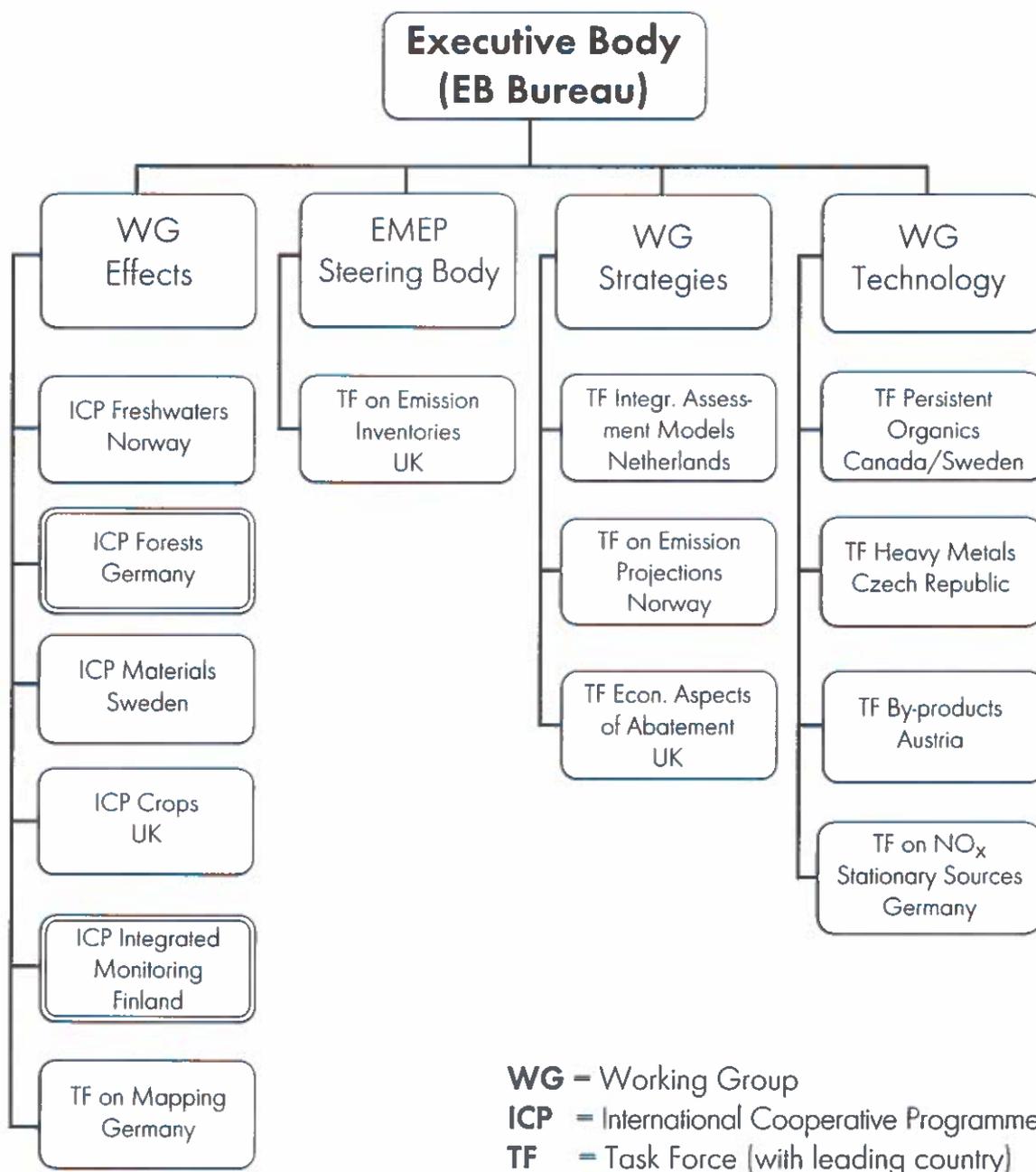
- die Erfassung und Überwachung der Waldschäden zu vereinheitlichen;
- die Durchführung vergleichbarer Erhebungen zu fördern;
- die erhobenen Daten länderübergreifend auszuwerten.

Für die praktische Durchführung wurden in Hamburg und Prag Programmkoordinierungszentren und für die Belange der Bodenzustandsinventur später ein spezielles Koordinierungszentrum in Gent eingerichtet. Ein weiteres Zentrum für Nadel-/Blattanalysen

wurde 1995 in Wien am Institut für Forstchemie der FBVA installiert. Eine Darstellung der Organisationsstruktur des ICP-Forest findet sich bei LORENZ (1995).

Abb. 1: Organisationsstruktur im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention

Convention on Long-range Transboundary Air Pollution
Structure of subsidiary bodies:



2. Zielsetzung

Die Sonderarbeitsgruppe erstellte ein Handbuch, das bei der zweiten Sitzung in Freiburg 1986 verabschiedet wurde. Es ist entsprechend den drei Untersuchungsebenen (Levels) in drei Kapitel geteilt. Es beschreibt Methoden und Kriterien für eine großräumige Erhebung des Waldzustandes (Level I), die Anlage und Durchführung von Intensivuntersuchungen auf Dauerbeobachtungsflächen (Level II) und spezielle Untersuchungen auf ökosystemarer Ebene (Level III). Mittlerweile wurde die dritte Auflage herausgegeben (Anon., 1994).

Die Zielsetzungen in den verschiedenen Untersuchungsebenen können folgendermaßen präzisiert werden:

- **Level I**
(Flächen des systematischen Aufnahmenetzes) dient der systematischen - nicht notwendigerweise auch repräsentativen - Erfassung der räumlichen und zeitlichen Entwicklung des Waldzustandes.
- **Level II**
(Flächen der intensiven und fortgesetzten Überwachung) dient dem Erkennen von Faktoren und Prozessen in den verbreiteteren Waldökosystemen mit spezieller Berücksichtigung des Einflusses von Luftverunreinigungen.
- **Level III**
stellt den Beginn der Ursachenforschung dar, damit sollen tiefere Einblicke in die Ursachen-Wirkungsbeziehungen unter spezieller Berücksichtigung der Auswirkungen von Luftverunreinigungen erlangt werden.
Anfangs bemühte man sich vor allem darum, europaweit eine möglichst einheitliche, flächendeckende Erfassung der Waldschäden entsprechend Level I durchzuführen. Dadurch sollten Informationen über das grenzüberschreitende Ausmaß der Waldschäden erbracht werden. Die Ergebnisse wurden in Berichten zum europäischen Waldzustand jährlich publiziert, anfangs nur im Rahmen des ICP-Forest und seit der Erhebung 1992 als gemeinsamer Bericht von EU und UN/ECE. Als gemeinsame Kenngröße dafür diente das Ausmaß der Nadel- und Blattverluste. Eine Abschätzung des Einflusses von Luftverunreinigungen auf die beobachteten Phänomene war dadurch nicht möglich. Weiterführende, ursachenermittelnde Methoden sollten daher auf dem reduzierten Aufnahmenetz von Level II bzw. III vorgenommen werden. Die Notwendigkeit dieser Untersuchungen wurde zwar stets anerkannt, jedoch die Realisierung mehrfach verschoben.

2.1 Waldschadenserhebung in der EU

Die EU begann im Jahre 1987 mit der Erhebung des Waldzustandes gemäß der Verordnung des Rates (EWG) Nr. 3528/86 vom 16. November 1986 "Über den Schutz des Waldes in der Gemeinschaft gegen Luftverschmutzung". Die europaweiten Bemühungen im Rahmen der UN/ECE wurden dadurch wesentlich gefördert und die Arbeiten in den Mitgliedsländern auch finanziell unterstützt. Die Erhebungen auf Level I werden auf einem gemeinschaftlichen, einheitlichen Netz durchgeführt. In den letzten Jahren wurde auch eine Bodenzustandsinventur und eine einmalige Nadel-/Blattanalyse auf dem gemeinschaftlichen Netz in die Untersuchungen einbezogen und entsprechend unterstützt. Da diese Verordnung mit Ende 1996 ausläuft, wird derzeit über Art und Umfang der Weiterführung intensiv diskutiert und im Jahr 1996 entschieden.

Die Zielsetzungen und Kriterien dieser Verordnung sind mit denen des ICP-Forest inhaltlich ident, wobei das ICP-Handbuch als Vorlage für die EU-Verordnung gedient hat.

