

FBVA-BERICHTE
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

Nr. 49

1991

ÖSTERREICHISCHES
WALDSCHADEN-BEOBACHTUNGSSYSTEM

Ziele, Methoden und erste Ergebnisse

ODC

48--05:587.6: (436)

Gemeinschaftsprojekt G₇ der FBVA

Herausgegeben
von der
Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien
Kommissionsverlag: Österreichischer Agrarverlag, 1141 Wien

2. Auflage, 1992

Das Lebensministerium.

LAND
FORST
WASSER

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A-1131 WIEN

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
Vorwort	5
Waldschaden-Beobachtungssystem	
Einführender Überblick <i>Neumann M.</i>	7
Waldbodenzustandsinventur	
Zielsetzungen, Methoden und Stand der Arbeiten <i>Kilian W.</i>	14
Methodische Überlegungen und erste Ergebnisse zur Frage "Bodenversauerung" <i>Englisch M.</i>	19
Methodische Ansätze zur "Verdichtung" von chemischen Analysedaten bei Bodenuntersuchungsnetzen <i>Mutsch F.</i>	31
Überblick zur Schwermetallsituation österreichischer Waldböden <i>Mutsch F.</i>	39
Die Vegetationsaufnahmen und Möglichkeiten ihrer forstökologischen Auswertung <i>Karrer G.</i>	49
Ausblick <i>Karrer G., Kilian W. und Mutsch F.</i>	62
Forstpathologische Untersuchungen	
Methodik und erste Ergebnisse <i>Krehan H. und Schadauer K.</i>	68
Immissionskundliche Untersuchungen	
Integrierende Luftschadstoffmessungen <i>Leitner J.</i>	77
Nachweis von Schwefelimmissionseinwirkungen auf Probeflächen des WBS mit Hilfe von Pflanzenanalysen <i>Fürst A.</i>	88

Luftbildinventuren

Handhabung und Möglichkeiten <i>Gärner M.</i>	96
Überblick über die Projekte des Jahres 1989 <i>Goebel W.</i>	102
Überblick über die Projekte des Jahres 1990 <i>Regner B.</i>	108

Kronenzustandsinventuren

Methodik und Ergebnisse der Jahre 1988-1990 <i>Neumann M.</i>	113
--	-----

Waldschaden-Beobachtungssystem

Folgerungen und Ausblick für das Gesamtprojekt <i>Pollanschütz J.</i>	121
--	-----

VERWENDETE ABKÜRZUNGEN

BEV	- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
BGE	- Bestandesgeschichtliche Erhebungen
BIN	- Bioindikatornetz
BZI	- >(Wald-)Bodenzustandsinventur
WBZI	-
FMC	- forward motion compensation
FPU	- Forstpathologische Untersuchungen
ISM	- Integrierende Schadstoffmessungen
KZI	- (terrestrische) Kronenzustandsinventuren
LBİ	- Luftbildinventuren
LFI	- Landesforstinspektion
NP	- Nadelproben
ÖFI	- Österreichische Forstinventur
STUGES	- Studiengesellschaft für Bauerfragen
WBS	- Waldschaden-Beobachtungssystem
WZI	- Waldzustandsinventur
ZU	- Zuwachsuntersuchungen

VORWORT

An der Forstlichen Bundesversuchsanstalt wurde am 29. November 1990 ein Seminar über Zielsetzung, Aufgaben und erste Ergebnisse des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) abgehalten. Vor einem breiten forstlichen Publikum sollten dadurch in der Vergangenheit eventuell entstandene Informationsdefizite und Mißverständnisse beseitigt werden.

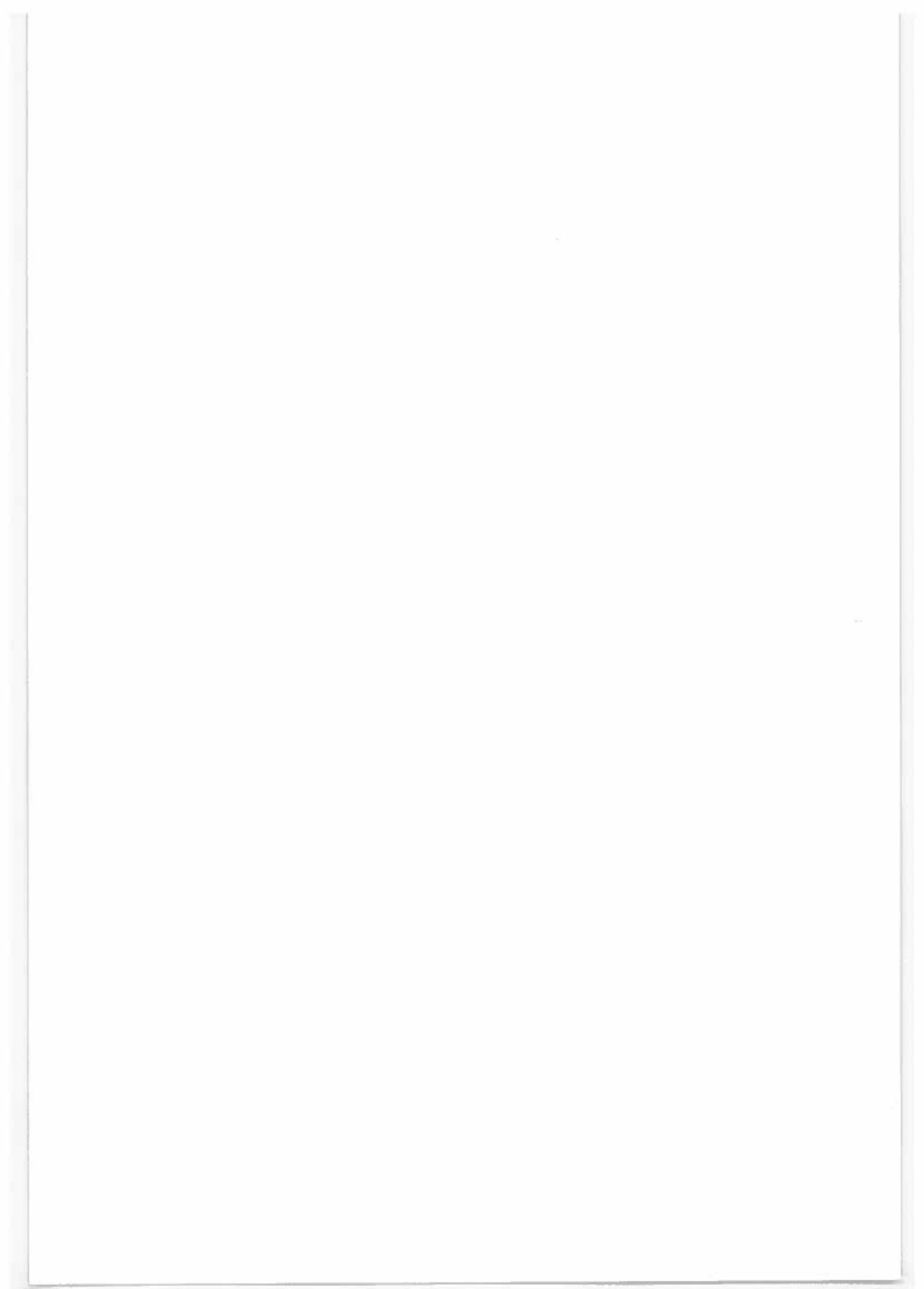
Einzelne Mitarbeiter erläuterten die Methodik und stellten erste Ergebnisse zur Diskussion. Aus dem breiten Spektrum der im WBS integrierten Teilprojekte wurden Ergebnisse der Bodenzustandsinventur, der forstpathologischen Untersuchungen, der integralen Schadstoffmessungen und der Nadelanalysen, der Luftbildinventuren von forstlichen Interessensgebieten und der terrestrischen Kronenzustandserhebungen präsentiert. Eine umfassende Interpretation in bezug auf das Gesamtprojekt konnte nach zwei Jahren Laufzeit logischerweise noch nicht erwartet werden. Alle Vorträge wurden im vorliegenden Band zusammengefaßt.

Es sei abschließend nachdrücklich daraufhingewiesen, daß die Realisierung dieser Projekte nur durch die Mitwirkung der Landesforstdienste der Bundesländer und durch den intensiven Einsatz der 15 Mitarbeiter der "Studiengesellschaft für Bauernfragen" bei Feldaufnahmen und Auswertungen möglich waren. Zur Weiterführung des WBS in der geplanten umfassenden Form ist es erforderlich, die Mitarbeit dieses Personenkreises langfristig sicherzustellen.

Allen Mitarbeitern der Institute für Standortskunde, für Forstschutz, für Immissionsforschung, für Waldwachstum, sowie der Studiengesellschaft für Bauernfragen, die zum Gelingen des WBS-Seminars beigetragen haben, sei bestens gedankt.

J. Pollanschütz

(Koordinator des FBVA-Gemeinschaftsprojektes "Waldschaden-Beobachtungssystem")



WALDSCHADEN-BEOBACHTUNGSSYSTEM

EINFÜHRENDER ÜBERBLICK

von

Markus Neumann

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 Zustandserfassung 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 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 und 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.

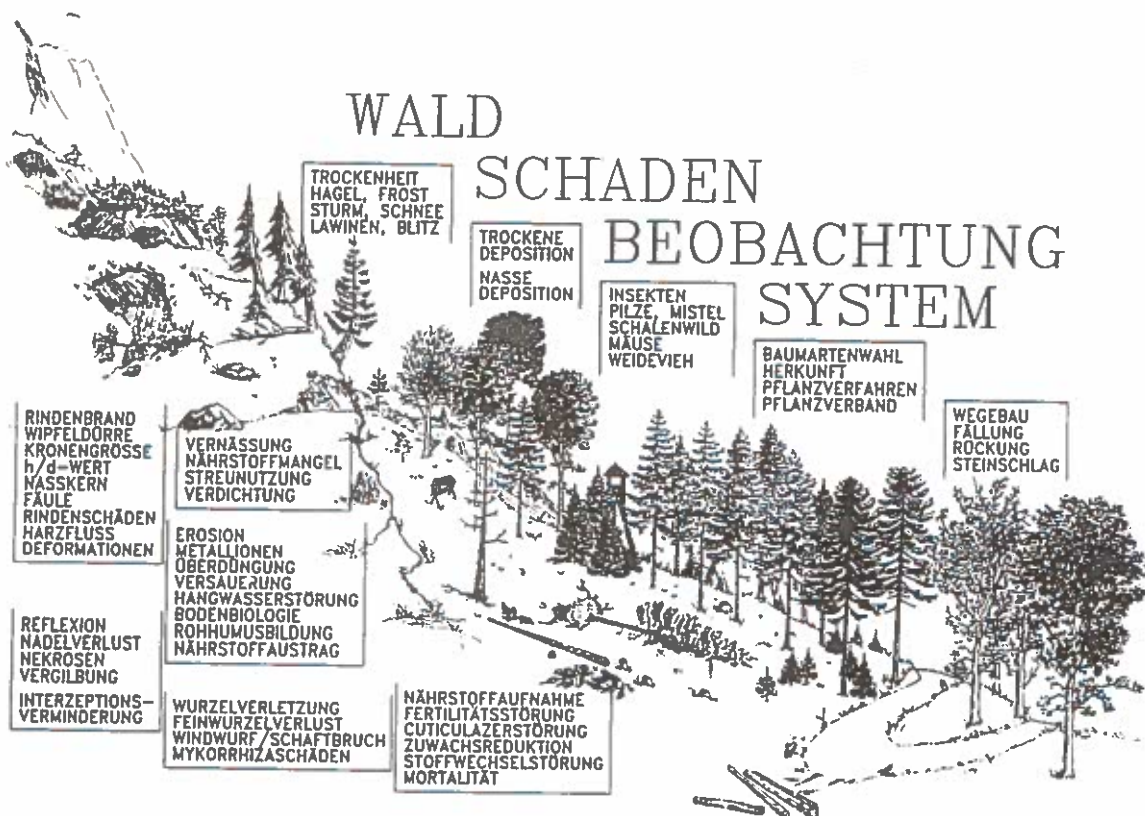


Abb.1: Wald und Einwirkungsfaktoren, sowie Auswirkungen.

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 (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-Aufnahmenetzes mit besonders schlechtem Kronenzustand ausgewählt und in das WBS-Aufnahmesystem eingebunden, um auch, durch die Rasterweite des WBS nicht repräsen-

tierte, Extrema zu erfassen. Die seit 1981 laufenden Erhebungen der ÖFI geben Informationen über bestandesspezifische 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 IM 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 identi-

fizierbaren Einzelbäumen in Beständen mit einsehbaren 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 (SO_2 , NO_x , O_3)
- ab 1991 gebietsweise flächendeckende Luftbildinventuren, mit 5-jährigem Wiederholungsintervall

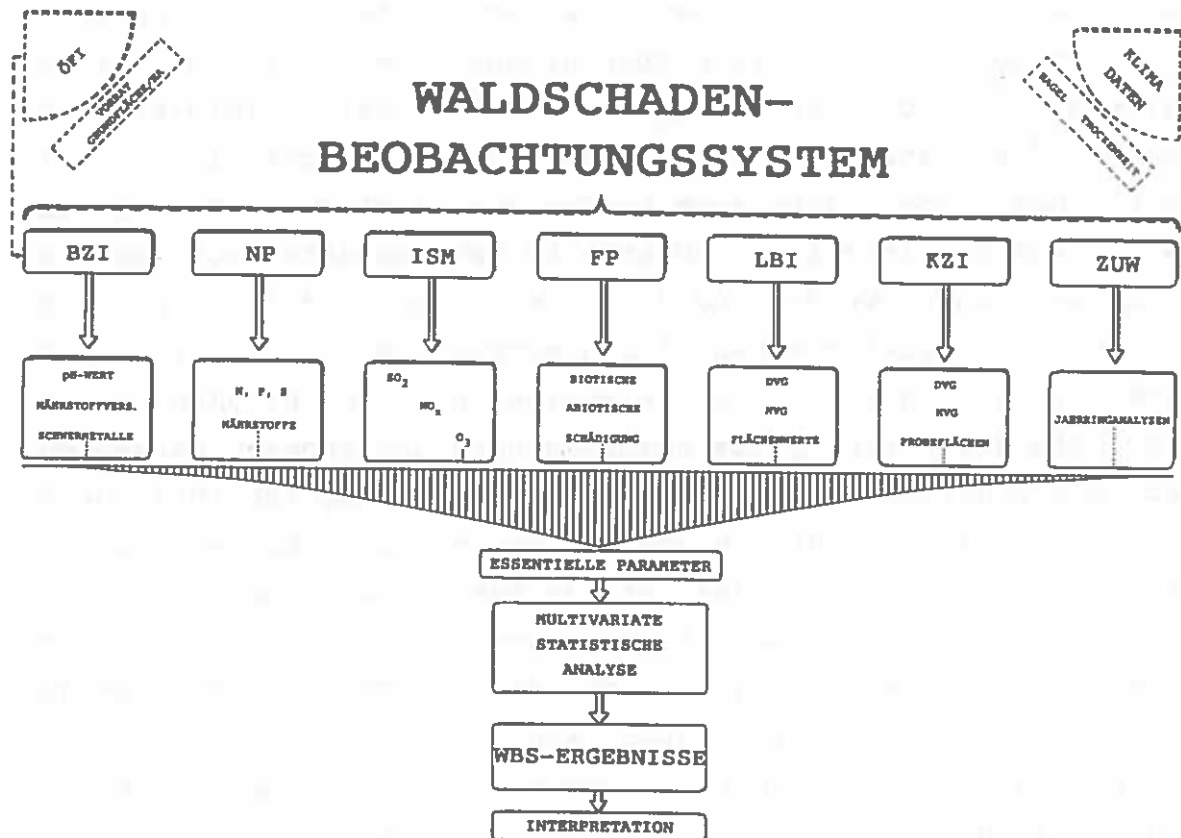


Abb 2: In das WBS derzeit eingebundene Teilprojekte (verändert nach KRISTÖFEL, 1990)

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.

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 Datenumfangs 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 141,163-188.

WALDBODENZUSTANDSINVENTUR
ZIELSETZUNGEN, METHODEN UND STAND DER ARBEITEN

von

Walter Kilian

1. ZIELE

Das interdisziplinäre Konzept des Waldschaden-Beobachtungssystems beinhaltet auch periodische bodenkundliche und vegetationskundliche Erhebungen. Damit sollen die Untersuchungen über den Zustand des Waldes unterstützt, Zusammenhänge mit dem Standort und dem Bodenzustand aufgedeckt und eine gesamtökologische Interpretation ermöglicht werden.

Gleichzeitig wird mit dieser bundesweiten Waldbodenzustandsinventur einer Forderung der Österreichischen Bodenschutzkonzeption nach Information über den Bodenzustand und dessen mittelfristige Veränderungen Rechnung getragen. Sie soll zur Früherkennung von Verlusten der Bodenfunktionen, der Gefährdung und Belastung durch menschliche Einwirkungen, insbesondere durch Deposition von Schadstoffen dienen. Dieser Aspekt hat mit dem zunehmenden öffentlichen Interesse an der Erhaltung des Bodens sogar Vorrang gewonnen.

Während bisher nur spärliche lokale Daten über die österreichischen Waldböden überhaupt vorliegen, können die Ergebnisse dieser systematischen Punkterhebung einen Überblick über die durchschnittlichen Eigenschaften regionaler Wald- bzw. Standortseinheiten und Auskunft über Normal- und Extremwerte der verschiedenen bodenkundlichen Parameter geben.

Schließlich können die einzelnen Dauerbeobachtungsflächen als Stützpunkte für lokale Fragestellungen und Einzelprojekte sowie für die Beratung wertvolle Dienste leisten.

2. METHODIK

Großer Wert wird auf die Synthese von Felddaten, Vegetationsaufnahme und Bodenanalysen gelegt, denn Analysendaten geben nur im Kontext mit allen anderen Parametern einen Sinn.

Die **Feldaufnahme** umfaßt daher eine eingehende **Standortsbeschreibung** nach EDV-gerecht normierten Kriterien wie :

Wuchsgebiet, klimatische Höhenstufe, Seehöhe, Exposition, Hangneigung, Groß- und Kleinrelief, bodenhydrologische Verhältnisse, bodenbildendes Ausgangsmaterial (Grundgestein, Deckschichten), Bodentyp und Vegetationstyp; weiters eine **pflanzensoziologische Aufnahme** und eine **komplette Beschreibung des Bodenprofils**.

Die **Bestandesbeschreibung** kann aus der allgemeinen Einrichtung der WBS-Probeflächen übernommen werden.

Bodenproben werden getrennt aus vier Tiefenstufen des Mineralbodens - jeweils Mischproben aus drei Profilgruben - sowie flächenproportional quantitative Mischproben aus dem Auflagehumus gewonnen. Die Probestellen sind den Nadelproben-Bäumen zugeordnet und zum späteren Wiederauffinden genau eingemessen.

Die **Bodenanalyse** umfaßt:

pH-Wert in CaCl_2 und H_2O ,

Carbonat, organischer Kohlenstoff, Gesamtstickstoff,

C:N-Verhältnis;

Gesamtvorrat an P, K, Ca, Mg sowie an den Schwermetallen Mn, Fe, Zn, Cu, Pb, Cd, Cr, Ni, Co, Mo aus dem Salpetersäure-Perchlorsäure-Aufschluß;

Korngrößenverteilung in sechs Fraktionen;

Kationenbelag mit K, Ca, Mg, Fe, Mn, Al und H nach der B/BT-Methode, Kationen-Austauschkapazität und Basensättigungsgrad.

Im Auflagehumus wird auf den Kationenbelag verzichtet, dafür wird zusätzlich Gesamt-Al aus dem Säureaufschluß bestimmt.

Alle Aufnahmeparameter entsprechen den Richtlinien des BMLF für Bodenzustandsinventuren bzw. den "Empfehlungen zur Waldbodenuntersuchung, welche beide unter Mitwirkung der FBVA von der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft erstellt wurden. Sie wurden inzwischen zum größten Teil als ÖNORM festgelegt. Die FBVA hat dazu in mehrjährigen Pilotprojekten und nicht zuletzt mit der beginnenden WBZI selbst wesentliche Entwicklungsarbeit geleistet.

Das Grundnetz der WBZI bietet Anknüpfungspunkte für forstliche Verdichtungsnetze und landwirtschaftliche Bodenzustandsinventuren der Länder. Sie wird inzwischen auch als Modell für ähnliche nun im Ausland anlaufende Erhebungen herangezogen.

Das relativ weitmaschige WBS-Netz mit Intensivuntersuchungen an insgesamt 534 Dauerbeobachtungsflächen wurde als realisierbare Alternative zu einer Einfacherhebung an einer großen Punktezahl gewählt.

Auf flächenbezogene Aussagen muß verzichtet werden; dazu wäre eine wesentlich größere Punktezahl erforderlich. Das Schwergewicht der Auswertung wird vielmehr auf der Charakterisierung ökologischer Einheiten und der Beobachtung von Veränderungen an der konkreten Dauerbeobachtungsfläche liegen.

Trotz der bedeutend höheren Intensitätsstufe sind die Erhebungen kompatibel mit der vergleichsweise einfacheren Standortsansprache der österreichischen Forstinventur. Durch die Identität der Probeflächen mit einer systematischen Auswahl aus dem wesentlich dichteren Punktenetz der Forstinventur sind daher über deren Felddaten durchaus auch einige flächenbezogene Angaben möglich.

Eine wertvolle Ergänzung können hier regionale Verdichtungsnetze bieten, wie sie von einigen Landesforstdiensten in Angriff genommen wurden. Als Beispiel kann das NÖ Verdichtungsnetz gelten, welches in enger Zusammenarbeit mit der FBVA von der Niederösterreichischen Landesforstinspektion erhoben wurde. Die gemeinsame Auswertung der solcherart verdoppelten Punktezahl in Niederösterreich läßt eine merkliche Vertiefung der Ergebnisse erwarten.

3. BISHERIGER STAND DER ARBEITEN

Die Feldarbeiten zur Erstaufnahme einschließlich Vegetationsaufnahme und Werbung der Bodenproben wurden 1989 am Grundnetz mit 514 Probeflächen 1989 abgeschlossen. Die Bodenanalysen wurden soeben fertiggestellt. Derzeit werden die restlichen Analysedaten von Tirol, Vorarlberg und Kärnten geprüft und in die Datenbank des Instituts für Standortskunde eingegeben. Mit der Auswertung und Interpretation der bereits verfügbaren Daten wurde begonnen.

Eine sinnvolle Auswertung erweist sich als recht aufwendig. Boden- und vegetationskundliche Untersuchungen führen stets zu einer unübersichtlichen Fülle von Einzeldaten, die erst in Kombination miteinander einen Sinn ergeben.

So fallen etwa die Gehalte von Inhaltsstoffen im Boden von zumindest 5 Tiefenstufen an, wobei der gleiche Betrag in jeder Tiefenstufe eine andere Bedeutung hat oder gar erst in Relation zueinander und zu anderen Parametern eine Aussage erlaubt. Um diese Daten für verständliche Übersichten oder Vergleiche zugänglich zu machen, müssen sie auf wenige, griffige Kennzahlen verdichtet werden. Aufwendige mathematische Verfahren sind dazu erforderlich, welche inzwischen eingeführt wurden. Sie werden in den nachfolgenden Beiträgen erläutert. In den bisherigen Ergebnissen sind sie aber erst probeweise angewendet.

Wesentliches Gewicht wird bei der Auswertung auf die Darstellung in Form von Karten gelegt. Trotz der geringen Punktedichte wird dadurch die Gruppierung vieler Parameter nach geomorphologisch-klimatischen Räumen deutlich erkennbar. Eine Zahl farbig geplotteter Karten liegt bereits vor; allerdings müssen einige noch um die Probeflächen der Bundesländer Tirol, Vorarlberg und Teilen von Kärnten ergänzt werden.

Zur mittelfristigen Beobachtung des Bodenzustandes sind periodische Wiederholungsaufnahmen in 5- bis 10-Jahresintervallen vorgesehen. Die genaue Periodendauer wird aufgrund laufender Pilotstudien, deren Feldaufnahmen 1990 abgeschlossen wurden, festgelegt werden.

In den nachfolgenden Beiträgen von M. Englisch, F. Mutsch und G. Karrer werden Auswertungsansätze und erste Ergebnisse über das derzeit verfügbare Datenmaterial vorgestellt.

Die Aufnahmemethodik der WBZI wurde in einer eigenen Publikation (FBVA-Berichte, Sonderheft 1990) eingehend beschrieben. Ebenso werden die Zwischenergebnisse zum derzeitigen Stand zugleich mit diesem Heft in einem gesonderten Band der FBVA-Berichte (Nr 48 1990) präsentiert. Soweit sich der Inhalt der Vorträge dieses Informationsseminars mit diesen Publikationen deckt, werden daher an dieser Stelle nur der Vollständigkeit halber Kurzfassungen wiedergegeben.

WALDBODENZUSTANDSINVENTUR
METHODISCHE ÜBERLEGUNGEN UND ERSTE ERGEBNISSE ZUR FRAGE
"BODENVERSAUERUNG"

von

Michael Englisch

1. MÖGLICHKEITEN UND GRENZEN DER AUSWERTUNG

Aufgrund des hohen Erhebungsaufwandes für den Einzelpunkt und der damit verbundenen relativ geringen Probeflächenzahl sind

- a. flächenbezogene
- b. auf politische Einheiten bezogene

Aussagen in den meisten Fällen nicht möglich. Daher blieb nur der Weg, chemische Parameter (Meßergebnisse) nach Standortmerkmalen und Bodencharakteristika zu stratifizieren und zu versuchen, auf diesem Wege ökologisch ähnliche Großlandschaften zu beschreiben und diese mit bereits beschriebenen, z.B. der Wachstumsraumgliederung, oder der geologischen Gliederung in Beziehung zu setzen.

Da erst die Ergebnisse der Ersterhebung vorliegen, können keine Trend- oder sonstige auf Zeiträume bezogene Aussagen oder Extrapolationen gemacht werden, umso mehr als 'unverschmutzte' Vergleichsstandorte nicht zur Verfügung stehen. Dies erschwert auch die quantitative Abschätzung des anthropogenen Schadstoffeintrags.

Um die oben angesprochenen ökologischen Großlandschaften auszuscheiden, ist Datenverdichtung und Interpretation mit den üblichen statistischen Mitteln Voraussetzung, die in diesem Vortrag das Schwergewicht bilden. Durch diese Methoden können jedoch nur wenige Merkmale gleichzeitig miteinander in Beziehung gesetzt werden. Daher werden darüber hinaus mit Hilfe von Fakto-

renanalyse und verschiedenen Clustermethoden komplexere, verknüpfte Modelle erstellt. Beispiele werden von Kollegen Dr. Mutsch für Schwermetalle sowie am Ende dieses Vortrags für das Thema Bodenversauerung vorgestellt. Eine Synthese dieser Ergebnisse wird im nachfolgenden gemeinsamen Beitrag "Waldbodenzustandsinventur - Ausblick" gegeben.

2. URSACHEN DER SÄUREBELASTUNG

Säurebelastung entsteht

1. direkt aus dem Eintrag von H^+ -Ionen
2. indirekt über säureproduzierende Substanzen.

Versauerung von Böden kann anthropogen durch den Input von H^+ -Ionen, durch saure Niederschläge und NH_4 , die Streunutzung sowie die Holzernte, auf natürlichem Wege durch das Bestandeswachstum und dem daraus folgenden Biomasseaufbau hervorgerufen werden. Durch die Nachlieferung von Kationen infolge der Gesteinsverwitterung kann der durch diese Vorgänge verursachte Verlust von Kationen je nach Standort längerfristig teilweise bis vollständig wieder ausgeglichen werden.

Die Säurebelastung durch die genannten Faktoren bewegt sich in folgenden Größenordnungen: (in kmol/ha.a, nach GLATZEL, 1988)

Bestandeswachstum	bis 1,3
Holzernte ohne Rinde	0,4
Vollbaumernte	1,4
Energiewaldernte	2,0-5,0
Streunutzung	4,0-6,0
NH_4 aus Landwirtschaft	bis 2,0
Säuredeposition	bis 1,2

3. PARAMETER ZUR CHARAKTERISIERUNG DES SÄURESTATUS VON BÖDEN

Der Säurestatus von Böden kann einerseits durch Indikatoren, zum Beispiel durch die Bodenvegetation und die Bodenfauna, andererseits jedoch durch chemische Parameter wie den pH-Wert, die Kationenaustauschkapazität und die Basensättigung oder V-Wert im Verein mit einigen anderen Parametern charakterisiert werden. Dies läßt eine Abschätzung der Versauerung(sgefährdung) eines Bodens zu.

Aus einer Abnahme des Boden-pH-Werts allein kann die Säurebelastung nicht unmittelbar abgeleitet werden. Bodenversauerung bedeutet Verlust an basischen Nährionen und an Pufferkapazität, Erhöhung der Al- und Fe- Konzentration in der Bodenlösung und bei höherem Säuregrad deren Auswaschung ins Grundwasser.

Parameter zur Charakterisierung des Säurestatus von Böden

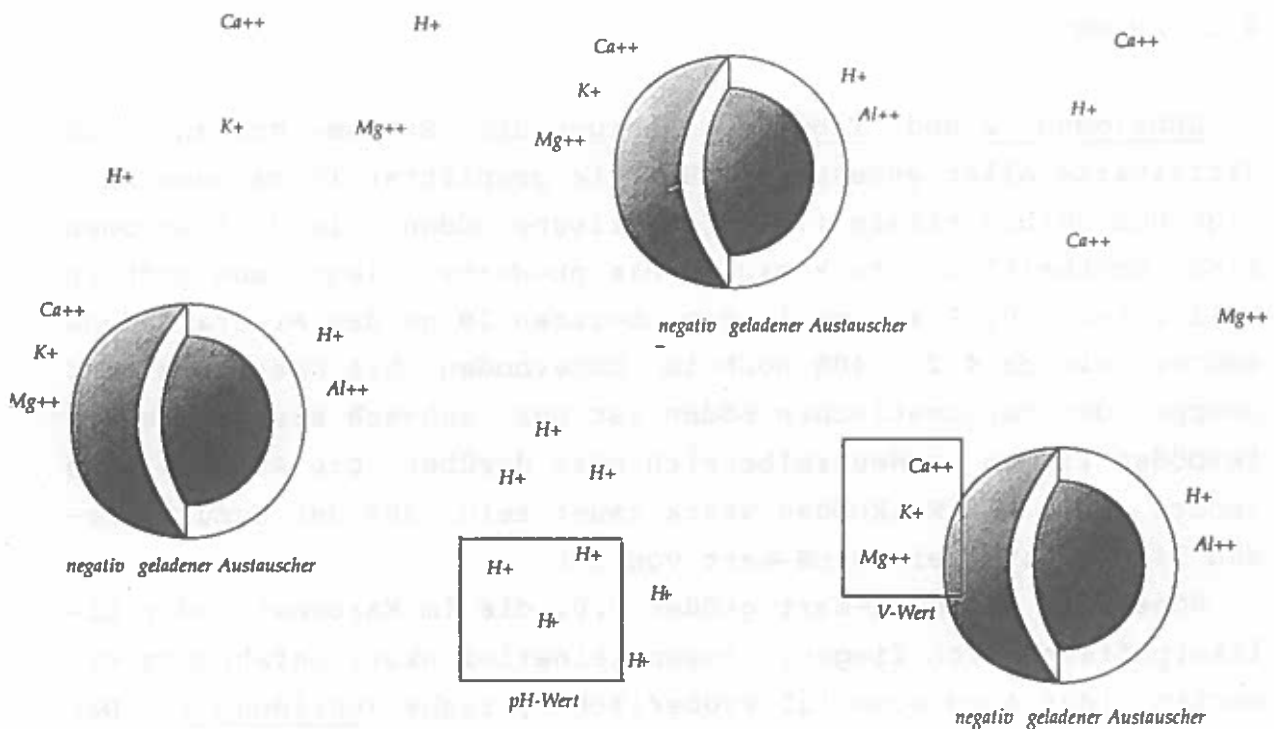


Abbildung 1

Verlässliche Aussagen bezüglich Versauerung(sgefährdung) werden erst mit dem Heranziehen der Kationenaustauschkapazität (KAK) und der Basensättigung, möglich. Die KAK ist das Maß für die Fähigkeit des Bodens, saure und basische Kationen austauschbar zu binden. Dies ist entscheidend für die chemische Filterwirkung des Bodens für Schadstoffe und die Speicherfähigkeit für leicht verfügbare Nährstoffe. Die Basensättigung wiederum ist der Anteil der basischen Kationen am gesamten Ionenbelag. In gewissen Grenzen sind diese Parameter bodentypspezifisch, d.h. verschiedene Bodentypen sind in unterschiedlichem Maße durch Versauerung gefährdet. (siehe Abbildung 1)

Die Fähigkeit des Bodens bis zu einem gewissen Grad Säuren zu neutralisieren, (abzupuffern) wurde durch ULRICH, 1983 als eine Reihe von chemischen Reaktionen beschrieben, die jeweils in bestimmten pH- Bereichen wirksam werden.

4. ERGEBNISSE

4.1. pH-Wert

Abbildung 2 und Tabelle 1 zeigen die Extrem- Median- und Mittelwerte aller gemessenen pH-Werte gesplittet in carbonathaltige und carbonatfreie i.e. silikatische Böden. Die Silikatböden sind mehrheitlich stark sauer. Die pH-Werte liegen zum größten Teil unter 5.0, 70% sind in den obersten 10 cm des Mineralbodens saurer als pH 4.2, 40% noch im Unterboden. Die Oberböden der Gruppe der carbonatischen Böden ist nur schwach sauer, die Unterböden liegen im Neutralbereich oder darüber. Die Auflage kann jedoch auch auf Kalkböden stark sauer sein. 30% der Humusauflagen liegen unter einem pH-Wert von 5.0.