Nach dem EU-Beitritt Österreichs wurde aus der freiwilligen Mitarbeit am ICP-Forest im Rahmen der UN/ECE eine durch Verordnungen geregelte, verbindliche Beteiligung an den gemeinsamen Erhebungen der EU. Eine wesentliche Änderung ergab sich auch hinsichtlich der Finanzierung, da gemäß der Verordnung eine Unterstützung durch die Gemeinschaft im Ausmaß von 50 % festgelegt ist. Die Finanzierung der laufenden Aktion ist für die Gemeinschaft mit 29,4 Millionen ECU vorläufig bis zum Jahre 1996 sichergestellt.

2.2 Systematische Erfassung (Level I)

Eine systematische Erfassung des Waldzustandes, entsprechend Level I, im Sinne des ICP-Forest und der EU wird in Österreich seit 1989 durch die Erhebungen im Rahmen des WBS vorgenommen, davor wurden die Erhebungen im Rahmen der Waldzustandsinventur durchgeführt. Einerseits haben die Erhebungen in Österreich eine größere räumliche Dichte als vorgeschrieben (Rasterweite 8,7 x 8,7 km statt der geforderten 16 x 16 km) und andererseits auch einen umfassenderen Untersuchungskatalog. Beispielsweise sind Bodenuntersuchungen und jährliche Nadelanalysen in Österreich seit Beginn eingebunden, während die EU nur einmalige Erhebungen vorsieht. Weiters wurden die Aufnahmen unter anderem auch durch die Erfas-

sung der Luftqualität mit integralen Meßmethoden auf einem Teilkollektiv einige Jahre lang ergänzt.

Die Ergebnisse der Kronenzustandserhebung werden jährlich im Waldzustandsbericht der UN/ECE und EU publiziert (EC-UN/ECE, 1995). Da Österreich aus der Waldbodenzustandsinventur als erstes Land bereits 1994 dem Auswertungszentrum in Gent einen vollständigen Datensatz übermitteln konnte, wurden damit auch die ersten Testauswertungen für die europaweite Auswertung vorgenommen. Ende 1995 müssen die Daten der Bodenzustandsinventuren aller Länder übermittelt sein, danach wird eine gemeinsame Darstellung vorgenommen werden. Für die Nadel-/Blattanalysen sind die Daten bis Mitte 1996 zu übermitteln, danach wird vom Koordinierungszentrum in Wien eine zusammenfassende Auswertung durchgeführt. Bei einem im Herbst 1995 an der FBVA veranstalteten Workshop konnte über einheitliche Klassifikationswerte für die Beurteilung der Elementgehalte Übereinstimmung erzielt werden.

2.3 Intensive und fortgesetzte Beobachtung (Level II)

Mit diesen Flächen soll, ergänzend zur systematischen Erfassung auf Level I, eine längerfristige Überwachung der Waldökosysteme in Hinblick auf Schäden, hervorgerufen durch Luftverschmutzung und andere Faktoren, gewährleistet werden. Außerdem soll ein besseres Verständnis der Kausalzusammenhänge und Informationen über die Entwicklung einer Reihe von Waldökosystemen erlangt werden.

Methodische Einzelheiten der Aktivitäten sind zwischen dem ICP-Forest und der EU abgestimmt. Sie sind im Handbuch des ICP-Forest und in der Verordnung (EG) 1091/94 vom 29. April 1994 und der ergänzenden Verordnung 690/95 festgelegt. Um die Vergleichbarkeit von zeitlich variablen Ergebnissen zu gewährleisten, wurde ein relativ strenger Zeitplan vorgegeben. Die letzten Beobachtungsflächen mußten bis zur Jahresmitte 1995 eingerichtet werden, bis zum Jahresende 1996 müssen die bei den einzelnen Erhebungen erfaßten Daten in einheitlicher Form an die Kommission übermittelt werden (HAUSSMANN, 1995).

3. Methoden

3.1 Flächenauswahlkriterien

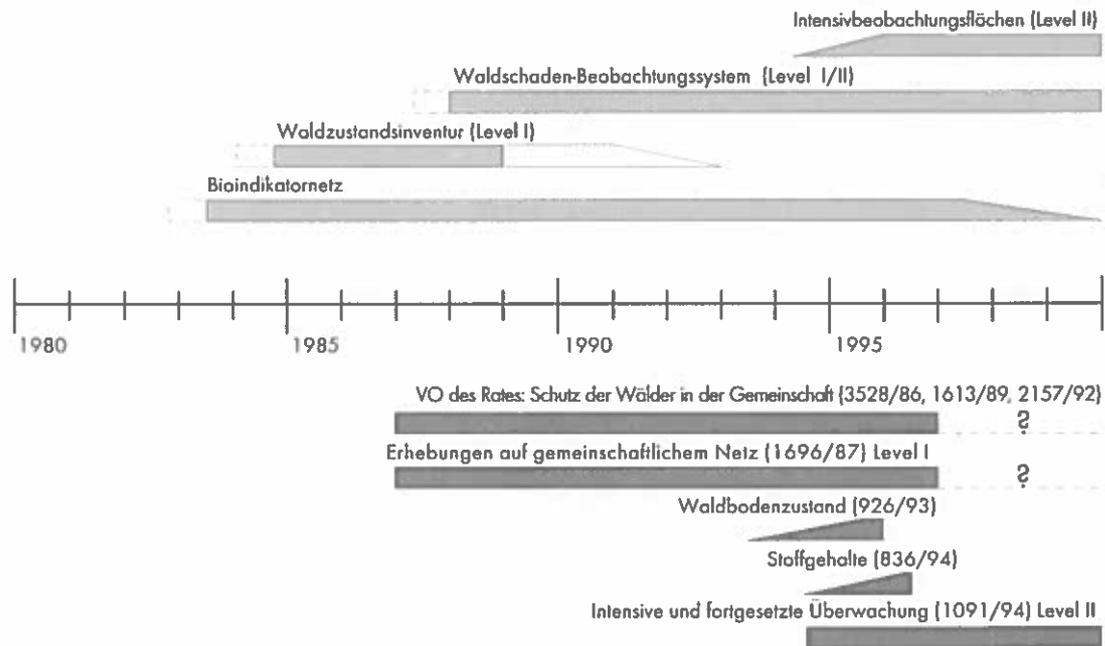
Folgende Voraussetzungen für die Auswahl von Level-II-Flächen finden sich im Handbuch des ICP-Forest bzw. in der Regulation der EU:

- Die Flächengröße soll mindestens 0,25 ha betragen. Die Fläche soll hinsichtlich der Baumartenzusammensetzung, Bestandesstruktur und Standortverhältnisse in sich homogen und für die Umgebung repräsentativ sein.
 - Die räumliche Verteilung der Flächen ist jedem Land freigestellt, es sollen "die wichtigsten Baumarten und die verbreiteteren Wuchsbedingungen jedes Landes repräsentiert sein". Eine möglichst günstige regionale Verteilung soll sinnvolle Basisdaten für eine europaweite Eintragskartierung durch die Arbeitsgruppe "Mapping" ergeben.
 - Die ausgewählten Flächen sollen weiterhin einer normalen Bewirtschaftung unterliegen. Da Aussagen über die Zuwachsverhältnisse erst nach mehrmaliger Messung gemacht werden können und das Untersuchungsspektrum auf die längerfristige Erfassung ausgerichtet ist, soll eine Endnutzung des Bestandes innerhalb der nächsten 20 Jahre nur in Ausnahmesituationen vorgenommen werden.
 - Ganzjährige Erreichbarkeit soll die Betreuung bei den Depositionsmessungen und anderen Erhebungen gewährleisten.
 - Flächen mit bereits laufender Beobachtung sollen bevorzugt werden, ebenso solche mit Luft-/Klimadaten aus bereits vorhandenen Beobachtungsstationen.
- Diesen Prämissen folgend wurden in Österreich 20 geeignete Flächen des 534 Flächen umfassenden WBS ausgewählt. Es wurde versucht, eine gute Abdeckung aller Wuchsregionen zu erreichen und auch die bedeutendsten Baumarten zu erfassen. Im Mai 1994 wurde damit begonnen, die Flächen entsprechend aufzunehmen und im Gelände zu markieren; mit der Aufstellung der letzten Depositionssammler wurde Ende November 1995 die erste Phase der Installation abgeschlossen.