Böden mit einem pH-Wert größer 5.0, die im Karbonat- oder Silikatpufferbereich liegen, lassen keinerlei akute Gefährdung erwarten (das sind etwa 160 Probeflächen, siehe Abbildung 3). Der Silikatpufferbereich ist überraschend gering besetzt: Offenbar gibt es nur wenige carbonatfreie Silikatböden, die noch nicht

Verteilung aller Böden auf pH-Bereiche
in % der jeweiligen Tiefenstufe
(pH in CaCl₂)

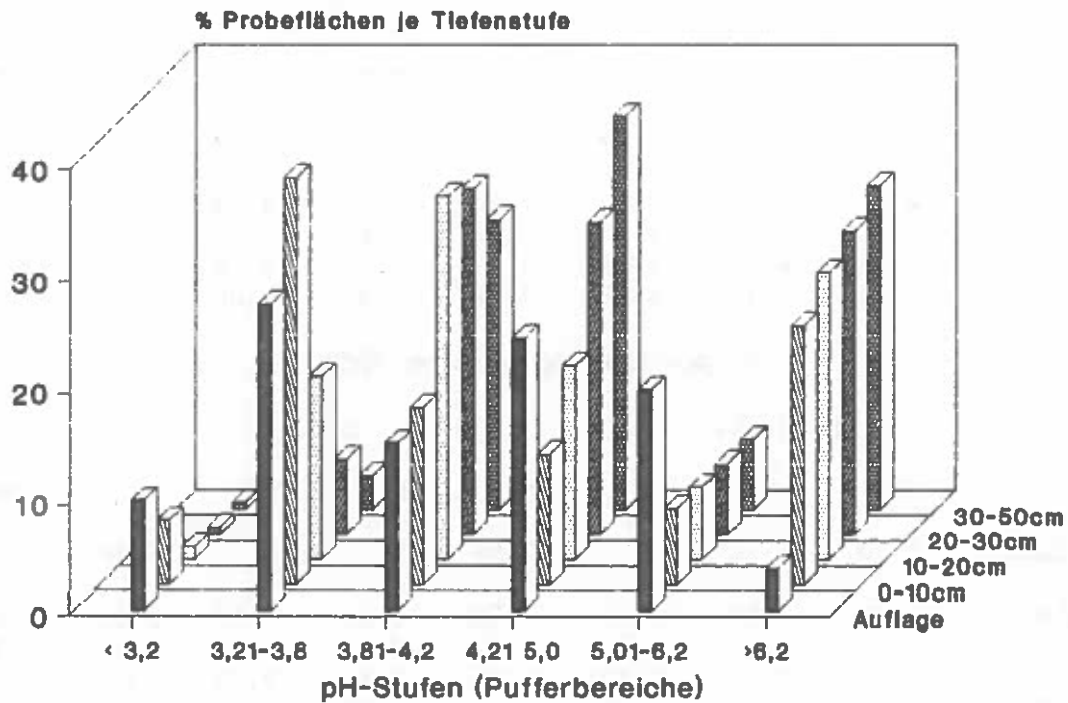


Abbildung 2

Wertebereiche der untersuchten Böden

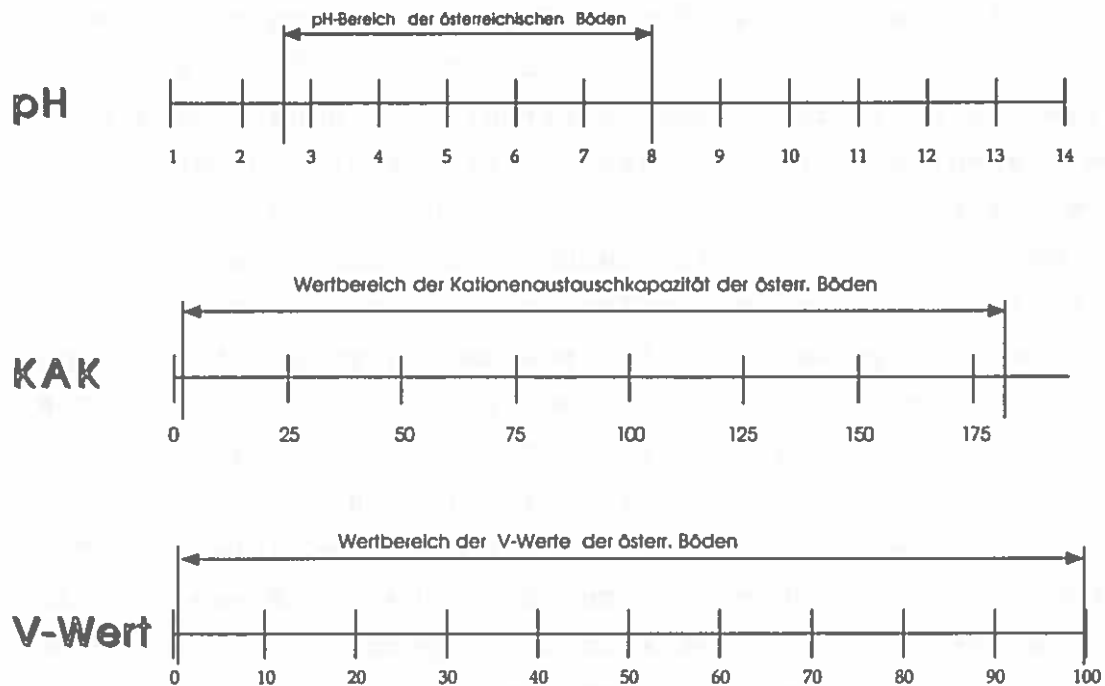


Abbildung 3

Tab. 1: Mittel- Median- und Extremwerte aller gemessenen pH-Werte

Gruppe karbonatfreie Böden								
	pH CaCl ₂				pH H ₂ O			
	min	med	$\bar{x}$	max	min	med	$\bar{x}$	max
Auflage	2,65	3,83	3,96	6,70	3,30	4,43	4,53	6,99
0 -10	2,73	3,79	3,91	7,29	3,30	4,29	4,42	7,66
10-20	2,89	4,06	4,18	7,20	3,45	4,54	4,67	7,49
20-30	2,95	4,23	4,35	7,18	3,63	4,68	4,83	7,84
30-50	3,14	4,37	4,51	7,20	3,92	4,86	5,00	7,92

Gruppe karbonathaltige Böden								
	pH CaCl ₂				pH H ₂ O			
	min	med	$\bar{x}$	max	min	med	$\bar{x}$	max
Auflage	3,20	5,20	5,21	7,09	3,92	5,64	5,66	7,43
0 -10	3,99	6,82	6,54	7,59	4,44	7,16	6,88	8,02
10-20	4,10	7,19	6,91	7,69	4,78	7,54	7,29	8,38
20-30	4,91	7,30	7,17	7,81	5,45	7,68	7,62	8,48
30-50	6,35	7,41	7,35	7,97	6,57	7,85	7,83	8,56

stärker ausgewittert oder zumindest im Stadium der beginnenden Versauerung sind. Bestände im Austauscherpufferbereich (etwa 60-120 Probeflächen, je nachdem auf welche Tiefenstufe Bezug genommen wird) zwischen pH-Wert 4.2 und 5.0 können aufgrund des schnellen Durchlaufs dieses Pufferbereichs Anpassungsschwierigkeiten haben, d.h. Nadel- oder sonstige Schädigungen aufweisen, da eine Umstellung auf saureres Milieu nicht möglich ist. Ab einem pH-Wert kleiner 3.8 (Aluminium- und Eisenpufferbereich) kann eine Beeinträchtigung der Pflanzen durch Al^{3+} und H^{+} -Ionen erfolgen. Das Ökosystem ist auf niedrigerem Niveau stabil, das Milieu für kalkliebende Arten jedoch äußerst ungünstig. (nach ULRICH, 1983) Dies trifft, je nachdem auf welche Tiefenstufe man sich bezieht, auf zwischen 86 und 193 Probeflächen zu.

Deutlich erkennbar ist die vertikale Differenzierung: Mit zunehmender Tiefe verschieben sich Böden aus den Eisen- und Aluminiumpufferbereichen in den Austauscherpufferbereich, welcher in der Klasse der Oberböden nur schwach besetzt ist.

Die vorhergegangene Aussage ist jedoch insofern zu relativieren, als ein Teil dieser Ökosysteme aufgrund von Klima und Ausgangsgestein (z.B. hochmontane Fi-Wälder auf Podsolen/Semipodsolen) dieser Entwicklung von Natur aus unterworfen war und Zeit zur Anpassung hatte.

Abbildung 4 zeigt die Verteilung der Mittelwerte des pH-Werts in CaCl_2 aufgeteilt nach Bodentypengruppen und Tiefenstufen. Deutlich erkennbar ist die durch bio- und anthropogene Einflüsse verursachte Versauerung des Oberbodens. Wie erwartet, zeigt sich eine deutliche Abgrenzung in carbonatische und nicht-carbonatische Böden sowie die Reihung Podsol, Semipodsol, magere Braunerden und eutrophe Braunerden. Die Auflagen der Semipodsole und Podsole liegen mit Werten zwischen 3,4 und 3,6 im ungünstigen, d.h. im Al/Fe-Pufferbereich. Dies ist jedoch für diese Bodentypen charakteristisch. Die sauersten Böden sind substratbedingt im Mühl- und Waldviertel, im Semmeringgebiet, im oberen Ennstal und klimabedingt in zentralalpinen Hochlagen zu finden.

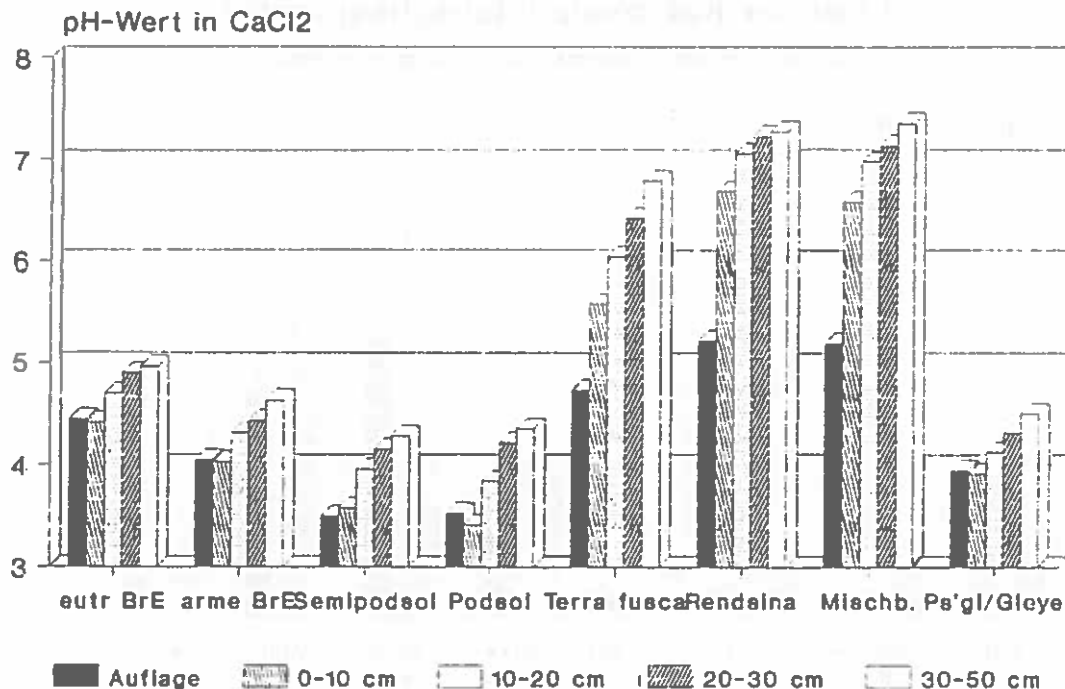


Abbildung 4

Rendsinen und Mischböden können nur aufgrund der pH-Werte nicht differenziert werden. Die Gruppe der entwicklungsge- schichtlich älteren Terraefuscae weist niedrigere Werte und einen steileren Anstieg der pH-Werte vom Oberboden zum Unterboden hin auf.

4.2 Puffervermögen

4.2.1 Kationenaustauschkapazität (KAK)

Tabelle 2 und Abbildung 5 zeigen Mittel- und Extremwerte der KAK stratifiziert nach Bodentyp und Tiefenstufe bzw. Carbonatgehalt. Wieder zeigt sich die deutliche Trennung zwischen Silikat- und Carbonatböden. Letztere besitzen im Mittel eine um 40 mmol Ieq/ 100g höhere KAK. Die Abnahme der KAK mit zunehmender Tiefe ist primär durch den dort geringeren Humusgehalt bedingt.

Mittel der Kationenaustauschkapazität
über Tiefenstufen u. Bodentypen

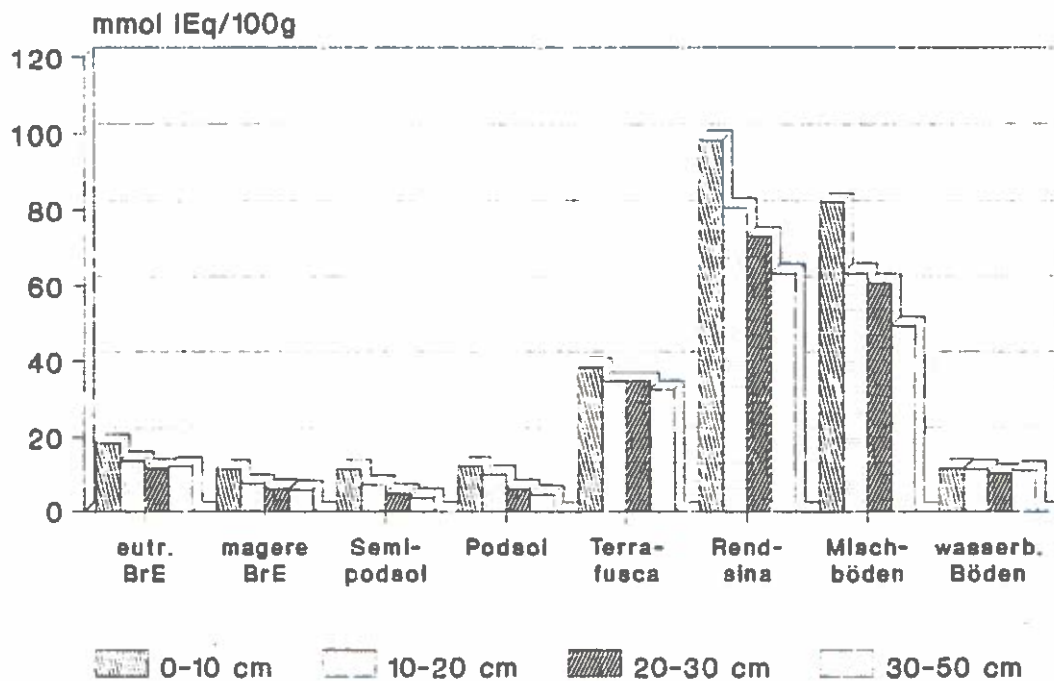


Abbildung 5

359 Probestellen
Österreich Ost und Salzburg

Tab. 2: Mittel- und Extremwerte der Kationenaustauschkapazität
(mmolIEq/100g Boden, "Ostösterreich", 339 Profile)

	karbonatfrei				karbonathaltig			
	min	med	$\bar{x}$	max	min	med	$\bar{x}$	max
0-10	2,63	10,96	14,52	132,67	15,90	58,74	66,75	174,13
10-20	1,87	6,68	10,01	147,00	10,24	40,18	51,18	138,10
20-30	1,26	5,07	8,41	115,25	8,35	39,30	46,67	189,60
30-50	0,97	4,69	8,54	122,65	6,34	32,30	39,02	131,46

Besonders gering ist die Austauschkapazität bei mageren Braunerden, Semipodsolen und Podsolen. Sie überschreitet im Mittel den Wert von 15 mmolIEq/ 100g nicht. Etwa 30-40% der Oberböden der mageren Braunerden und Semipodsole liegen sogar mit weniger als 5 mmolIEq/ 100g in überaus ungünstigen Bereichen, weitere 20-30% mit weniger als 10 mmolIEq/ 100g in ungünstigen Bereichen.

4.2.2 Basensättigung (V-Wert)

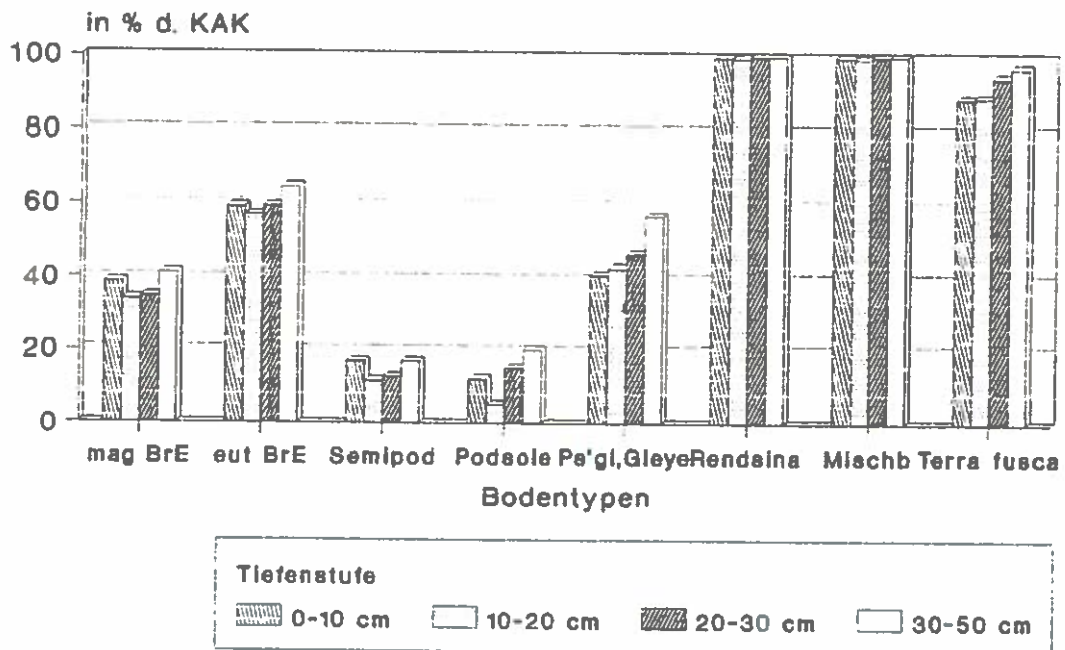
Die Basensättigung wird als Prozentanteil an der KAK angegeben. Sie läßt erkennen, wie weit der verfügbare Austauscher bereits durch Säurezufuhr verbraucht ist. Sie ist daher ein gutes Maß für die Bodenversauerung.

Carbonathaltige Böden sind zum größten Teil voll basengesättigt (siehe Tabelle 3 und Abbildung 6).

Tab. 3: Mittel- und Extremwerte der Basensättigung in den karbonatfreien Böden (Ostösterreich) in %

Tiefenst.	min	med	$\bar{x}$	max
0-10	1,7	25,8	38,3	99,9
10-20	1,4	18,4	33,8	99,9
20-30	0,9	22,3	35,9	99,9
30-50	0,3	33,6	42,8	99,9

V-Wert-Mittelwerte über Tiefenstufen u. Bodentypen



359 Probeflächen
Österreich Ost + Salzburg

Abbildung 6

Die Basensättigung ist auch auf Silikat im allgemeinen recht günstig. Der Mittelwert für carbonatfreie Böden liegt je nach Tiefenstufe zwischen 35 und 40%. Der wesentlich tiefer liegende Median, der im Bereich zwischen 20 und 30% gelegen ist, zeigt, daß vor allem die Gruppe der eutrophen Braunerden den Mittelwert nach oben "verzerrt".

Auch bei den anderen Bodentypen auf Silikat sind die Mittelwerte mit 10-20% (Semipodsole und Podsole) bzw. knapp 40% (mager Braunerden) nicht allzu ungünstig zu beurteilen. Es verbleiben etwa 70 Probeflächen, (d.s. etwa 20% der bisher ausgewerteten,) die sowohl eine KAK von weniger als 10 mmol/eq/100g als auch einen V-Wert, der kleiner als 10% ist, in zumindest 3 der 4 untersuchten Tiefenstufen aufweisen.

5. ZUSAMMENFASSUNG UND ZUKÜNFTIGE METHODIK

Abschließend lassen sich folgende Aussagen treffen:

1. Carbonatische Böden sind in Hinblick auf Versauerung ungefährdet (ausgenommen vielleicht sehr seichte Böden) und besitzen im allgemeinen hohe Pufferreserven. Sie sind teilweise oberflächlich etwas versauert (ca. 2 pH-Stufen), was jedoch der natürlichen Entwicklung entspricht, und bis auf wenige Ausnahmen durch den Einfluß der Auflage bewirkt wird.
2. Silikatische Böden sind mit Ausnahme eines Großteils der eutrophen Braunerden stark sauer. Sie liegen größtenteils im Aluminium- bzw. Eisenpufferbereich, und besitzen durchschnittlich geringe Kationenaustauschkapazität. Ihre Basensättigung ist relativ hoch. Dennoch liegen die Werte für die austauschbaren Basen (Kationenaustauschkapazität mal Basensättigung) für Semipodsol, Podsol und magere Braunerden unter 200 kmol-Ieq/ha und damit bei ca. 5-10% der Werte für carbonatische Böden. Die Pufferreserven scheinen damit erschöpft.

Etwa 70 Probeflächen, das sind etwa 20% der bisher untersuchten Punkte weisen in allen Tiefenstufen extrem niedrige (V-Wert < 10%, KAK < 10 mmol-Ieq/100g) Werte auf, und scheinen damit gegenüber Versauerungsschüben zumindest mittelbar gefährdet zu sein.

Diese Punkte wurden einer Hauptfaktorenanalyse unterzogen, deren Ergebnisse in Abbildung 7 graphisch aufbereitet sind. Lange, mit der X- beziehungsweise Y-Achse größere Winkel einschließende Vektoren sind dabei als für das Modell bedeutsame Faktoren zu interpretieren. Richtungsgleiche oder -ähnliche Vektoren signalisieren statistisch gesicherte Korrelationen.

Nach diesem Modell ist die Gruppe der gefährdeten Böden vor allem von in der hochmontanen Klimastufe gelegenen, mageren Braunerden, die als Vegetationstyp den AHD-Typ aufweisen, und Semipodsolen, die in der mittelmontanen oder tiefsubalpinen Klimastufe liegen, bestimmt.

Ergebnis einer Hauptfaktorenanalyse
für Probestflächen mit
V-Wert < 10 %
KAK < 10 mmol/eq
n=72

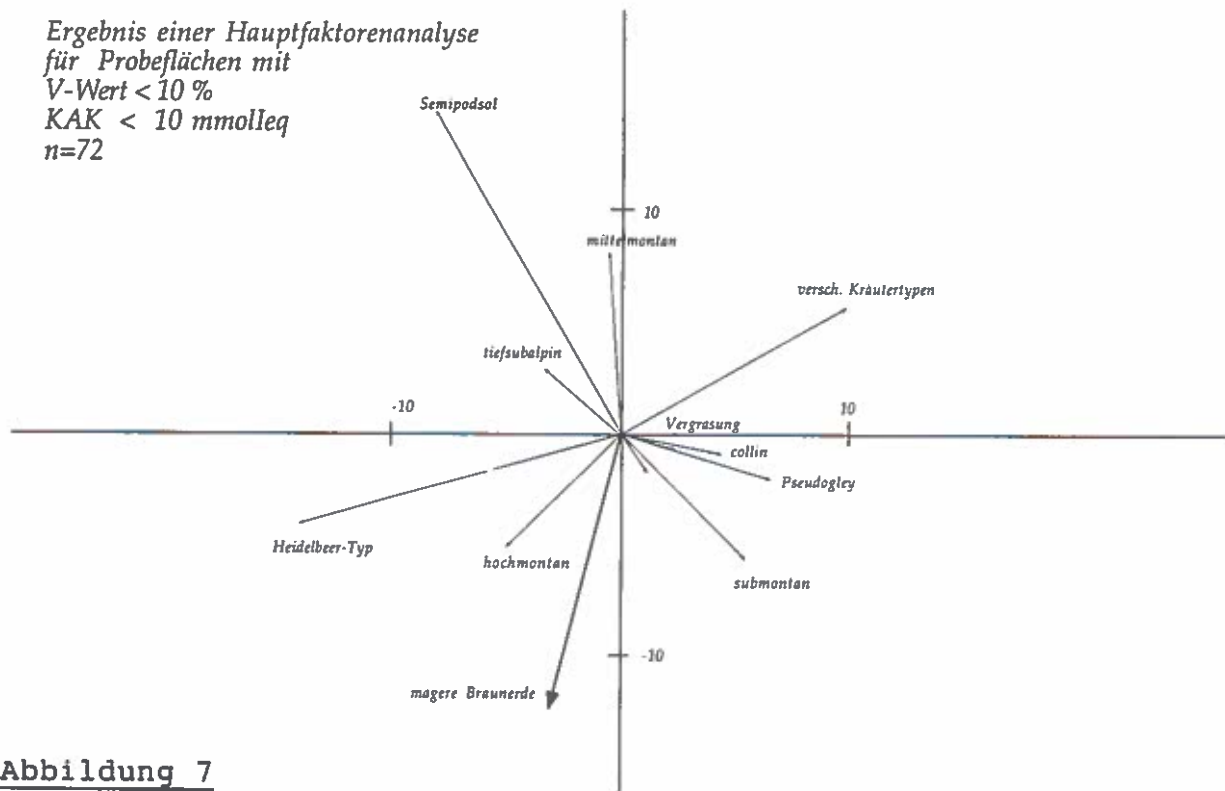


Abbildung 7

Kompliziertere Modelle, die eine Vielzahl von Parametern untereinander in Verbindung setzen, werden die weitere Auswertung bestimmen und dazu dienen, gefährdete Standorte möglichst detailliert zu beschreiben und die Ergebnisse statistisch abzusichern.

WALDBODENZUSTANDSINVENTUR
METHODISCHE ANSÄTZE ZUR "VERDICHTUNG" VON CHEMISCHEN
ANALYSENDATEN BEI BODENUNTERSUCHUNGSNETZEN

von

Franz Mutsch

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Bei großen Datenmengen, wie sie bei Bodenzustandsinventuren anfallen (die österreichische Waldbodenzustandsinventur liefert ca. 50.000 chemische und physikalische Einzelwerte), erhebt sich die Frage, wie läßt sich eine solche Datenfülle bodenanalytischer Einzelergebnisse übersichtlich darstellen, wie macht man sie verwertbar für Fragestellungen aus anderen Fachgebieten wie z.B. Feldbodenkunde, Vegetationskunde, Zuwachsuntersuchungen, Schadensansprachen, phytopathologische und immissionskundliche Untersuchungen?

Ein entsprechendes Konzept wird in dieser Arbeit in Grundzügen vor- und zur Diskussion gestellt. Dabei werden die einzelnen Schritte dieser "Verdichtungsmethode" erläutert und begründet. Auf die mengentheoretischen und statistischen Grundlagen wird dabei nicht näher eingegangen, ebenso nicht auf die EDV-mäßige Umsetzung. Als essentielle Bestandteile dieser Auswertung - sie werden von Dr. Hacker durchgeführt - werden diese Punkte in einer separaten Publikation diskutiert werden.

Will man Datenstrukturen verdichten, d.h. vereinfacht darstellen, so ist der Preis, der für jede Vereinfachung zu bezahlen ist ein Informationsverlust; der Gewinn besteht darin, daß vorhandene Gesetzmäßigkeiten klarer hervortreten als in Originaldaten.

2. PARAMETER ZUR CHARAKTERISIERUNG VON PROBEFLÄCHEN

In unserem Fall ist es das Ziel, aus einer Gesamtheit von Objekten, konkret den Probeflächen der Waldbodenzustandsinventur (WBZI), Auswahlen mit möglichst hoher Homogenität (Gleichmäßigkeit) zu finden. Dazu ist es zunächst notwendig zu klären, welche Eigenschaften für die Charakterisierung der zu klassifizierenden Probeflächen herangezogen werden sollen. Es sind dies in einem ersten Schritt (nahezu) sämtliche chemische Analysenparameter (inklusive errechneter Parameter rund 30 pro Mineralbodenhorizont). Die Vielzahl der Parameter zwingt zur Unterteilung in beispielsweise 5 getrennt zu verrechnende Gruppen, die folgendermaßen zusammengesetzt sein könnten:

- Gruppe 1 ("Allgemeine Parameter"):
pH, C(org), N(tot), C:N-Verhältnis,
Kationenaustauschkapazität (KAK),
Basensättigung (V-Wert)
- Gruppe 2 ("Hauptnährstoffe"):
 K_2O , CaO, MgO
- Gruppe 3 ("Schwermetalle"):
Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni, Pb
- Gruppe 4 ("Kationenbelag"):
 K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} ; Mn^{++} , Al^{+++} , Fe^{+++} , H^+
- Gruppe 5 ("Prozentanteile der Kationen an der Kationensumme"):
 $\%K^+$, $\%Ca^{++}$, $\%Mg^{++}$;
 $\%Mn^{++}$, $\%Al^{+++}$, $\%Fe^{+++}$, $\%H^+$

3. TRANSFORMATION VON ANALYSENDATEN

Am Beispiel der Schwermetallgruppe sollen die weiteren Schritte erläutert werden:

Die Bodenproben wurden auf jeder Probefläche getrennt nach Tiefenstufen (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm und 30-50 cm) gewonnen und analysiert. Für die meisten Fragestellungen ist eine getrennte Betrachtung der Tiefenstufen wichtig, für eine umfassen-

de Perspektive aber hinderlich. Es liegt daher nahe, einen Mittelwert aus den 4 Tiefenstufen zu bilden und mit diesem weiterzurechnen. Da aber die meisten Parameter einen ausgeprägten Gradienten im Profil aufweisen, ist eine solche Mittelwertbildung aus bodenkundlicher Sicht nicht tolerierbar.

Es setzt daher die erste Transformation der Analysendaten bereits an den gemessenen Werten der einzelnen Tiefenstufen an: Für die Beschreibung der Schwermetallausstattung der einzelnen Tiefenstufen eines Probepunktes werden daher die Analysendaten von Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni und Pb herangezogen. (Diese Merkmalsbeobachtungen sind Dezimalzahlen, haben verschiedene Variationsbreiten und die Verteilung der Meßwerte für die einzelnen Merkmale ist nicht einfach oder einheitlich beschreibbar.) Über eine Beschreibung hinaus bieten die einzelnen Analysendaten aber auch die Möglichkeit, die Stellung einer bestimmten Tiefenstufe eines Probepunktes innerhalb einer größeren Menge, also innerhalb der gleichen Tiefenstufe der übrigen Probepunkte zu definieren: So wird eine Tiefenstufe eines Probepunktes durch ihren Schwermetallgehalt nicht bloß beschrieben, sondern es können durch Ergänzungen wie z.B. sehr niedriger Gehalt an Cu, niedriger Gehalt an Zn, hoher Gehalt an Pb usw., Angaben über ihre Position im Vergleich zu allen anderen (gleichen !) Tiefenstufen erweitert und präzisiert werden.

Zur Charakterisierung der einzelnen Tiefenstufen von Probenflächen in der vorliegenden Arbeit sind daher 10 (möglichst gleich mächtige = gleich stark belegte) Rangklassen (sie entsprechen den 10er Percentilen) eingeführt, die wie folgt interpretiert werden können:

1 = extrem wenig	6 = durchschnittlich (+)
2 = sehr wenig	7 = mäßig viel
3 = wenig	8 = viel
4 = mäßig wenig	9 = sehr viel
5 = durchschnittlich (-)	10 = extrem viel

Sind für sämtliche Tiefenstufen einer Probefläche diese Transformationen von gemessenen Werten in Rangklassen erfolgt,

so ist zur Reduzierung der Datenmenge eine Mittelwertbildung nunmehr über die Rangklassen der einzelnen Tiefenstufen vertretbar (siehe Abb. 1).

Transformation der Meßwerte von Gesamt-Blei auf der Probefläche 612/705

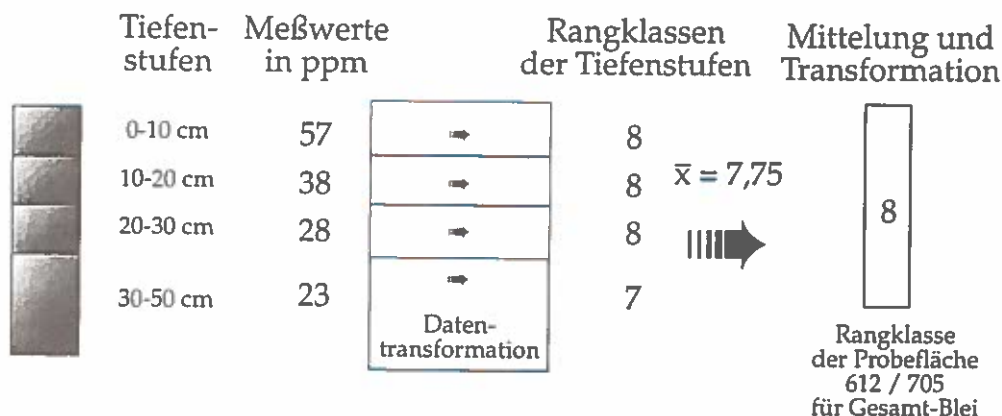


Abbildung 1: Vorgang der Transformation anhand des Elementes Pb (Probefläche 612 705) von den gemessenen Analysendaten der einzelnen Tiefenstufen zur Rangklasseneinstufung der Probefläche in bezug auf Pb. Rangklasse 8 (viel Pb) bedeutet, daß rund 70% der Probeflächen niedrigere Pb-Gehalte aufweisen und rund 20% höhere Pb-Gehalte.

Die Rangklassengrenzen werden von der Methode her so gewählt, daß - wie auch schon weiter oben erwähnt - jeweils 10 Rangklassen pro Beobachtungsreihe (also für alle 7 untersuchten Schwermetalle) gleich stark belegt sind. Im vorliegenden Beispiel (silikatische Böden der WBZI-Flächen der Bundesländer Bgld, NÖ, OÖ, Sbg, Stmk), bei 253 zu verrechnenden Probeflächen, erfaßt eine Rangklasse daher 25 oder 26 Probeflächen.

Tabelle 1: Rangklassengrenzen für Pb in ppm, getrennt nach Tiefenstufen

Rangklasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0-10 cm	20	25	29	31	36	40	47	57	73	336
10-20 cm	14	19	22	24	26	29	34	39	51	171
20-30 cm	11	14	17	19	21	24	27	32	38	125
30-50 cm	9	13	15	17	19	21	24	28	35	93

Abb. 1 und Tab. 1 zeigen, daß trotz sehr unterschiedlicher Absolutgehalte in den einzelnen Tiefenstufen gleiche oder benachbart liegende Rangklassen erhalten wurden, da die Rangklassengrenzen in den einzelnen Tiefenstufen stark verschoben sind.

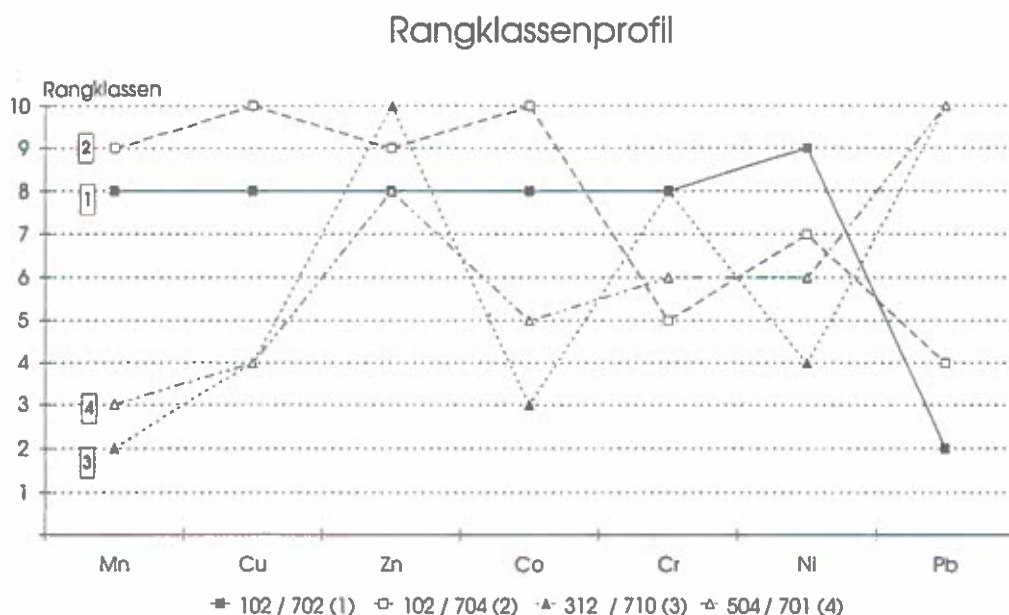
4. ERFASSUNG VON PROBEFLÄCHEN MIT ÄHNLICHER CHEMISCHER ZUSAMMENSETZUNG

Da nicht nur die Pb-Werte, sondern auch die Werte der übrigen Schwermetalle in der beschriebenen Weise transformiert werden, entsteht für jede Probefläche ein sogenanntes "Schwermetallprofil" (vgl. Abb. 2; 4 Schwermetallprofile sind dargestellt). Jede Probefläche aus der Gesamtmenge der Probeflächen ist dann einer Beschreibung durch (in unserem Fall 7) Rangklassenziffern (für Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni und Pb), die anstelle der jeweils 4 gemessenen Werte verwendet werden, zugeordnet. Damit ist unmittelbar eine einfache Charakterisierung der Probeflächen in bezug auf ihre Schwermetallausstattung möglich.