Abb. 2:

Zeitliche Abfolge der österreichischen Erhebungen im Vergleich zu den Verordnungen der Europäischen Gemeinschaft

Entwicklung der Erhebungsnetze in Österreich im Vergleich zu den Verordnungen der EU



3.2 Aufnahmeumfang

Im Rahmen von Level I (Kronenzustandserhebungen, Bodenzustandsinventur und Nadel-/Blattanalysen im Rahmen des WBS) ergaben sich einzelne Differenzen in den Auswahl- bzw. Aufnahmeverfahren und Auswertungsmethoden im Vergleich zu den Vorgaben durch die entsprechenden Verordnungen der EU. Einerseits verursacht dadurch, daß Österreich die Zeitreihenkontinuität zur Waldzustandsinventur erhalten wollte und andererseits dadurch, daß die Bodenzustandsinventur und die Erfassung der Stoffgehalte in Nadeln und Blättern, schon lange bevor internationale Vorschriften vorhanden waren, bereits abgeschlossen war (vgl. Abb. 2). Bei den Aufnahmen im Rahmen von Level II konnte hingegen abgewartet werden, bis die entsprechenden Verfahrensvorschriften vorlagen und wir erreichten dadurch ein verordnungskonformes Vorgehen mit teilweise umfangreicheren Aufnahmen.

Folgende Maßnahmen sind auf den einzelnen Flächen vorgeschrieben:

- Allgemeine Probeflächenbeschreibung und Markierung. In Österreich wurden zusätzlich auch alle Probestämme inklusive ihrer Kronenprojektion kartiert.

- Kronenzustandserhebung einmal pro Jahr im Sommer, zugleich mit den Erhebungen im Rahmen des WBS.
- Zuwachserfassung durch periodische Messungen alle 5 Jahre zu festgelegten Zeiten, außerhalb der Vegetationszeit. Die zusätzlich empfohlenen Jahringanalysen werden erst zu einem späteren Zeitpunkt vorgenommen werden.
- Nadel-/Blattanalysen werden an 5 Bäumen jährlich durchgeführt, die Vorschriften fordern nur eine Durchführung alle zwei Jahre.
- Bodenzustandserhebungen wurden erstmalig 1995 durchgeführt, die Analysen werden im Laufe des Jahres 1996 abgeschlossen, eine Wiederholung nach 10 Jahren ist geplant.
- Depositionsmessung im Bestand und auf Freifläche zur kontinuierlichen Erfassung der nassen Deposition wird 1996 begonnen und soll in Intervallen von jeweils 14 Tagen erfolgen.
- Die Erfassung der aktuellen meteorologischen Situation ist derzeit noch nicht verbindlich gefordert, zur Zeit werden die Methoden im Rahmen eines Pilotversuchs getestet.

Tabelle 1:
Auflistung aller 20 Beobachtungsflächen und allgemeine Beschreibung

Ort:	Pkt.-Nr.:	Anzahl der Probebäume:	Baumartenanteile:	Seehöhe:	Alter:	Bonität:	Exposition:
Sauerbrunn	101701	126	9 TrEi, 1Kie	390 m	90	6	Ost
Unterpullendorf	101706	86	5 TrEi, 5 ZEi	290 m	74	7	Eben
Brückl	205701	176	8 Fi, 2 Lä	930 m	46	7	Nordost
Greifenburg	206717	254	9 Fi, 1 Ta/Bu	1190 m	53	13	Ost
Fresach	207707	162	6 Fi, 4 Kie	720 m	112	7	Südost
Pöggstall	308702	97	10 Fi	860 m	95	9	Eben
Grimmenstein	310704	300	8 Bu, 1 Fi, 1 Es/Ah	500 m	75	5	Südwest
Dobersberg	313701	111	10 Fi	630 m	104	7	West
Kl. Leopoldsdorf	315701	325	10 Bu	510 m	55	9	Nordost
Hochburg	401702	113	9 Fi, 1 Kie	460 m	109	12	Eben
Mondsee	412703	93	10 Fi	860 m	132	13	Südost
Lungötz	501705	133	8 Fi, 2 Ta	920 m	129	9	Nordwest
Leutschach	608703	193	6 Ta, 3 Fi, 1 Bu	670 m	98	8	Nordwest
Niklasdorf	609702	197	7 Fi, 3 Lä	960 m	124	14	West
Mürzzuschlag	611705	210	10 Fi	715 m	48	10	Süd
Murau	612704	197	9 Fi, 1 Lä	1540 m	114	8	Nord
Jochberg	704701	214	10 Fi	1050 m	65	11	Eben
Ehrwald	710704	143	7 Fi, 3 Lä	1020 m	130	3	Nordwest
Zillertal	719702	308	10 Fi	1490 m	160	2	Südwest
Hochhäderich	802705	130	8 Fi, 2 Ta	1320 m	115	11	Nordwest

Eine Beschreibung der Beobachtungsflächen in ganz Europa und Aufgliederung nach einzelnen Basiserhebungsmerkmalen liegt in einer von der Kommission herausgegebenen Broschüre vor (Anon., 1995). Ein detaillierter Bericht informiert über das Konzept und die Ziele des Level-II Programmes in Deutschland und enthält eine Auflistung der bisher eingerichteten 86 Flächen (LUX, 1995). In Tabelle 1 sind die 20 österreichischen Flächen aufgelistet und durch erste Erhebungsdaten beschrieben (vgl. NEUMANN und THEMESSEL, 1995).

3.3 Durchführung

Die alle zwei Wochen wiederkehrende und relativ aufwendige Probenahme für die Depositionserfassung kann nicht durch Personal der FBVA durchgeführt werden. Es werden daher örtliche Betreuer in das Projekt eingebunden, um mehrfache Anfahrten von Wien aus zu vermeiden. Deren Mitwirkung soll gegebenenfalls auch andere Vorhaben vor Ort entscheidend er-

leichtern. Die Gewinnung von Nadel-/Blattproben erfolgt zugleich mit der Beerntung im Rahmen des WBS bzw. des Bioindikatornetzes. Die übrigen Probenahmen, Felderhebungen und Analysen werden von Mitarbeitern der FBVA zusätzlich zu den bisher stattfindenden Aktivitäten durchgeführt. Die Beschränkung der Flächenzahl ergab sich auch aus der verfügbaren personellen und finanziellen Kapazität. Es erscheint jedoch überlegenswert in den nächsten Jahren Flächen ohne Depositionsmessung nach und nach zusätzlich einzurichten, um die wichtigsten Baumarten in ausgewählten Beständen unter verschiedenen Wuchsbedingungen (Seehöhe, Standortstypen, Bestandesformen, u.a.m.) zu erfassen. Höhere Lagen und damit auch Schutzwaldstandorte sind bis jetzt auf Grund des Erreichbarkeitskriteriums unterrepräsentiert.

In Zukunft ist die Einbindung weiterer Untersuchungen erwünscht, und wird nach Maßgabe der Möglichkeiten auch von der EU unterstützt werden. Auf einigen Flächen wurde mit der Aufstellung von Samenfallen (durch das Institut für Waldbau) auch die Erfassung des Streufalls möglich. Eine Ersterhe-

bung der Bodenvegetation ist sowohl nach dem Verfahren von Braun-Blanquet als auch nach einer direkten Ansprache der Deckungswerte nach einer Prozentskala auf allen Flächen für 1996 beabsichtigt. Im Zuge eines von der EU geförderten Projektes, außerhalb der Erhebungsarbeiten, wurden alle 20 Beobachtungsflächen befliegen, eine Interpretation hinsichtlich des Kronenzustandes, aber auch zur Erfassung des Kronendaches, ist vorgesehen.

4. Erste Ergebnisse

4.1 Kronenzustandserhebungen

Für die Kronenzustandserfassung wurden auf Level II im Gegensatz zur systematischen Erfassung (Level I) auch Bäume mit sozialer Stellung 3, 4 und 5 mit-

einbezogen, soweit deren Kronen nicht wegen zu starker Konkurrenzbeeinflussung unansprechbar waren. Auf dieses erweiterte Aufnahmespektrum ist bei Vergleichlichen Rücksicht zu nehmen, eine Stratifizierung nach sozialer Stellung wird hier vorläufig nicht vorgenommen und auch keine Trennung nach Baumarten. Höhere Anteile stärker verlichteter Baumkronen bzw. höhere durchschnittliche Verlustprozente sind auf den zwei Eichenflächen (01 und 02) im Burgenland, der Fläche bei Mondsee (11), bei Lungötz (12), bei Murau (16), im Zillertal (18), bei Ehrwald (19) und am Hochhäderich (20) festzustellen (Abb. 3). Im Sinne des integralen Ansatzes des Programmes sollte diese Feststellung keinesfalls weiter interpretiert werden.