Mit Hilfe der "Verdichtungsmethode" sollen aus der Gesamtanzahl der Probeflächen diese Typen clusterartig herausgeschält werden, die ein möglichst ähnliches "Rangklassenprofil" aufweisen. Hohe Ähnlichkeit besteht dann zwischen zwei Objekten (WBZI-Flächen), wenn sie bezüglich der einzelnen Merkmale möglichst oft die gleiche Rangklasse belegen, oder jedenfalls häufig nahe beisammenliegende Rangklassen aufweisen (vgl. Abb.2).

Abb. 2 ist zu entnehmen, daß die "Schwermetallprofile" 1 und 2 bzw. 3 und 4 jeweils eigenen Typen zuordenbar sind. Der Typ 3/4 ließe sich etwa folgendermaßen beschreiben: wenig Mn, mäßig wenig Cu und Co, sehr viel Zn, mäßig viel Cr, durchschnittlich viel Ni, extrem viel Pb; der Typ 1/2 verfügt über viel Mn und Zn, sehr viel Cu und Co, eher überdurchschnittlich viel Cr, viel Ni und wenig Pb.

Abbildung 2: Schwermetall-Rangklassenprofile von 4 Probeflächen



Auf Grund dieser Rangklassenprofile lassen sich mit geeigneten Programmen (also durch automatische Klassifikation) Standorte mit ähnlichen chemischen Eigenschaften, in diesem Fall mit einer ähnlichen Schwermetallverteilung, finden und beschreiben.

Tabelle 2: Ein durch automatische Klassifikation gebildeter, "vollständiger" Schwermetalltyp, der sich aus 6 WBZI-Flächen zusammensetzt. Zusätzlich zur Rangklassenverteilung für die einzelnen Flächen sind die Probeflächennummern und die Mittelwerte der Rangklassen für jedes Element inkl. Standardabweichung angeführt. (Durch Vergleich mit Tabelle 1 lassen sich die Absolutwerte für Pb anschätzen.)

Flächen Nr.	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb
312703	3	6	9	4	7	6	10
312710	2	4	10	3	8	4	10
504701	3	4	10	8	5	6	10
504702	2	5	5	2	5	5	9
612708	1	6	7	4	5	4	9
612709	2	5	9	6	5	7	8
Mittelwert	2,17	5,00	8,00	4,00	6,00	5,33	9,33
Std.Abw.	0,75	0,89	1,79	1,41	1,26	1,21	0,82

Die durch die automatische Klassifikation gebildeten Typen sind unterschiedlich groß (abhängig vom (variierbaren) Homogenitätsgrad). Im konkreten Fall umfassen die verschiedenen Schwermetalltypen zwischen 2 und 28 Probeflächen. Je geringer die Anforderung an die Homogenität ist, desto mehr Objekte können einem Typ zugeordnet werden und desto geringer wird entsprechend die Zahl der Typen. Einer damit erreichten besseren Übersichtlichkeit steht eine größere Inhomogenität der einzelnen Typen gegenüber.

Analog zum Schwermetallbeispiel lassen sich auch Typen innerhalb der übrigen 4 schon eingangs erwähnten Gruppen bilden.

In einem letzten Schritt lassen sich schließlich sogenannte "Makrotypen" formulieren, die nicht nur bezüglich einer Merkmalsgruppe, wie etwa den Schwermetallen, sondern bezüglich mehrerer Merkmalsgruppen einen Typus bilden. Dazu ist es notwendig, aus den -auf dem beschriebenen Weg- erhaltenen Daten "Verwandtschaftsmatrizes" aufzustellen. Ein auf diese Weise erhaltener Typus von Probeflächen könnte beispielsweise folgende Beschreibung aufweisen: überdurchschnittlich hohe pH-Werte, recht enges C:N-Verhältnis, gute Ausstattung mit Hauptnährstoffen, insbesondere Mg, durchschnittlich hohe Schwermetallgehalte mit Ausnahme von Pb (sehr wenig), hohe Basensättigung mit überdurchschnittlichen Anteilen an K und Mg ...

5. ERFORDERNISSE FÜR DIE ANWENDUNG DER VERDICHTUNGSMETHODE

Aus dem bisher Gesagten wird deutlich, daß die Wahl eines geeigneten Distanz- oder Ähnlichkeitsmaßes, die Art der Datentransformation sowie die Auswahl der zu verrechnenden (bodenchemischen) Parameter oder Parameterkombinationen, Einfluß auf die Qualität der Ergebnisse hat. Spezielle Fragestellungen können - unter Beibehaltung des Grundprinzipes dieser Methode - andere Rangklassenformen (beim pH-Wert z.B. Gliederung nach Pufferbereichen) oder andere Parameterauswahl notwendig erscheinen lassen.

6. ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN

Als Ergebnis können Probeflächen oder Standorte mit bestimmten (formulierbaren) chemischen Eigenschaften abgefragt und auch kartographisch dargestellt werden (z.B. besonders stark versauerte Standorte mit geringer Basensättigung, Standorte mit hohen Gehalten an toxischen Schwermetallen, "labile" versus "stabile" Standorte ...). Aus chemischer Sicht einheitliche Standorte können dann in Beziehung gesetzt werden zu (einzelnen oder kombinierten) Ergebnissen anderer Untersuchungen (z.B. Feldansprache, Vegetation, Mineralstoffgehalt von Nadel/Blatt, zuwachskundlichen oder forstpathologischen Ergebnissen, Immissionssituation ...). Es ist daher anzunehmen, daß das Erkennen ökologischer Zusammenhänge mit dieser Methode ermöglicht oder zumindest erleichtert wird.

WALDBODENZUSTANDSINVENTUR ÜBERBLICK ZUR SCHWERMETALLSITUATION ÖSTERREICHISCHER WALDBÖDEN

von

Franz Mutsch

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Diese Arbeit stellt erste Ergebnisse der Schwermetallsituation österreichischer Waldböden (vorerst nur unter Berücksichtigung der Bundesländer Bgld, NÖ, OÖ, Sbg und Stmk) vor. Im Jahr 1991 werden im Rahmen einer umfassenden und vollständigen Darstellung der Ersterhebung der österreichischen Waldbodenzustandsinventur (WBZI) die Daten der übrigen Bundesländer miteinbezogen und detailliert publiziert werden.

Ein Bericht über Schwermetallgehalte in Böden kann an der Nennung von "Grenzwerten" für maximale Schwermetallkonzentrationen nicht vorbeigehen. Der Erstellung solcher "Grenzwerte" lagen vor allem landwirtschaftlich orientierte Fragestellungen zugrunde. Z.B. gibt die ÖNORM L 1075 aus dem Jahr 1990 "Richtwerte" ausdrücklich nur für landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Böden an und schränkt überdies deren Gültigkeit auf bestimmte Böden ein. Es können daher solche "Richt-" oder "Grenzwerte" nicht kritiklos auf Waldböden übertragen werden. Wenn im folgenden dennoch die Werte dieser ÖNORM angeführt sind, so dienen sie als Orientierungshilfe. Liegen für ganz Österreich die Schwermetallgehalte von Waldböden vor, und ist der Grund ihrer unterschiedlichen Verteilung bekannt, so kann man der Erstellung von "Grenzwerten" für Waldböden nähertreten.

Gravierender als (toxischer) Überschuß ist hingegen bei essentiellen Schwermetallen Mangel. Es werden in dieser Arbeit daher sogenannte "untere Grenzwerte" für die Elemente Cu und Zn genannt, die möglichen Mangel anzeigen.

2. METHODE

Für die Analysen wurde der lufttrockene Feinboden mit einem Gemisch aus Salpetersäure-Perchlorsäure (ÖNORM L 1085) aufgeschlossen.

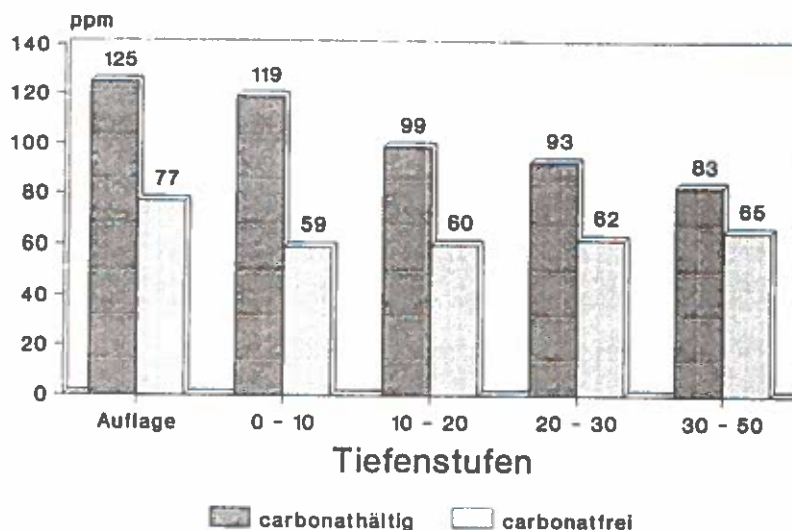
Da sich essentielle Unterschiede in der Schwermetallausstattung der Böden ergeben, abhängig davon, ob Kalkbeeinflussung vorliegt oder nicht, werden die Durchschnittsgehalte getrennt nach kalkbeeinflussten Flächen (102 Punkte oder 29 %) und kalkunbeeinflussten Flächen (253 Punkte oder 71 %) verrechnet. (Die kalkhaltigen Böden weisen dabei fast durchwegs die höheren Schwermetall-Gesamtgehalte auf.)

3. ERGEBNISSE

Zink

Zn ist ein essentielles Schwermetall. Die Gehalte karbonatbeeinflusster Böden liegen deutlich über denen kalkfreier Substrate. Die Durchschnittsgehalte auf Kalk nehmen konstant von der Auflage über die oberste Mineralbodenschicht hin zur untersten Tiefenstufe ab. Auf karbonatfreien Standorten sind ebenfalls in der Auflage die höchsten Gehalte zu finden, doch zeigt der Mineralboden die niedrigsten Werte in der obersten Tiefenstufe; mit zunehmender Tiefe steigen die Zn-Gehalte wieder an (vgl. Abb. 1).

Abbildung 1: Durchschnittsgehalte von Zink



Dieses unterschiedliche Verhalten von Zn auf unterschiedlichem Ausgangssubstrat hängt mit der pH-abhängigen Mobilität von Zn zusammen. Bei hohem pH-Wert (auf karbonatischen Böden) ist Zn kaum beweglich. Das großteils über den Bestandesabfall eingebrachte Zn wird aus dem Auflagehumus und den oberen Mineralbodenschichten nur sehr langsam in tiefere Schichten verlagert. Auf karbonatfreien Böden dagegen wandert das im sauren Milieu sehr mobile Zn rasch in tiefere Bodenschichten; diese weisen meist wieder etwas höhere pH-Werte auf, die die Beweglichkeit von Zn verringern und dadurch Anreicherung erlauben.

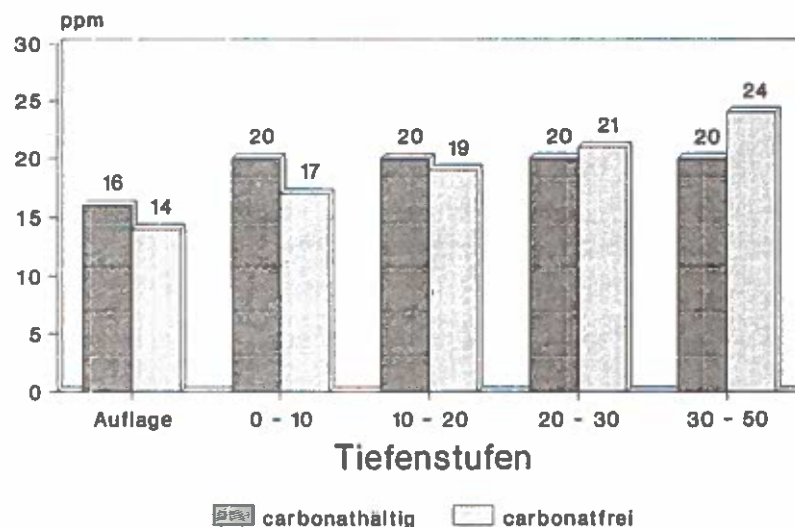
Der "Grenzwert" für obere Zn-Konzentrationen ist mit 300 ppm angegeben. Dieser Wert wird auf 3 Flächen für alle Tiefenstufen überschritten. Geogener Ursprung des Schwermetalles ist in diesen Fällen anzunehmen.

Bei Gehalten von 20 ppm und kleiner ist Mangel möglich. Dieser "untere Richtwert" wurde auf 15 karbonatfreien und einer karbonatbeeinflussten Fläche gefunden. Da die Zn-Verfügbarkeit auf Karbonatböden niedrig ist, ist auf dieser Fläche Zn-Mangel nicht nur wahrscheinlich sondern sicher.

Kupfer

Auch Cu ist ein essentielles Schwermetall. Auf karbonathaltigen Böden betragen die Durchschnittsgehalte aller Tiefenstufen des Mineralbodens 20 ppm. Auf karbonatfreien Böden steigen die Gehalte von der obersten Tiefenstufe (17 ppm) zur untersten Tiefenstufe (24 ppm) gleichmäßig an. Dabei verfügen die karbonatfreien Böden in den unteren Tiefenstufen sogar über etwas höhere Gehalte als Karbonatböden. Ursache dafür sind manchmal relativ Cu-reiches Ausgangsmaterial (Schiefer), und die in tieferen Bodenschichten höheren pH-Werte, die - ähnlich wie bei Zn - das im sauren Milieu mobile Cu in weniger bewegliche Formen überführen und somit seine Anreicherung ermöglichen. Die Cu-Konzentrationen der Auflagen betragen zumindest 80 % der obersten Mineralbodenschicht und stammen wohl vorwiegend aus dem Bestandesabfall (vgl. Abb. 2).

Abbildung 2: Durchschnittsgehalte von Kupfer



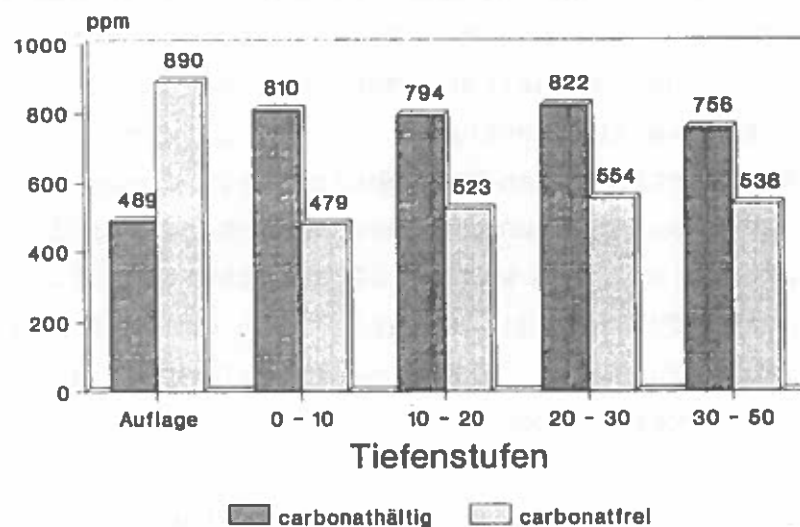
Der "Grenzwert" für obere Cu-Konzentrationen von 100 ppm wird nur auf einer Probestfläche für alle Tiefenstufen überschritten. Diese Überschreitung ist geogen bedingt.

Viel häufiger tritt jedoch Mangel auf. Bei Werten von 7 ppm und darunter ist Mangel möglich. 50 karbonatfreie und 5 karbonathaltige (sicherer Cu-Mangel) Böden weisen für sämtliche Tiefenstufen diese niedrigen Gehalte auf.

Mangan

Mn zählt ebenfalls zu den essentiellen Schwermetallen. Es zeigt ein besonders interessantes Verhalten: Während karbonathaltige Mineralböden deutlich höhere Mn-Gehalte aufweisen als karbonatfreie, verhalten sich die entsprechenden Humusauflagen genau umgekehrt (siehe Abb. 3): Verglichen mit den kalkhaltigen Mineralböden beträgt die durchschnittliche Mn-Konzentration der entsprechenden Humusauflagen nur 60%. Die Humusauflagen über karbonatfreiem Ausgangssubstrat zeigen hingegen im Verhältnis zum Ausgangssubstrat eine Mn-Anreicherung um über 180 %. Wie läßt sich diese unterschiedliche Mn-Akkumulation erklären?