4.2 Ertragskundliche Aufnahme

Die ertragskundliche Erstaufnahme wurde vor Beginn der Vegetationsperiode 1995 mit dem bei Dau-

Abb. 3: Ergebnisse der Kronenzustandserhebung im Sommer 1995, nach Stufen von 10%-Nadel-/Blattverlust und mittlerer Nadel-/Blattverlust für alle 20 Beobachtungsflächen

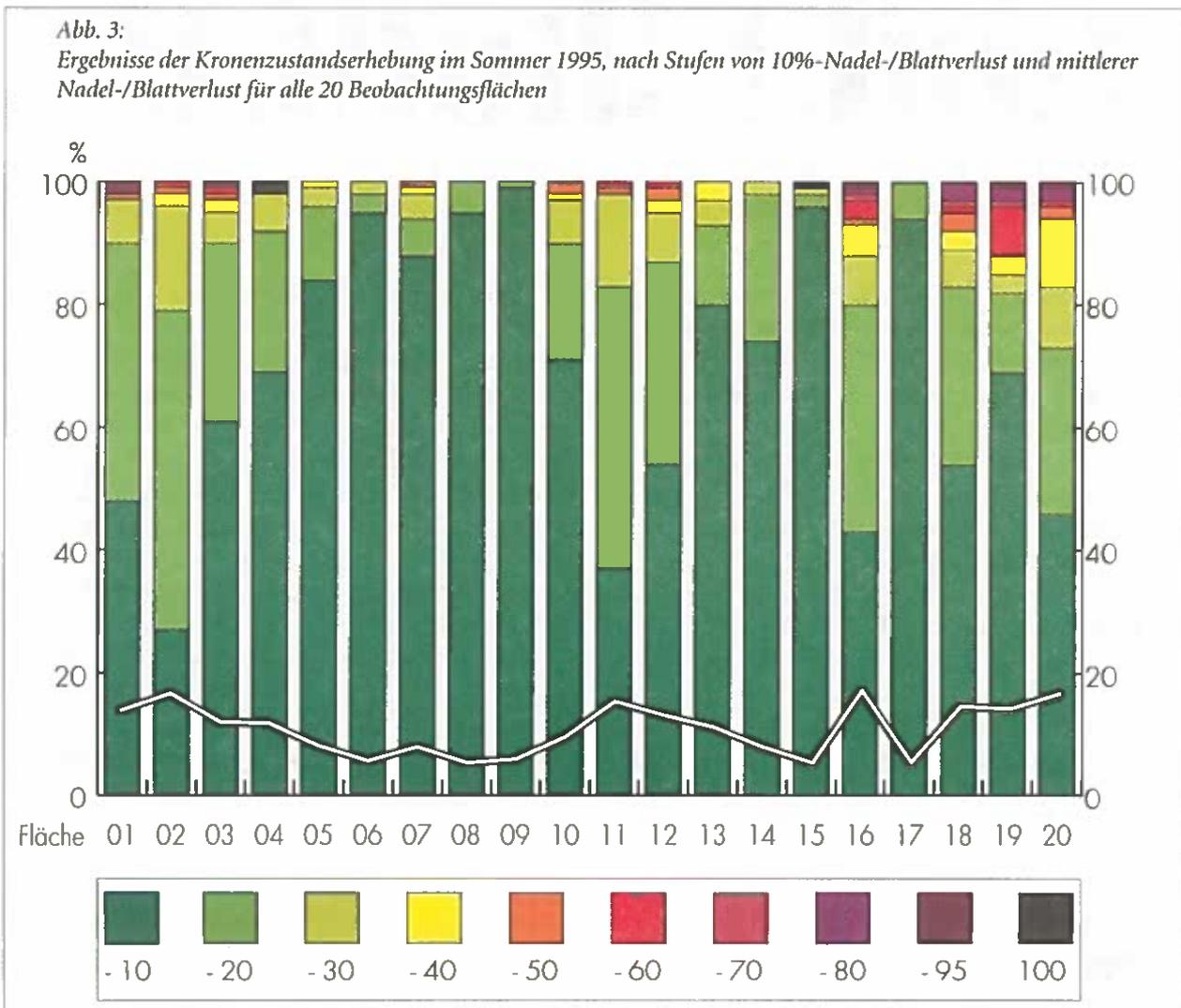
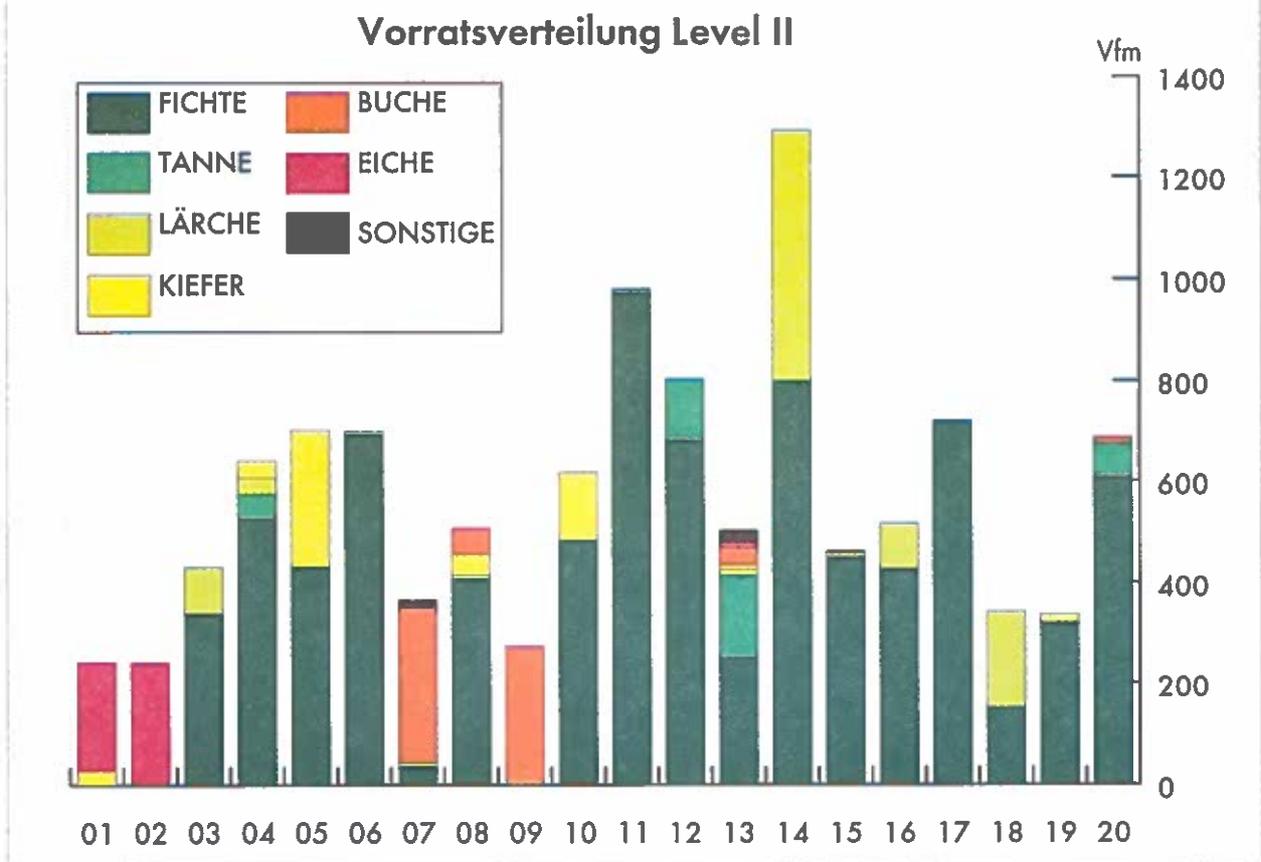


Abb. 4:

Ergebnisse der ertragskundlichen Erstaufnahme im Sommer 1995 Schaftholzvorrat getrennt nach Baumarten für alle 20 Beobachtungsflächen.



erversuchsflächen üblichen Verfahren und im gleichen Umfang vorgenommen. Die Höhen wurden vorerst nur an einem Teilkollektiv von jeweils 50 Bäumen gemessen, eine Ergänzung der Höhenmessungen ist für 1996 geplant.

Die Verteilung des Vorrates nach Baumarten je Fläche zeigt Abbildung 4. Auffallend sind die niedrigen Werte in den beiden Eichenbeständen (01 und 02); die Buchenbestände (07 und 09) sind vergleichsweise jünger, wodurch der geringere Vorrat bedingt ist. Eine extrem hohe Vorratshaltung von beinahe 1300 Vfm/ha Schaftholz findet sich in Niklasdorf (14).

Um auch die Konkurrenzverhältnisse auf den Flächen quantifizierend darstellen zu können, wurde der Crown-Competition-Factor (CCF) nach KRAJICEK (1961) unter Zuhilfenahme der Solitärdimension von HASENAUER et al. (1994) berechnet und nach Baumarten getrennt dargestellt (Abb. 5). Die auffallend hohen CCF-Werte von beinahe 700 auf beiden Buchenflächen lassen die für Solitäre unterstellten Kronenradien bei Buche verbesserungswürdig erscheinen.

4.3 Klimatologische Klassifizierung

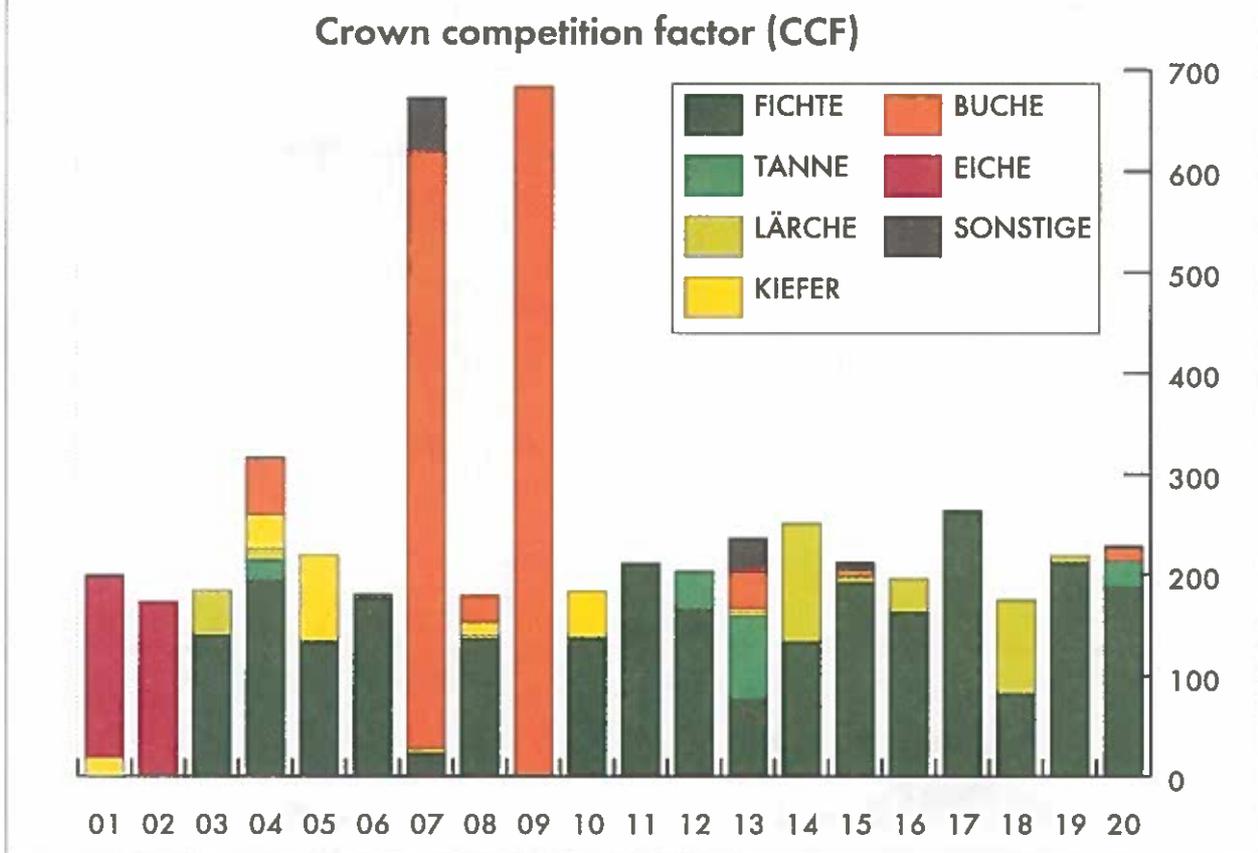
In einem ersten Schritt wurden aus der an der FBVA vorhandenen österreichweiten Klimadatenbank die nächstgelegenen bzw. am besten passenden Stationen ausgewählt und die Niederschlags- und Temperaturdaten zusammengestellt. Bedingt durch die Situierung der Stationen in überwiegend tieferen Lagen im Vergleich zu den Probestellen ergeben sich oft größere Höhenunterschiede, weswegen die Übertragbarkeit beeinträchtigt ist.

Einen Eindruck über die klimatische Unterschiedlichkeit der Flächen gibt Abbildung 6 mit Klimadiagrammen nach WALTER-LIETH (1967) für vier ausgewählte Klimastationen der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik: "Schopfernau" (Hochhäderich 20), "Stolzalpe" (Murau 16), "Dellach" (Greifenburg 04) und "Wr. Neustadt" (Sauerbrunn 01).

In Zukunft ist beabsichtigt, die im Zuge der Depositionserfassung ermittelten Niederschlagswerte in Beziehung zu den Werten der Klimastationen zu set-

Abb. 5:

Ergebnisse der ertragskundlichen Erstaufnahme im Sommer 1995 Crown-Competition-Factor nach KRAJICEK getrennt nach Baumarten für alle 20 Beobachtungsflächen



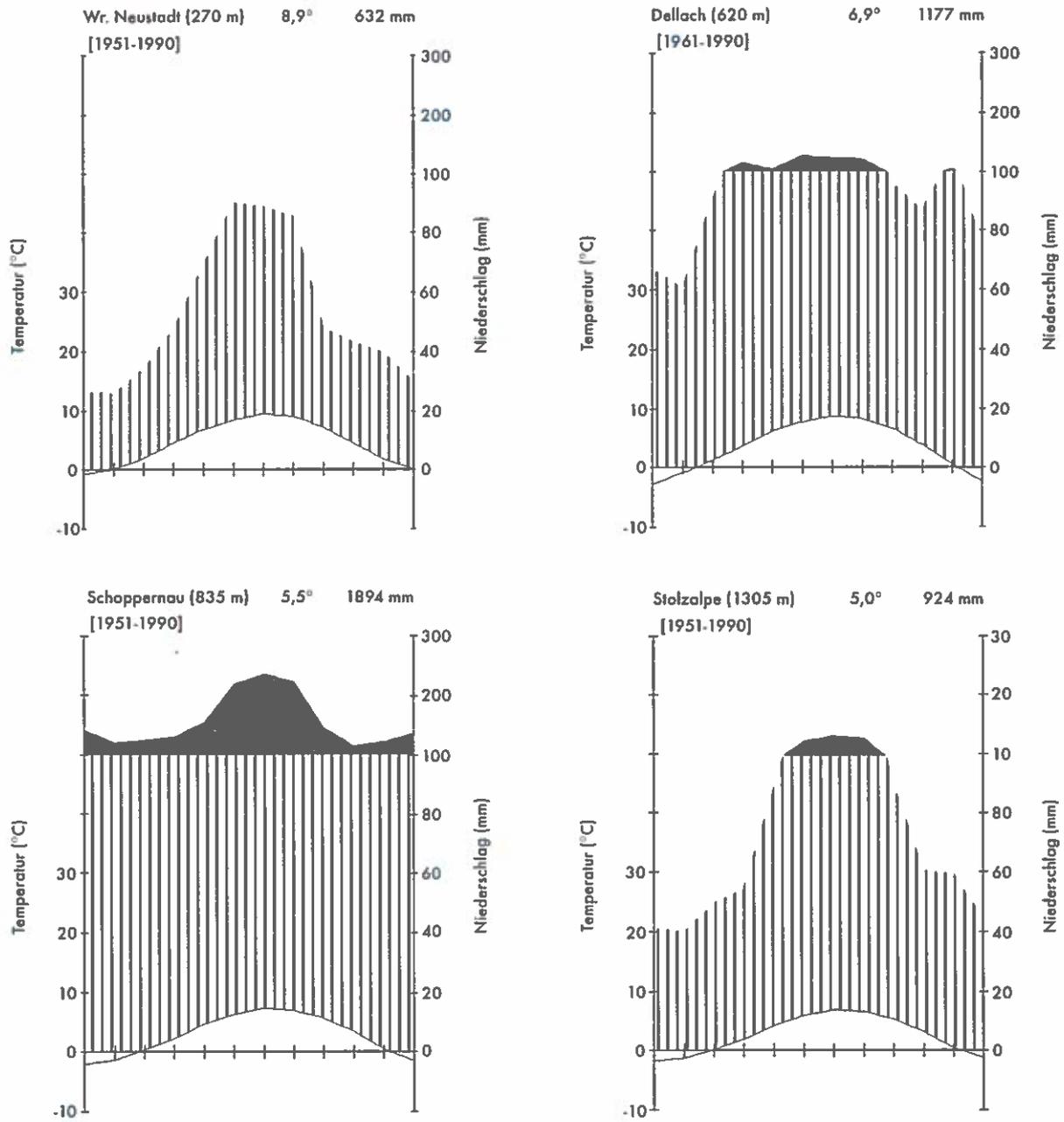
zen und dadurch flächenspezifischere Informationen zu erhalten. Dies könnte eine aufwendige und sicherlich nicht auf allen Flächen finanzierbare Erfassung der meteorologischen Kenngrößen auf den Flächen selbst teilweise ersetzen.