Abbildung 3: Durchschnittsgehalte von Mangan



Mn wird bei hohen pH-Werten leicht festgelegt und ist als essentielles Spurenelement für die Pflanzen nur schwer verfügbar. Aus diesem Grund kann es auf kalkreichen Böden auch zu Mn-Chlorosen kommen. Auf sauren Böden ist Mn hingegen sehr mobil, und die Pflanzen nehmen die oft in reichlichem Überschuß angebotenen Mn-Ionen auch auf. Sie gelangen in die Nadel- oder Blattoorgane und von dort in den Bestandesabfall. In der chemischen Zusammensetzung des Auflagehumus macht sich dieses Phänomen - minimale Mn-Aufnahme auf Kalkböden, maximale Mn-Aufnahme auf sauren Böden - bemerkbar. So gesehen läßt sich die Analyse des Auflagehumus durchaus mit einer Nadel/Blatt-Analyse vergleichen.

"Grenzwerte" für Mn im Boden gibt es nicht, da Mn kein toxisches Schwermetall ist. Dennoch können sehr hohe Mn-Aufnahmen auf sauren Böden den Pflanzen Probleme bereiten. Zu Mn-Mangel kommt es vor allem durch Festlegung bei hohen pH-Werten (Mn-Chlorosen - vgl. die Aussagen weiter oben) oder durch Mangelausstattung auf extrem sauren Böden (z.B. Moorböden, deren eventueller Mn-Vorrat schon ausgewaschen ist). Richtwerte für möglichen Mn-Mangel können erst im Abschlußbericht über die Ersterhebung der WBZI angeführt werden.

Kobalt, Chrom, Nickel

Co, Cr und Ni sind für die Pflanzen nicht essentiell, in höheren Mengen sogar toxisch. Diese Tatsache spiegelt sich im Verhältnis der Gehalte Auflagehumus zu Mineralboden wider.

Die Gehalte des Auflagehumus an Co, Cr und Ni betragen nur rund 50 % der entsprechenden Gehalte der obersten Tiefenstufe des Mineralbodens. Mit zunehmender Bodentiefe wird das Verhältnis noch weiter. (Bei den essentiellen Schwermetallen Zn, Cu und Mn ist - wie angeführt - die Relation der Gehalte von Mineralboden zu Auflagehumus viel enger oder teilweise sogar zugunsten des Auflagehumus verschoben.)

Abbildung 4:

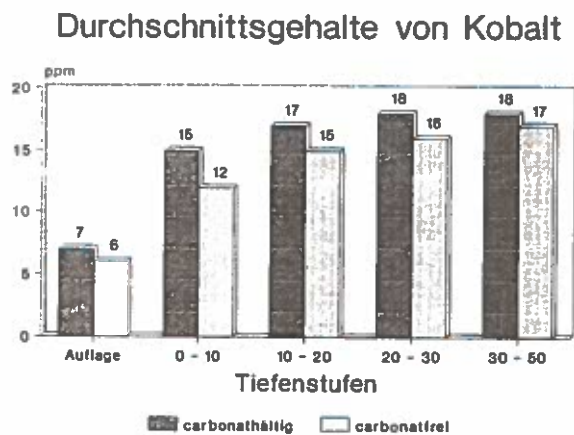


Abbildung 5:

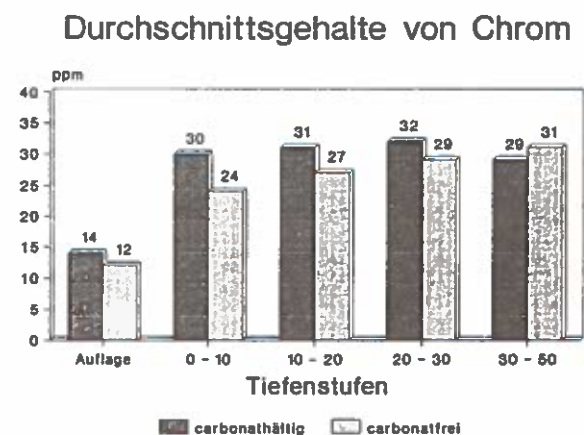
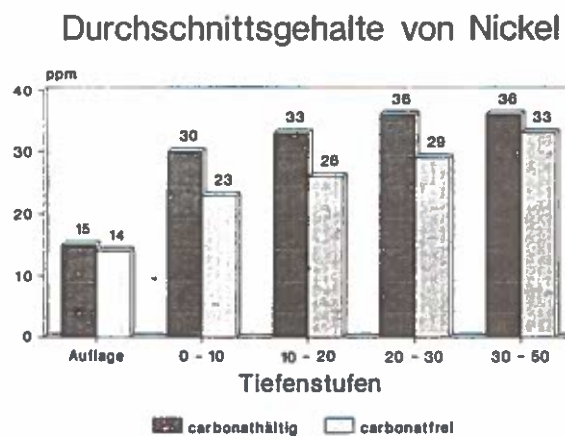


Abbildung 6:



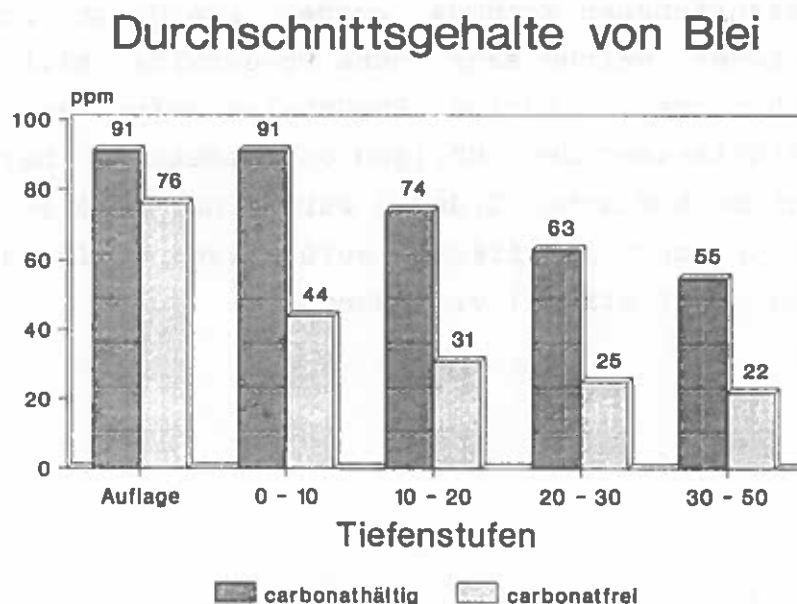
Diese biogen dominierten An- bzw. Abreicherungen der Schwermetalle im Auflagehumus, welche die Mineralstoffsituation der Assimilationsorgane teilweise widerspiegeln, zeigen deutlich, daß die Pflanzen manche Elemente bevorzugt aufnehmen oder benachteiligen können. Nach dem ökonomischen Prinzip werden nur für den Stoffwechsel notwendige Schwermetalle angereichert, nicht benötigte oder gar toxische Elemente nur in geringen Mengen in die Nadeln oder Blätter transportiert.

Der "Grenzwert" für Co beträgt 50 ppm. Er wird auf keiner Probefläche erreicht. Die "Grenzwerte" für Cr und Ni betragen 100 ppm bzw. 60 ppm. Beide "Grenzwerte" werden auf denselben 2 Flächen in der untersten Tiefenstufe überschritten: ein deutlicher Hinweis auf Serpentin als Ausgangsmaterial. Häufig ist auf solchen Standorten eine spezielle Vegetation ("Serpentinflora") zu finden, die an das extreme Mineralstoffangebot angepaßt ist.

Blei

Pb ist zweifelsfrei ein nicht essentielles sondern klar toxisches Schwermetall. Für karbonathaltige und karbonatfreie Böden gilt, daß der Auflagehumus die höchsten Gehalte aufweist. Es folgt für beide Ausgangssubstrate eine kontinuierliche Abnahme der Gehalte hin zur untersten Tiefenstufe (siehe Abb. 7).

Abbildung 7:



Die vorhin beschriebene Verteilung von essentiellen und nicht essentiellen Schwermetallen zwischen Auflagehumus und Mineralboden trifft für das toxische Pb nicht zu: Die hohen Gehalte des Auflagehumus würden fälschlicherweise entsprechende (biogene) Anreicherung von Pb über Assimilationsorgane und Bestandesabfall vermuten lassen. Es muß daher eine andere Ursache für die hohen Pb-Anreicherungen im Auflagehumus und die oberen Tiefenstufen des Mineralbodens geben.

Zwei umweltrelevante Eigenschaften des Pb könnten dafür Erklärungen liefern. Zum einen wird Pb häufig als Immissionsindikator angesehen: Die bekanntlich in sehr feiner Partikelgröße emittierten Pb-Verbindungen gelangen fernverfrachtet über den Luftpfad, ausgekämmt durch das Kronendach, schließlich auf den Waldboden. Zum anderen ist Pb ein sehr immobiles Element, welches nur langsam in tiefere Bodenschichten vordringt. (Mit Hilfe empfindlicher mathematischer Methoden können u. U. Pb-Anreicherungen aus Immissionen im Mineralboden erfaßt werden.)

Es ist nun bekannt, daß mit zunehmender Seehöhe die Depositionsraten aus der Fernverfrachtung, bedingt durch höhere Niederschläge (nasse Deposition) und höheren Luftdurchsatz (trockene Deposition), ansteigen. Stimmt die Immissionshypothese, so müßten Probeflächen mit höheren Pb-Gehalten höher gelegen sein und umgekehrt.

Mit Hilfe der im Beitrag 'Methodische Ansätze zur "Verdichtung" von chemischen Analysedaten bei Bodenuntersuchungsnetzen' beschriebenen Methode wurden nun diese "Schwermetall-Typen" gesucht, welche sehr hohe Pb-Gehalte, mittlere Pb-Gehalte und besonders niedrige Pb-Gehalte aufweisen, wobei auch die "Gehaltsklassen" der übrigen Schwermetalle berücksichtigt wurden. Aus methodischen Gründen wurden nur die Pb-Gehalte des Mineralbodens (auch langfristig zurückliegende Immissionsereignisse werden dabei erfaßt) verrechnet.

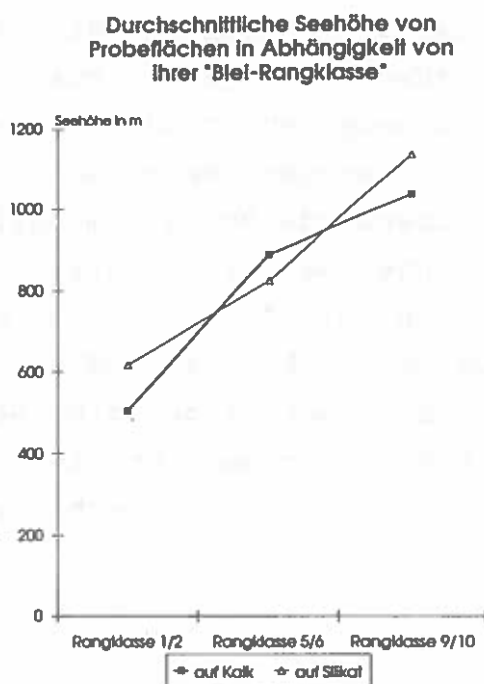


Abbildung 8: Steigende Pb-Gehalte im Mineralboden mit zunehmender Seehöhe sind klar ersichtlich. Die Rangklasseneinteilung dient zur Positionierung der Elementgehalte von Probeflächen: Rangklasse 1 umfaßt diese 10 % der Probeflächen, welche die 10 % niedrigsten Gehalte aufweisen; Rangklasse 10 umfaßt diese 10 % der Probeflächen, welche die 10 % höchsten Gehalte aufweisen... Die durchschnittliche Seehöhe von Probeflächen ist für das niedrigste, das mittlere und das höchste Rangklassenpaar, getrennt nach kalkhaltigem und kalkfreiem Substrat, angegeben.

Das Ergebnis ist eindeutig und hochsignifikant: Unabhängig von den "Gehaltsklassen" der übrigen Schwermetalle treten diese "Schwermetall-Typen" mit den höchsten Pb-Gehalten meist auf hochgelegenen Standorten auf, mit mittleren Pb-Gehalten meist auf mittelhoch gelegenen Standorten und mit den niedrigsten Pb-Gehalten meist auf den tiefgelegenen Standorten (vgl. Abb.8).

Dieses hochsignifikante Ergebnis ist zustande gekommen, obwohl aus aufnahmemethodischen Gründen einstweilen nur die absolute Seehöhe und nicht auch die Exposition einer Probefläche berücksichtigt werden konnte. Es kann angenommen werden, daß bei Einbeziehung des Faktors Exposition die Signifikanz noch schärfer wird.

Es ist daher davon auszugehen, daß die österreichischen Waldböden mit einem verschieden mächtigen "Grauschleier" von immittierten Pb - addiert zum geogenen Grundgehalt - überzogen sind. Dieses vor allem aus weiträumiger Verteilung von Luftverschmutzung und Fernfrachtung stammende Pb ist im Auflagehumus und den oberen Mineralbodenschichten deutlich stärker angereichert als in tieferen Bodenschichten. Die "Dicke" des "Grauschleiers" im Boden ist abhängig von der Höhenlage und der Exposition des Standortes. Sehr grob gesprochen liegen die Gehalte der dünnen Stellen des "Grauschleiers" zwischen 5 und 10 ppm, die der mächtigen Stellen bei 50 ppm mit Ausreißern nach oben.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Abschließend läßt sich feststellen, daß die Schwermetalle Cu und Mn sowie Co, Cr und Ni kaum, Zn vielleicht in geringem Maß durch anthropogene Einflüsse im Waldboden angereichert sind. Anthropogene Pb-Akkumulationen sind hingegen deutlich erkennbar. Unmittelbare Toxizitäten sind durch diese Pb-Gehalte wohl nicht gegeben, hingegen Anlaß für zukunftsorientierte Entscheidungen.

WALDBODENZUSTANDSINVENTUR
DIE VEGETATIONS-AUFNAHMEN UND MÖGLICHKEITEN IHRER
FORSTÖKOLOGISCHEN AUSWERTUNG

von

Gerhard Karrer

1. EINLEITUNG

Im Rahmen der österreichweiten Waldbodenzustandsinventur wurden neben den zahlreichen forstspezifischen, entomologischen und bodenkundlichen Daten auch die Artengarnituren der Strauch- und Krautschicht auf den Probeflächen erfaßt und mit Abundanz/Dominanz-Werten im Sinne von BRAUN-BLANQUET (1964) versehen. Ursprünglich (KILIAN 1989) bestand lediglich die Absicht, ergänzende ökologische Hinweise zu den Standortsparemtern über die Erfassung der häufigeren Pflanzenarten zu gewinnen.

Da die grobe Vegetationscharakterisierung mittels der forstlichen Vegetationstypen (HUFNAGL 1971) durch Hinzufügen lediglich einzelner, leicht kenntlicher oder dominanter Arten keine Zusatzinformation bringt, bemühte man sich bald, eine möglichst vollständige, quantitative Erfassung der Bodenvegetation (incl. Bodenmoose) zu erreichen. Dies war nur durch immensen Schulungs- und Kontrollaufwand möglich. Diese Aufwendungen mußten durch den leider sehr häufigen Personalwechsel noch vervielfacht werden.

Dem Hauptziel der Erfassung der gesamten Bodenvegetation - nämlich der Gewinnung zusätzlicher Information über den Standortscharakter und -zustand - gesellte sich sehr bald ein zweiter wesentlicher Aspekt hinzu. Wir kommen derart zu einem reichen Datenmaterial über die räumliche und zeitliche Korrelation des Vorkommens einzelner Pflanzenarten zu einzelnen Parametern der Bodenbeschreibung- und -analyse.

Alle Auswertungen stehen und fallen allerdings mit der Korrektheit der Artbestimmung und der Ansprache des quantitativen Auftretens. Dementsprechend wichtig sind Validitätstests der Urdatensätze und Reliabilitätstests daraus errechneter ökologischer Zeigerwerte. An den letztgenannten Tests arbeitet auch ein Diplomand der Universität für Bodenkultur - Herr F. PICHLER - unter unserer Betreuung mit.

2. METHODEN

Die Methodik der vegetationskundlichen Felderhebungen (incl. Entnahme und Verarbeitung von Belegexemplaren einzelner Pflanzen) ist vom Autor dieses Beitrags in KILIAN & MAJER (1990) ausführlich dargestellt.

Die einzelnen Vegetationsaufnahmen werden nach Revision aller noch fraglichen Pflanzenproben über das Programm EINGABE in das forstökologische Auswertungssystem FOREC (vgl. KARRER & ENGLISCH in Vorb.) eingeschleust. Über verschiedene Transformationen werden diese Datensätze für weiterführende Auswertungen umformatiert; z.B. in ORACLE-Formate (zwecks einfacher statistischer Auswertungen), in das OEKYSN-Format (zur Errechnung von Zeigerwertstatistiken) oder in das Cornell-Condensed-Format (für weiterführende komplexere Auswertungen mittels Ordinationen, Hauptkomponentenanalysen, Korrelationsanalysen, kanonische Korrespondenzanalysen, Clusterprogrammen, ranking, etc.).

Der bei ökologischen Fragestellungen häufig benutzten Methode der Bioindikation mittels ökologischer Zeigerwerte kommt bei unseren Untersuchungen besondere Bedeutung zu und bietet insbesondere die Möglichkeit, zeitliche Änderungen ökologischer Parameter indirekt mittels der gut interpolierenden floristischen Zusammensetzung der Probeflächen zu bestimmen. Eine Pflanze kann dann als Indikator verwendet werden, wenn die Beziehungen der Art zu bestimmten Standortsparemtern bekannt sind; danach kann man vom Vorkommen einer Art auf bestimmte Faktoren rückschließen. Hier steht also nicht die eher allgemein bekannte Bioindi-

kation in Bezug auf Schadstoffe im Vordergrund, sondern die Indikation bezüglich der ökologischen Standortparameter (BORNKAMM, 1987).