wirkungen an diesem Programm erhalten bleiben. Die dargestellten intensiveren Erhebungen auf einigen ausgewählten Flächen können die systematische Erfassung im Rahmen des WBS nicht ersetzen, sondern dienen der Ergänzung.

5. Ausblick

Das gesamte internationale Programm ist darauf ausgerichtet, langfristige Veränderungen zu erfassen und im internationalen Vergleich zu bewerten. Klarerweise können nach einjähriger Beobachtungszeit noch keine Bewertungen langfristiger Entwicklungen gemacht werden. Dennoch soll ein kontinuierlicher Informationsaustausch zwischen der FBVA, den örtlichen Betreuern und den Waldbesitzern auch über noch nicht interpretierbare Zwischenergebnisse bestehen und dadurch die Bereitschaft zur weiteren Mit-

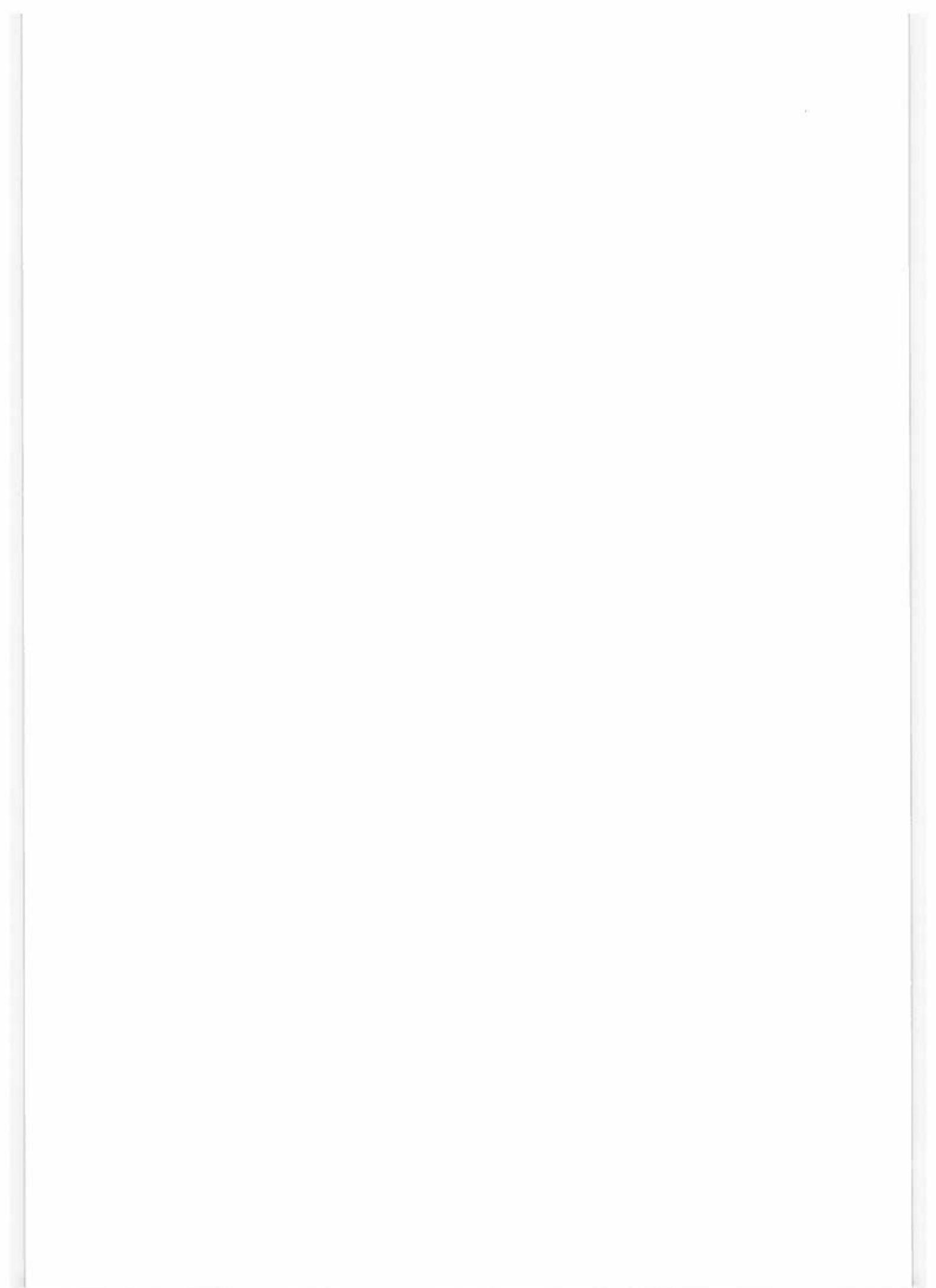
Abb. 6: Klimadiagramme nach WALTER und LIETH für vier ausgewählte Klimastationen.



Literatur

- ANON. 1994: *Manual on Methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the air pollution effects on forests*. Hamburg/Genf.
- ANON. 1995: *General information on the permanent observation plots in Europe (Level II)*. EC, DG VI F.II.2, Brüssel, pp.85.
- BRELOH P. UND DIETERLE G. 1986: *Internationale Erfassung und Überwachung von Waldschäden - Handbuch verabschiedet*. Allgem. Forstzeitschrift 41(22):1113-1114.
- EC COUNCIL REGULATION No. 3528/86 ON THE PROTECTION OF FOREST AGAINST ATMOSPHERIC POLLUTION. *Official Journal L326 of 21.11.1986*, p.2-4, Brüssel.
- EC COMMISSION REGULATION No. 1091/94. *Official Journal L125 of 18.05.1994*, p.1-44, Brüssel.
- EC COMMISSION REGULATION No. 690/95. *Official Journal L71 of 31.03.1995*, p.25-46, Brüssel.
- EC-UN/ECE 1995: *Forest Condition in Europe - Results of the 1994 Survey*. Brüssel, Genf, pp.106 + Annex.
- LORENZ, M. 1995: *10 Jahre ICP Forest: Von der Kronenzustandserhebung zum intensiven Monitoring*. Allgem. Forstzeitschrift 50(20):1094-1096.
- HAUSSMANN, T. 1995: *Basic documents for the implementation of the intensive monitoring programme of forest ecosystems in Europe*. EC, DG VI F.II.2, Brüssel, pp.97.
- KRAJICEK, J. BRINKMAN, K.A. UND GINGRICH, S.F. 1961: *Crown Competition: A measure of density*. Forest Science 7:35-42.
- HASENAUER H., STAMPFER E., ROHRMOSER CH. UND STERBA H. 1994: *Solitärdimensionen der wichtigsten Baumarten Österreichs*. Österr. Forstzeitung 105(3):28-29.
- LUX, W. 1995: *Dauerbeobachtungsflächen zur Umweltkontrolle im Wald*. Hrsg.: BM für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Bonn.
- NEUMANN, M. UND THEMESL, R. 1995: *Neue Ansätze zur Überwachung des Waldzustandes in Österreich*. Österr. Forstzeitung 106(1): 19-21.
- WALTER, H. UND LIETH, H. 1967: *Klimadiagramm Weltatlas*, Fischer Verlag Jena.

Verfasser: Dipl.-Ing. Dr. Markus Neumann
Forstliche Bundesversuchsanstalt
Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft
Seckendorff-Gudent Weg 8
A-1131 Wien



FBVA-Berichte
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien

			Preis in ÖS
1953	1	Forstliche Arbeitslehre und Menschenführung. Referate von der GEFFA-Tagung 1952 in Ort bei Gmunden (Oberösterreich). 137 Seiten	vergriffen
1954	2	FRAUENDORFER, R. Forstliche Hilfstafeln. 167 Seiten	vergriffen
1955	3	LOHWAG, K. Erkenne und bekämpfe den Hausschwamm und seine Begleiter! 61 Seiten	vergriffen
1955	4	GRÜLL, H.; TRAUNINGER, W. Neuzeitliche Forstsaatguterzeugung in Pflanzplantagen. I. Teil, Plusbaumauswahl und Pfropfung. 73 Seiten	20.—
1956	5	HAFNER, F.; HEDENIGG, W. Planiergerät im forstlichen Straßen- und Wegebau. 75 Seiten	20.—
1957	6	FRAUENDORFER, R. Planung und Durchführung von Stichprobenahmen. 65 Seiten	vergriffen
1958	7	FRAUENDORFER, R. Betriebswirtschaftliche Untersuchungen im steirischen Bauernwald. (Gemeinde Haslau 1955). 157 Seiten	50.—
1985	8	POLLANSCHÜTZ, J. Waldzustandsinventur 1984. Ziele - Inventurverfahren - Ergebnisse. 29 Seiten	vergriffen
1985	9	GLATTES, F.; SMIDT, S.; DRESCHER, A.; MAJER, C.; MUTSCH, F. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Einrichtung und Ergebnisse 1984. 81 Seiten	vergriffen
1985	10	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1974/75, 1975/76 und 1976/77. 76 Seiten	80.—
1986	11	STAGL, W.; DRESCHER, A. Wild - Vegetation - Forstschäden. Vorschläge für ein Beurteilungsschema. 19 Seiten	30.—
1986	12	NATHER, J. Proceedings of the International Symposium on Seed Problems under Stressfull Conditions, Vienna and Gmunden, Austria June 3.-8. 1985. 287 Seiten	vergriffen
1986	13	SMIDT, S. Bulkmessungen in Waldgebieten Österreichs. Ergebnisse 1984 und 1985. 32 Seiten	vergriffen
1986	14	EXNER, R. Die Bedeutung des Lichtfaktors bei Naturverjüngung. Untersuchungen im montanen Fichtenwald. 48 Seiten	vergriffen
1986	15	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1977/78, 1978/79 und 1979/80. 81 Seiten	90.—
1986	16	HAUK, E.; HÖLLER, P.; SCHAFFHAUSER, H. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1984/85 und 1985/86. 90 Seiten	90.—
1987	17	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1980/81 und 1981/82. 74 Seiten	80.—
1987	18	EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. Strukturanalysen im subalpinen Fichtenwald (Niedere Tauern, Radstadt/Salzburg). 102 Seiten	100.—
1987	19	HAUPOLTER, R. Baumsterben in Mitteleuropa. Eine Literaturübersicht. Teil 1: Fichtensterben. KREHAN, H.; HAUPOLTER, R. Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Kiefernbestände - Bucklige Welt.. 73 Seiten	vergriffen

1987	20	GLATTES, F.; SMIDT, S. Höhenprofil Zillertal. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. Ergebnisse von Luft-, Niederschlags- und Nadelanalysen 1985. 65 Seiten	vergriffen
1987	21	RUETZ, W.; NATHER, J. Proceedings of the IUFRO Working Party on Breeding Strategy for Douglas-Fir as an Introduced Species. Working Party: S2.02-05. Vienna, Austria June 1985. 300 Seiten	300.—
1987	22	JOHANN, K. Standraumregulierung bei der Fichte. Ausgangsbaumzahl - Stammzahlreduktion - Durchforstung - Endbestand. Ein Leitfaden für den Praktiker. 66 Seiten	60.—
1987	23	POLLANSCHÜTZ, J.; NEUMANN, M. Waldzustandsinventur 1985 und 1986. Gegenüberstellung der Ergebnisse. 98 Seiten	100.—
1987	24	KLAUSHOFER, F.; LITSCHAUER, R.; WIESINGER, R. Waldzustandsinventur Untersuchung der Kronenverlichtungsgrade an Wald- und Bestandesrändern. 94 Seiten	100.—
1988	25	JOHANN, K. Ergebnisse einer Rotfäuleuntersuchung in sehr wüchsigen Fichtenbeständen. 88 Seiten	90.—
1988	26	SMIDT, S.; GLATTES, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1986. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 114 Seiten	120.—
1988	27	SMIDT, S. Messungen der nassen Deposition in Österreich. Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur. 72 Seiten	80.—
1988	28	Forum Genetik - Wald - Forstwirtschaft. Bericht über die 5. Arbeitstagung von 6. bis 8. Oktober 1987. Kongresshaus Innsbruck. 192 Seiten	200.—
1988	29	KRISSL, W.; MÜLLER, F. Mischwuchsregulierung von Fichte und Buche in der Jungwuchsphase. 52 Seiten	50.—
1988	30	MARCU, GH.; TOMICZEK, C. Eichensterben und Klimastress. Eine Literaturübersicht. 23 Seiten	30.—
1988	31	KILIAN, W. Düngungsversuche zur Revitalisierung geschädigter Fichtenbestände am Ostrong. 50 Seiten	50.—
1988	32	SMIDT, S.; GLATTES, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1987. 234 Seiten	250.—
1988	33	ENK, H. 10 Jahre Kostenuntersuchung bei Tiroler Agrargemeinschaften und Gemeindewäldern. 124 Seiten	130.—
1988	34	KREHAN, H. Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Teil II: Fichtenbestände im Ausserfern (Tirol) und im grenznahen Gebiet des Mühl- und Waldviertels. 60 Seiten	60.—
1988	35	SCHAFFHAUSER, H. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1986/87. 138 Seiten	145.—
1989	36	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (8). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. 128 Seiten	130.—
1989	37	RACHOY, W.; EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. 100 Seiten	105.—
1989	38	MERWALD, I. Lawineneignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1982/83, 1983/84. 92 Seiten	100.—
1989 Sonderheft		SCHNEIDER, W. Verfahren, Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung für die Inventur des Waldzustandes. 118 Seiten	200.—