Da für Österreich derzeit noch kein überall anzuwendendes und vollständiges Zeigerwertsystem existiert, sind wir noch gezwungen, uns der Zeigerwerte aus Nachbarländern zu bedienen. Ihre Übertragbarkeit auf die gesamtösterreichischen Verhältnisse ist aber nur bedingt möglich. Daher arbeiten wir auch an einer für Österreich verbindlichen Zeigerwertliste - in enger Zusammenarbeit mit dem Projekt einer Neuen Flora von Österreich, welches am Botanischen Institut der Universität Wien verfolgt wird.

Bereits während der Einschulung und auch später wurden vom Autor dieses Beitrags oder auch gut geschulten Mitarbeitern Vergleichs- bzw. Kontrollaufnahmen durchgeführt.

3. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

Um den methodischen Teil unserer Auswertungen abzurunden, haben wir bereits alle Erstaufnahmen sowie alle Kontrollaufnahmen eingegeben, allerdings ohne die nachträglichen Bestimmungsergebnisse. Daher sind sämtliche hier vorgestellten Zahlen und Aussagen als provisorisch zu betrachten.

3.1. Der Einfluß falsch bestimmter Arten auf die Interpretationsmöglichkeiten mittlerer ökologischer Zeigerwerte:

Wie zu erwarten war, differierten die Art- bzw. Deckungswertansprachen durch die Arbeitsgruppen gegenüber denen des Autors oder auch denen bereits erfahrener Gruppen z.T. sehr stark.

Die Tabelle 1 zeigt ein solches Aufnahmepaar und die aus den Unterschieden resultierenden recht verschiedenen mittleren ökologischen Zeigerwerte. Bedeutende Differenzen können bei der Licht- und bei der Stickstoffzahl festgestellt werden. Die vom unerfahrenen Erheber nicht erkannten Arten sind offensichtlich

Tabelle 1: Original- und Kontrollaufnahme der Krautschicht des WBZI-Punktes 605/702; vom gleichen Tag, aber von unterschiedlich gut ausgebildeten Erheberrn.

Pflanzenart	Abundanz/Dominanz-Werte	
	Original	Kontrolle
Actaea spicata	1	1
Paris quadrifolia	+	+
Senecio fuchsii	+	1
Salvia glutinosa	1	1
Myosotis sylvatica	+	+
Urtica dioica	+	+
Carex digitata	+	+
Galium aparine	+	+
Dryopteris filix-mas	+	1
Daphne mezereum	+	+
Viola reichenbachiana	+	+
Fragaria vesca	+	+
Geranium robertianum	+	+
Sorbus aucuparia	+	+
Fagus sylvatica	+	+
Oxalis acetosella	+	+
Fraxinus excelsior	+	+
Gentiana asclepiadea	+	+
Luzula pilosa	+	+
Mycelis muralis	+	+
Aegopodium podagraria	+	+
Adoxa moschatellina		1
Athyrium filix-femina		+
Rubus fruticosus agg.		+
Ajuga reptans		+
Geum urbanum		+
Solidago virgaurea		+
Luzula luzuloides		+
Petasites albus		+
Rubus idaeus		+
Hieracium sylvaticum		+
Dryopteris carthusiana s.str.		+
Cardamine impatiens		+
Polystichum aculeatum		+
Poa nemoralis		+
Impatiens noli-tangere		+
Prunus spinosa		+
Artenzahl	21	37

Mittlere Zeigerwerte (in Klammer: gew. nach den Deckungswerten)

Licht	4,2 (4,1)	4,5 (4,4)
Temperatur	5,0 (5,0)	5,1 (5,1)
Kontinentalität	3,4 (3,5)	3,6 (3,6)
Feuchte	5,4 (5,4)	5,5 (5,5)
Reaktion	6,1 (6,1)	5,9 (5,9)
Stickstoff	6,5 (6,6)	6,2 (6,3)

solche, die offeneren Stellen bevorzugen, gleichzeitig aber geringere Nährstoffansprüche besitzen. Standorte auf silikatischem Gestein – wie der vorliegende – neigen im allgemeinen bei Lichteinfluß zur Verhagerung. Wären diese beiden Aufnahmen also Erst- und Wiederholungsaufnahme (nach 5 Jahren), so könnte man bereits von einem leichten Trend zur Verhagerung sprechen! Relativ gering sind die Differenzen beim mittleren Feuchtwert; durch die Darstellung der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Feuchtestufen (Abb. 1) lassen sich auch diese schwachen Unterschiede hervorheben. Die Feuchtestufen sind insgesamt stärker und etwas rechtslastig belegt, was sich aber kaum im Mittelwert niederschlägt.

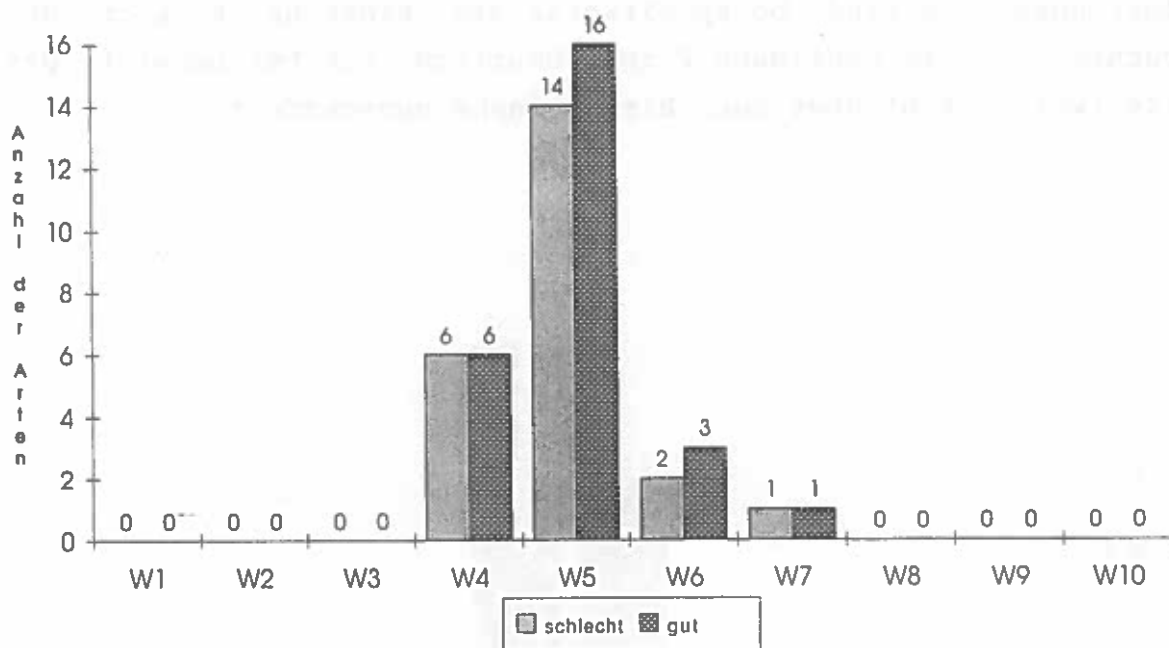


Abbildung 1: Häufigkeitsverteilung der Feuchtwerte für das Aufnahmepaar in Tabelle 1

Bei geringer Gesamtdeckung der Krautschicht sind die Anwendung nach der Dominanz der Arten gewichteten mittleren Zeigerwerten kaum verschieden.

3.2. Die Auswirkung jahreszeitlicher Schwankungen im Artengefüge der Aufnahmen:

Da die Erhebungsteams nur im Frühjahr (Mai + Juni) oder Herbst (September + Oktober) unterwegs waren, ist insbesondere in tieferen Lagen mit langer Vegetationsperiode und mittleren bis günstigen ökologischen Verhältnissen auch mit starken Schwankungen bei der Ansprache der oberflächlich sichtbaren Artengarnitur und deren Deckungswerten zu rechnen.

Ein solches Herbst-Frühjahrs-Aufnahmepaar ist in Tabelle 2 gegenübergestellt. Die Unterschiede in den qualitativen, mittleren Zeigerwerten sind relativ gering; selbst eine genauere Analyse mittels der Häufigkeitsverteilung bringt relativ wenig Änderungen. So sind beispielsweise die einzelnen Klassen der Feuchtwerte in Abbildung 2 zwar deutlich stärker besetzt, der Mittelwert bleibt aber auch hier beinahe unverändert.

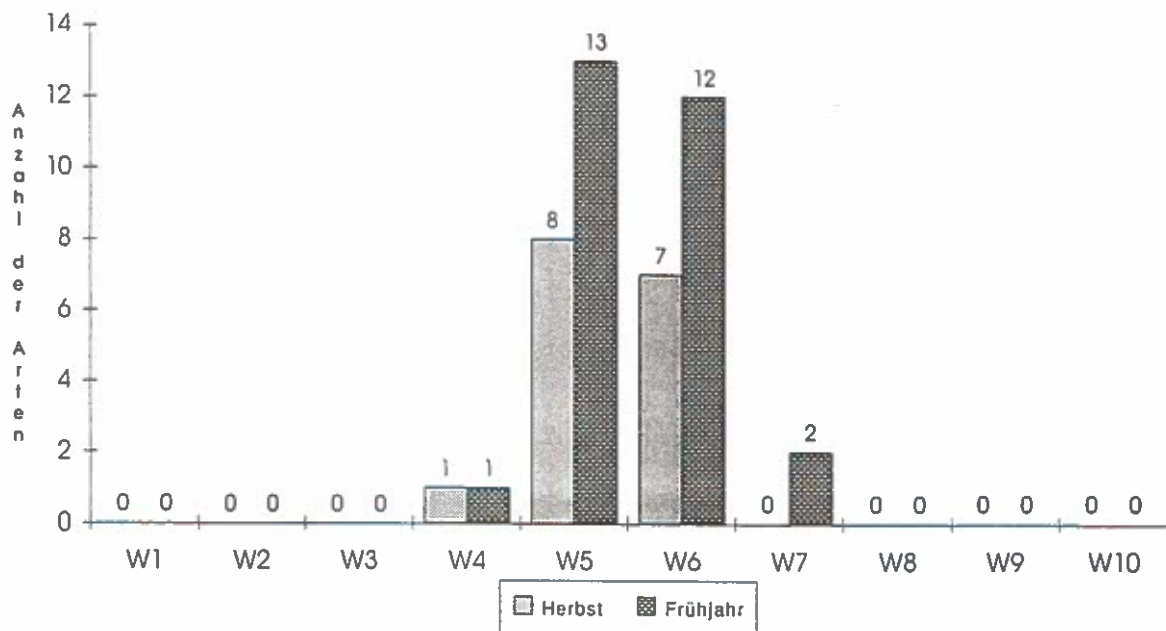


Abbildung 2: Häufigkeitsverteilung der Feuchtwerte für das Aufnahmepaar in Tabelle 2

Tabelle 2: Vergleich der Krautschicht zweier Vegetationsaufnahmen von derselben Stelle und denselben Erheberrn; die erste Aufn. vom Herbst, die zweite aus dem Frühjahr

Pflanzenart	Abundanz/Dominanz-Werte	
	Herbst	Frühj.
Quercus petraea	+	+
Ulmus glabra	+	+
Staphylaea pinnata	1	1
Fraxinus excelsior	2	2
Acer platanoides	+	+
Acer pseudoplatanus	+	+
Asarum europaeum	2	2
Polygonatum multiflorum	+	+
Cyclamen purpurascens	+	+
Viola mirabilis	+	+
Hedera helix	1	1
Alliaria petiolata	+	+
Carex pilosa	+	+
Euphorbia amygdaloides	+	+
Campanula rapunculoides	+	+
Lathyrus vernus	+	+
Pulmonaria officinalis	+	+
Galium odoratum	+	+
Bromus benekenii	+	+
Convallaria majalis	+	+
Euphorbia dulcis	+	+
Melitis melissophyllum	+	+
Melica uniflora	+	+
Lilium martagon	+	+
Campanula trachelium	+	+
Allium ursinum		4
Dentaria enneaphyllos		2
Galanthus nivalis		2
Mercurialis perennis		+
Artenzahl	25	29
Mittlere Zeigerwerte (In Klammer: gewichtet nach den Deckungswerten)		
Licht	4,3 (4,2)	4,2 (3,8)
Temperatur	5,4 (5,3)	5,4 (5,4)
Kontinentalität	3,4 (3,6)	3,4 (3,4)
Feuchte	4,9 (5,1)	5,0 (5,3)
Reaktion	7,3 (7,4)	7,3 (7,3)
Stickstoff	5,6 (5,9)	5,8 (6,5)

Anders ist die Situation bei Berücksichtigung der Deckungswerte: Durch die sehr hohe Deckung der Frühjahrsgeophyten (*Allium ursinum* = Bärlauch, *Galanthus nivalis* = Schneeglöckchen)

kommt es zu deutlich größeren Unterschieden in den mittleren Zeigerwerten. Drastisch ist das beim gewichteten mittleren Stickstoffwert zu sehen: Die in der Fröhjahrsaufnahme erfaßten, hochdeckenden Geophyten weisen auf - zumindest während ihrer Hauptentwicklungszeit - sehr gute Nährstoffversorgung hin. Inwieweit das natürlich für die meist erst später im Jahr aktiven Bäume wesentlich ist, sprengt den Rahmen dieser Ausführungen.

Durch den häufigen Personalwechsel und die Aufteilung der Geländearbeit auf den Herbsttermin (September bis Oktober) und den Fröhjahrstermin (Mai-Juni) entstanden in ihrer Struktur recht unterschiedliche Datensätze. In der Tabelle 3 sind einige besonders kontrastierende Aufnahmen (d.h. Ersterhebungen und dazugehörige Kontrollaufnahmen) und ihre Artenzahlen gegenübergestellt.

Tabelle 3: Aufnahmepaare von WBZI-Flächen, die durchwegs zum Herbsttermin erstbeprob und im nächsten Fröhjahr ergänzt bzw. kontrolliert wurden (Orig. = Ersterhebung, Kont. = Kontrollaufnahme)

WBZI -Nr.	Artenzahl d. Krautschicht		überein- stimmende Arten	+/- falsche Arten	Differenz in der Artenzahl	
	Orig.	Kont.			absolut	Prozent
101/702	9	47	6	3	+ 41	+ 455%
101/707	16	41	10	6	+ 31	+ 194%
302/701	14	26	11	3	+ 15	+ 107%
303/701	11	51	8	3	+ 43	+ 391%
307/704	14	58	11	3	+ 47	+ 336%
307/711	20	62	15	5	+ 47	+ 235%
411/702	5	5	5	0	0	0%
412/701	17	18	13	5	- 1	- 3%
412/705	15	8	4	11	- 7	- 46%

Die Unterschiede in den Artenzahlen sind bei den ersten 6 Aufnahmen recht drastisch. Dies resultiert daraus, daß hier sowohl der unterschiedliche phänologische Aspekt (Herbst versus Fröhjahr), als auch die unterschiedliche Qualität der Aufnahme (Erfahrung bzw. Artenkenntnis der Erhebungsteams) zum Tragen kommt.

Die Auswirkungen dieser Differenzen auf die mittleren Zeigerwerte zeigt die Tabelle 4. Die hier auftretenden Unterschiede zwischen Ersterhebung und Kontrollaufnahme sind teilweise recht beachtlich und nach den bisherigen Erfahrungen signifikant. In den ökologisch mittleren Bereichen stellt eine Abweichung des qualitativen, mittleren Zeigerwertes um 0,2 Skaleneinheiten bereits einen zu beachtenden Unterschied dar.

Tabelle 4: Mittlere Zeigerwerte der in Tab.4 gegenübergestellten Aufnahmepaare (Orig = Ersterhebung, Kont = Kontrollaufnahme)

WBZI -Nr.	mL		mT		mK		mF		mR		mS	
	Orig	Kont	Orig	Kont	Orig	Kont	Orig	Kont	Orig	Kont	Orig	Kont
101/702	5,1	4,8	6,0	5,5	4,0	3,5	4,7	4,8	7,1	7,2	5,1	5,6
101/707	4,8	4,9	5,5	5,5	3,2	3,7	5,2	4,7	7,3	7,2	5,6	5,5
302/701	5,9	5,7	5,2	5,3	3,8	3,6	4,5	4,3	6,8	6,7	4,1	4,0
303/701	4,8	5,4	5,0	5,6	4,0	3,6	4,6	4,6	7,0	7,1	4,8	5,1
307/704	5,2	5,7	4,6	4,9	4,0	3,7	4,8	4,6	7,3	6,9	4,7	4,0
307/711	4,5	5,3	5,4	5,0	3,3	3,6	5,2	5,0	7,1	7,1	5,9	5,1
411/702	5,4	5,4	4,5	4,5	3,4	3,4	5,5	5,5	2,8	2,8	3,6	3,6
412/701	4,9	4,8	4,3	4,3	3,1	3,2	6,1	6,1	3,2	3,9	4,3	4,3
412/705	4,0	2,7	4,4	4,6	3,9	3,4	5,5	5,6	5,8	6,3	5,6	6,0

Bei den ersten sechs Aufnahmen liegt es wohl vorwiegend an der Unerfahrenheit der Erhebungsteams, daß derartige Diskrepanzen auftreten. Nach der punkweisen Überprüfung der Aufnahmen zeigte sich, daß viele nicht erkannte Arten durchaus nicht nur im Frühjahr zu sehen gewesen wären; der Blick der Erheber war eindeutig noch zu wenig auf Artenunterscheidung getrimmt.