1989	39	KREHAN, H. Das Tannensterben in Europa. Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme. 58 Seiten	60.—
1989	40	KRISSL, W.; MÜLLER, F. Waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien für das Eichen-Mittelwaldgebiet Österreichs. 134 Seiten	140.—
1990	41	KILLIAN, H. Bibliographie zur Geschichte von Kloster, Forstlehranstalt und Forstlicher Versuchsanstalt Mariabrunn - Schönbrunn. 162 Seiten	165.—
1990	42	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1974 - 1976 und Kurzfassung der Wildbachereignisse in Österreich in den Jahren 1974 - 1987. 98 Seiten	100.—
1990	43	Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (9). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen. 80 Seiten	80.—
1990	44	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 33 Seiten	35.—
1990	44A	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988 (Anhang). Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. 230 Seiten	280.—
1990 Sonderheft		KILIAN, W.; MAJER, C. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Anleitung zur Feldarbeit und Probenahme. 58 Seiten	70.—
1990	45	NEUMANN, MARKUS; SCHADAUER, K. Waldzustandsinventur. Methodische Überlegungen und Detailauswertungen. 88 Seiten	90.—
1990	46	Zusammenkunft der Deutschsprachigen Arbeitswissenschaftlichen und Forsttechnischen Institute und Forschungsanstalten. Bericht über die 18.Zusammenkunft vom 18.-20.April 1990. 286 Seiten	340.—
1991	47	SMIDT, S. Beurteilung von Ozonmessdaten aus Oberösterreich und Tirol nach verschiedenen Luftqualitätskriterien. 87 Seiten	90.—
1991	48	ENGLISCH, M.; KILIAN, W.; MUTSCH, F. Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Erste Ergebnisse. 75 Seiten	80.—
1991	49	Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Ziele, Methoden und erste Ergebnisse. 128 Seiten	130.—
1991	50	SMIDT, S. Messungen nasser Freilanddepositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. 90 Seiten	90.—
1991	51	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Europa und Asien, I. 33 neue Bockkäfer aus der palaearktischen und orientalischen Region (Coleoptera, Cerambycidae). 75 Seiten	200.—
1991	52	FÜRST, A. Der forstliche Teil der Umgebungsüberwachung des kalorischen Kraftwerkes Dürnrohr. Ergebnisse von 1981 bis 1990. 42 Seiten	45.—
1991	53	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1977-1979. 80 Seiten	80.—
1991	54	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1980-1982. 78 Seiten	80.—
1991	55	WIESINGER, R.; RYS, J. Waldzustandsinventur: Untersuchung der Zuwachsverhältnisse an Wald- und Bestandesrändern. 60 Seiten	60.—
1991	56	RACHOY, W.; EXNER, R. Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen. 60 Seiten	95.—

1991	57	SMIDT, S.; HERMAN, F.; LEITNER, J. Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1989/90. 28 Seiten	30.—
1991	58	STAGL, W.; HACKER, R. Weiden als Prosshölzer zur Äsungsverbesserung. 56 Seiten	60.—
1991	59	HOLZER, K.; OHENE-COFFIE, F.; SCHULTZE, U. Vegetative Vermehrung von Fichte für Hochlagenaufforstungen. Physiologische und phänologische Probleme der Anpassung. 73 Seiten	75.—
1991	60	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Asien II. 63 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand, (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae). 71 Seiten	140.—
1992	61	STAGL, W. Auswertung der "Trakte" zum Staatsvertrag "Vereinbarung zwischen Bund und dem Land Kärnten über gemeinsame Maßnahmen zur Sicherung eines ausgewogenen Verhältnisses von Wald und Wild". 62 Seiten	105.—
1992	62	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1983-1985. 72 Seiten	75.—
1992	63	FÜRST, A. Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden Beobachtungssystems. Ergebnisse 1989. 37 Seiten	40.—
1992 Sonderheft 1		DRAGOVIC, N. Terminologie für die Wildbachverbauung. Fachwörterbuch deutsch - serbokroatisch. Terminologija Uredjenja Bujicnih Tokova. Recnik Strucnih Termina Srpskohrvatsko - Nemacki. 43 Seiten	50.—
1992	64	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1986-1988. 91 Seiten	95.—
1992	65	NATHER, J. (HRSG.) Proceedings of the meeting of IUFRO - WP S2.02-21 on "Actual problems of the legislation of forest reproductive material and the need for harmonization of rules at an international level". Gmunden / Vienna - Austria, June 10. - 14. 1991. 180 Seiten	200.—
1992	66	JEGLITSCH, F. Wildbachereignisse in Österreich 1989. 60 Seiten	60.—
1992	67	Ökosystemare Studien in einem inneralpinen Tal. Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofil Zillertal". 152 Seiten	180.—
1992	68	LUZIAN, R. Lawinenergebnisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1987/88, 1988/89, 1989/90, 1990/91. 188 Seiten	200.—
1992	69	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Asien III. 57 neue Bockkäfer aus Asien. Vorwiegend aus China, Thailand und Vietnam (Coleoptera, Cerambycidae). 63 Seiten	120.—
1992	70	Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Erste Ergebnisse aus dem Projekt "Höhenprofile Achenkirch". 103 Seiten	100.—
1992	71	Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Beiträge zum WBS-Seminar vom 23. April 1992. 111 Seiten	115.—
1992	72	VOSHMIR, D. (BEARB.). Das Schrifttum der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Teil IV: 1974 bis 1990. 115 Seiten	80.—
1993	73	MÜLLER, F. Auswahl und waldbauliche Behandlung von Gen-Erhaltungswäldern. 24 Seiten	25.—
1993	74	Lawinenbericht 1991/92. Dokumentation und Fachbeiträge. 110 Seiten	80.—
1993	75	HOLZSCHUH, C. Neue Bockkäfer aus Europa und Asien IV. 60 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand (Coleoptera:Cerambycidae). 63 Seiten	100.—
1994	76	SCHADAUER, K. Baumartenatlas für Österreich. Die Verbreitung der Baumarten nach Daten der Österreichischen Waldinventur. 160 Seiten	200.—

1994	77	KAISER, A. Projekt "Höhenprofil Zillertal" Analyse der vertikalen Temperatur- und Windstruktur und ihr Einfluß auf die Immissionskonzentrationen. 95 Seiten	80.—
1994	78	HERMAN, F.; SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin. Höhenprofil Achenkirch. Ergebnisse aus dem Bereich Phyllosphäre. 134 Seiten	120.—
1994	79	FÖRST, W.; JOHANN, K. Modellkalkulationen zum Naturverjüngungsbetrieb. 53 Seiten	55.—
1994	80	ANDRECS, P. Schadensereignisse in Wildbacheinzugsgebieten Österreichs 1990 und 1991. 47 Seiten	50.—
1994	81	GEBUREK, T.; MÜLLER, F.; SCHULTZE, U. Klimaänderung in Österreich. Herausforderung an Forstgenetik und Waldbau. 113 Seiten	100.—
1994	82	KILIAN, W.; MÜLLER, F.; STARLINGER, F. Die forstlichen Wuchsgebiete Österreichs Eine Naturgliederung nach waldökologischen Gesichtspunkten. 60 Seiten	70.—
1995	83	JOHANN, K. Ergebnis der Großdüngungsversuche St. Martin und Flachau Ertragskundlicher Abschlußbericht. 102 Seiten	100.—
1995	84	HOLZSCHUH, C. Beschreibung von 65 neuen Bockkäfern aus Europa und Asien, vorwiegend aus Thailand und China (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae). 63 Seiten	60.—
1995	85	KRISTÖFEL, F.; POLLANSCHÜTZ, J. Entwicklung von Fichtenpflanzen nach Triebrückschnitten. 17 Seiten	20.—
1995	86	CECH, T.; TOMICZEK, C. Forstpathologische Erhebungen im Gebiet Achenal. 46 Seiten	50.—
1995	87	HERMAN, F., SMIDT, S. Ökosystemare Studien im Kalkalpin - Bewertung der Belastung von Gebirgswäldern, Schwerpunkt Rhizosphäre. 288 Seiten	450.—
1995	88	CECH, T.; PERNY, B.; DONAUBAUER, E. Wipfelsterben an Jungfichten in Österreich und beteiligte Mikropilze. 32 Seiten	50.—
1995	89	MARKART, G; KOHL, B. Starkregensimulation und bodenphysikalische Kennwerte als Grundlage der Ab- schätzung von Abfluß- und Infiltrationseigenschaften alpiner Boden- / Vegetations- einheiten. Ergebnisse der Beregnungsversuche im Mustereinzugsgebiet Löhnersbach bei Saalbach in Salzburg. 38 Seiten	60.—
1995	90	LANG, E. Starkregensimulation - Ein Beitrag zur Erforschung von Hochwasserereignissen 70 Seiten	100.—
1995	91	LUZIAN, R.; RAMMER, L.; SCHAFFHAUSER, H. Lawinenbericht 1992/93 - Dokumentation und Fachbeiträge 52 Seiten	80.—
1995	92	SCHIELER, K.; BÜCHSENMEISTER, R.; SCHADAUER, K. Österreichische Forstinventur - Ergebnisse 1986/90 262 Seiten	250.—
1996	93	M. NEUMANN (Hrsg.) Österreichisches Waldschadenbeobachtungssystem Beiträge zum 4. WBS-Seminar in Wien am 23. November 1995 177 Seiten	260.—