Im Fall der Aufnahme 411/702 zeigt sich, daß in artenarmen Beständen praktisch nur ausdauernde, ganzjährig assimilierende Pflanzen anzutreffen sind und dort daher die Artengarnitur +/- vollständig erfaßt werden kann.

Zahlenverhältnisse in den Aufnahmen 412/701 und 412/705 weisen am ehesten darauf hin - und das hat die Kontrolle im Gelände bestätigt - , daß die Erheber das Kriterium der Homogenität der Aufnahmefläche zu wenig beachtet haben. Die deutlich überhöhte mittlere Lichtzahl der Erstaufnahme war durch eine randliche Lichtstellung der Aufnahmefläche bedingt.

3.3. Die Gültigkeit der verwendeten Zeigerwertssysteme in Österreich:

In Ermangelung eines österreichischen Zeigerwertsystems war es notwendig zu testen, inwieweit Systeme aus den Nachbarländern auf unsere Verhältnisse übertragbar sind bzw. ob man bei Anwendung derselben zu einigermaßen brauchbaren Ergebnissen kommt.

In Mitteleuropa wird das Zeigerwertsystem von ELLENBERG (1979) am häufigsten verwendet. Wir haben versucht, dessen Aussagefähigkeit für österreichische Datensätze zu testen, und zwar an einer Auswahl von 53 ostösterreichischen WBZI-Vegetationsaufnahmen.

In der Abbildung 3 wird der Zusammenhang zwischen den pH-Werten in der Tiefenstufe 0-10 cm und den mittleren Reaktionswerten nach ELLENBERG (1979) dargestellt. Der Regressionskoeffizient beträgt immerhin $R = 0,68$, die Verteilung der Punkte ist allerdings nicht befriedigend und läßt auf keine lineare Beziehung dieser beiden Variablen rückschließen. Vielmehr drückt sich darin der logarithmische Charakter der verwendeten Skalen aus. Bei der Anwendung der Zeigerwertskala nach ELLENBERG sind - für die Reaktionszahl gesprochen - Mittelwerte zwischen 6 und 8 eher wenig aussagekräftig, im Bereich vom $mR = 2$ bis 5 indizieren diese Werte gut die pH-Situation im Bereich der für die Pflanzen wohl bedeutsamsten Tiefenstufe 0-10 cm.

Da die ausgewählten Punkte im Osten Österreichs gelegen sind, haben wir versucht, die entsprechenden Reaktions-Zeigerwerte ungarischer Botaniker zu verrechnen - in der Annahme, daß sie die ökologische Situation hier besser beurteilen könnten als ELLENBERG aus seiner eher westmitteleuropäischen Sicht.

Die Abbildung 4 zeigt die Regressionsergebnisse mit den Reaktionszahlen nach ZOLYOMI & al. (1966). Auch diese Regression ergibt ein ähnliches Bild wie Abb. 3. Die ausgewählten Punkte liegen in ähnlichen Positionen im Scattergramm. Die Interpretationsmöglichkeiten mittlerer Reaktionswerte von Vegetationsaufnahmen sind bei Anwendung der Skala von ZOLYOMI & al. nicht anders als bei ELLENBERG.

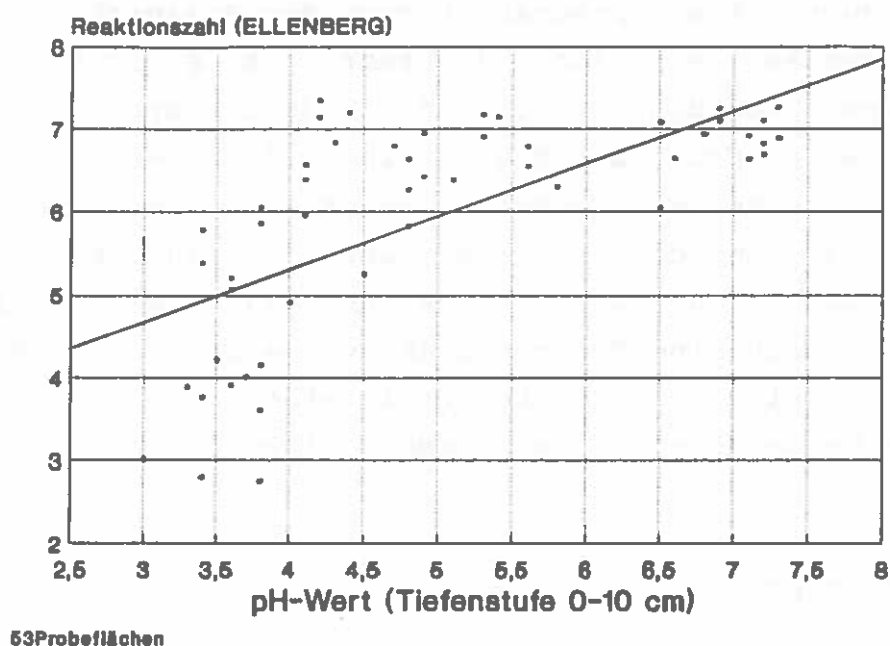


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen pH-Wert in der Tiefenstufe 0-10 cm und der mittleren Reaktionszahl nach ELLENBERG für 53 ausgewählte WBZI-Punkte

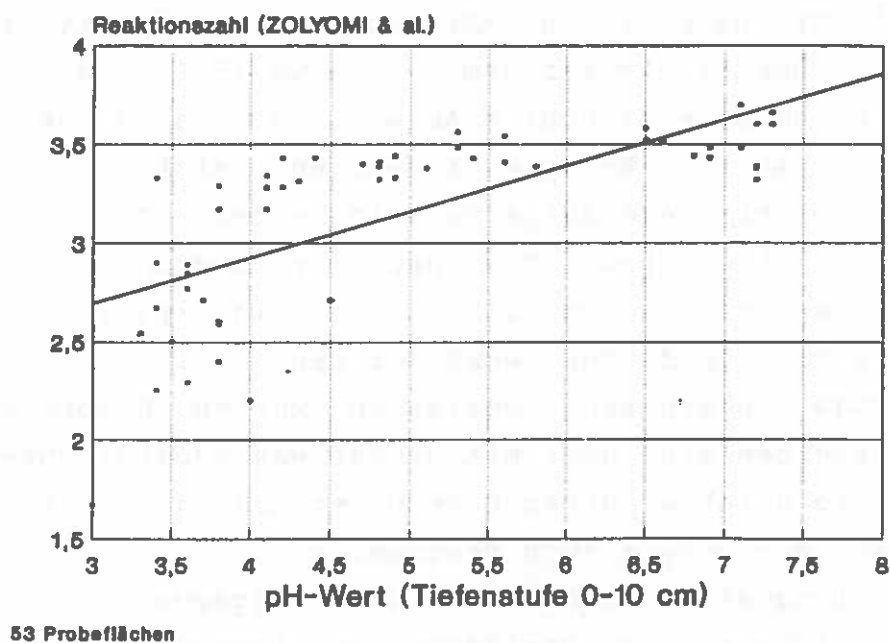


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen pH-Wert in der Tiefenstufe 0-10 cm und der mittleren Reaktionszahl nach ZOLYOMI & al. für 53 ausgewählte WBZI-Punkte

Beide Ergebnisse entsprechen in etwa der Beispiels-Regression, die ELLENBERG (1979: Abb. 2) anführt. Er spricht von einer befriedigenden Beziehung zwischen den Bodenfaktoren (in diesem Fall dem Boden-pH-Wert) und den mittleren Zeigerwerten. Bei genauer Betrachtung seiner Ergebnisse zeigt sich zwar eine steilere Regressionsgerade, die Verteilung seiner - wenigen! - Aufnahmen ist aber ähnlich der unsrigen (s. Abb. 3), logarithmisch und damit besser durch eine Regressionskurve beschreibbar. Die Regressionskurven sind in unserem Fall allerdings nicht so gut angepaßt wie beispielsweise bei GÖNNERT (1989).

4. ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Bearbeitung der im Rahmen der WBZI erstellten Vegetationsaufnahmen hat sich die Berücksichtigung einiger Randbedingungen als unbedingt notwendig erwiesen:

Will man Bioindikation mittels der Zeigerwerte der erfaßten Pflanzenarten betreiben, dann müssen in artenarmen Beständen praktisch alle Pflanzenarten erfaßt werden; in sehr artenreichen Gesellschaften genügt die Aufnahme von etwa 95 Prozent der vorkommenden Arten um eine sinnvolle Auswertung zu erreichen.

Wie die Analyse von Häufigkeitsspektren zeigt, erweist sich der qualitative, mittlere Zeigerwert in artenreichen Aufnahmen als recht gut abgesichert. Die nach der Deckung gewichteten mittleren Zeigerwerte ändern sich - selbst in artenreichen Aufnahmen - bereits signifikant, wenn nur wenige Arten (z.B. hochdeckende Frühjahrsgeophyten) übersehen wurden. Geophyten mit hohen Deckungswerten sind aber mit großer Wahrscheinlichkeit bei den gleichzeitig durchgeführten Bodenuntersuchungen zu entdecken und mit einiger Sicherheit auch bestimmbar.

In Ermangelung eines österreichischen Zeigerwertsystems müssen derzeit solche aus Nachbarländern zur Anwendung kommen. Die Tests der Reliabilität der damit errechneten Zeigerwerte weisen darauf hin, daß keines dieser Systeme unkritisch übernommen werden darf.

Literatur

- BRAUN-BLANQUET, J., 1964: Pflanzensoziologie, 3.Aufl. Springer Vlg. Wien, New York. 865 pp.
- BORNKAMM, R., 1987: Fragen der Auswertung und Bewertung floristischer Artenlisten. Mitt. Biol. Bundesanst. Land- u. Forstwirtsch. Berlin-Dahlem, H. 234: 16-22
- ELLENBERG, H., 1979: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen. (2. Auflage) Scripta Geobot., 9: 1-122
- GÖNNERT, T., 1989: Ökologische Bedingungen verschiedener Laubwaldgesellschaften des Nordwestdeutschen Tieflandes. Diss. Bot., 136: 1-224.
- HUFNAGL, H., 1971: Der Waldtyp - ein Behelf für die Waldbaudia- gnose. Innviertler Presseverein, Ried i.I. 223 pp.
- KARRER, G. & ENGLISCH, M., (in Vorb.): Das Forstökologische Auswertungssystem FOREC.
- KILIAN, W., 1989: Waldbodenzustandsinventuren in Österreich. Österr. Forstzeitung, Wien, 100: 86.
- KILIAN, W. & MAJER, C., 1990: Österreichische Waldboden-Zu- standsinventur. Anleitung zur Feldarbeit und Probenahme. FBVA-Berichte Sonderheft/1990: 1-51.
- ZOLYOMI, B., BARATH, Z., FEKETE, G., JAKUCS, P., KARPATI, I., KOVACS, M. & MATHE, I., 1966: Einreihung von 1400 Arten der ungarischen Flora in ökologische Gruppen nach TWR- Zahlen. Fragm. Bot. Mus. Hist. Nat. Hung., 4: 101-142.

**WALDBODENZUSTANDSINVENTUR
AUSBLICK**

von

Gerhard Karrer, Walter Kilian, Franz Mutsch

In den vorangegangenen Beiträgen wurde an Fallbeispielen die Auswertung einzelner Parameter dargestellt.

Erst durch Zusammenfügen aller dieser und noch anderer Teilaspekte gelangt man zu einer abgerundeten Beschreibung von Objekten, etwa regionaler Einheiten. Die folgende Abbildung (1) soll dies am Beispiel eines Podsols aus saurem Kristallingestein der Böhmisches Masse demonstrieren.

Eine komplexe Auswertung nach aufwendigeren mathematischen Ansätzen läßt in Zukunft noch zu manchen Einzelfragen, z.B. der anthropogenen Herkunft von Schadstoffen im Boden, schärfere Aussagen erwarten.

Vor allem fehlt noch die Interpretation der vegetationskundlichen Daten. Die pflanzensoziologischen Aufnahmen dienen in erster Linie der Beweissicherung für spätere Vergleiche mit Wiederholungsaufnahmen.

Aus der Sicht der forstlichen Vegetationskunde wird aber aus dem umfangreichen Datenmaterial der WBZI auch viel Information über die Beziehungen einzelner Pflanzen zu bestimmten Bodenparametern zu gewinnen sein. Einen Schwerpunkt der Auswertungen wird die Durchleuchtung dieser Beziehungen mittels Regressionsanalysen bilden; weiters stehen multivariate Verfahren wie die Korrespondenzanalyse und die kanonische Korrespondenzanalyse zur Verfügung, durch deren Anwendung wir uns einige Hinweise auf die korrekte Interpretation von ökologischen Zeigerwerten erwarten.

Bisher wurden in Österreich fast ausschließlich die Zeigerwerte von ELLENBERG (1979) zur ökologischen Auswertung von Vegetationsaufnahmen verwendet. Bereits ZUKRIGL (1981) weist darauf

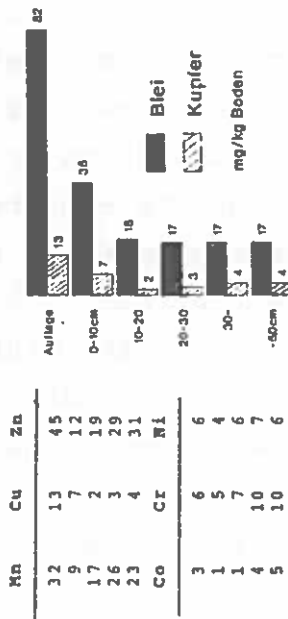
ANALYSEN

pH in CaCl ₂ H ₂ O	Carb %	N	C:N	Korngrößenverteilung in % (µm)						Boden art
				2000	200	60	20	6	2	
3.3	3.9		1.11	40.6	36.6					15
3.4	3.8		0.14	3.4	24.3					
3.9	4.2		0.01	0.4	40.0					
4.0	4.2		0.00	0.2						
3.9	4.3		0.00	0.1						

Makroelemente im Säureaufschluss in %				
P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃ Al ₂ O ₃
0.183	0.09	0.13	0.05	0.42 1.23
0.045	0.08	0.04	0.07	0.36
0.021	0.07	0.05	0.12	0.83
0.021	0.10	0.03	0.17	1.47
0.019	0.10	0.04	0.14	1.44

Kationen		B/ST Auszug in mmol IEq/100g					MAK		V%	
K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	H				
0.00	0.27	0.06	0.157	0.001	7.580	0.532	8.76	5.6		
0.16	0.03	0.05	0.021	0.001	3.240	0.148	3.56	4.2		
0.07	0.00	0.04	0.008	0.000	3.180	0.135	3.67	4.1		
0.11	0.08	0.10	0.004	0.001	3.950	0.156	4.38	6.2		

Schwermetallanalyse



C:S-Verhältnis
SO₄-Akkumulation

Feldbeschreibung

BODEN, STANDORT	
Wuchsraum	001
Seehöhe	0570
Höhenstufe	2
Exposition	9
Relief	01
Wasserhaushalt	7
Gestein	12
Bodentyp	140
Gründigkeit	5

VEGETATION	
Zustandstyp	
Clusteranalyse	
Zeigerwerte	
Säurezahl	
Trophiezahl	
Wasserhaushaltszahl	
Inhaltsstoffe	

Podsol

Eisgarnier Granit
durchlässig
stark sauer
(Al/Fe-Pufferbereich)
geringe Speicher- und
Pufferfähigkeit
geringe Basensättigung
(= gefährdet)
geringe Basennachschaffung
aktuell verarmt
Blei trotz Pb-armem Gestein
im Rohhumus angereichert
Kupfermangel

WO: Mühl- u. Waldviertel
CSFR-Grenze
Wieviel: (Finv.) 29000 ha

LUFTQUALITÄT

BESTAND

PHYTOPATHOLOGIE

Abbildung 1

hin, daß diese Zeigerwerte in Österreich aufgrund der anderen pflanzengeographischen und klimatischen Lage nicht kritiklos angewandt werden dürfen. Für einige wenige Arten hat er damals bereits Änderungsvorschläge für die Einstufung in die jeweiligen Skalen vorgeschlagen. ZIMMERMANN & al. (1989) haben für viele Arten der Steiermark ebenfalls bereits zahlreiche Verbesserungsvorschläge eingebracht. Seit 1987 wird für aktuelle Fragestellungen an der Forstlichen Bundesversuchsanstalt in Wien eine für zahlreiche Arten bereits adaptierte Liste verwendet, die schließlich als Basis für eine österreichische Zeigerwertliste wird dienen können.

Davor aber gilt es noch, die Aussagekraft der in den Nachbarländern Österreichs verwendeten Zeigerwertsysteme, auf österreichische Datensätze angewandt, zu prüfen. Dazu wurden mit ein und denselben Vegetationsaufnahmen die mittleren Zeigerwerte der einzelnen Aufnahmen bestimmt und mit bestimmten Bodenkenndaten in Beziehung gesetzt.

So wurde beispielsweise die Beziehung der pH-Werte in der Tiefenstufe 0-10 cm zu den qualitativen, mittleren Reaktionszahlen in Form einer Regression dargestellt (vgl. Abb. 3 und 4 in KARRER, 1991, im gleichen Heft). Neben den dort verwendeten Reaktionszahlen nach ELLENBERG (1979) und ZOLYOMI & al. (1966) beabsichtigen wir auch andere Zeigerwertsysteme zu testen. Die Regressionsberechnung mit den ungarischen Zeigerwerten nach SOÓ (1980) ergibt wieder eine sehr ähnliche Verteilung der Punkte (mittlere Reaktionszahlen der Vegetationsaufnahmen; vgl. Abbildung 2) wie bei den bereits bei KARRER (1991) dargestellten. Für die Interpretation dieser Regressionen möchten wir noch die Ergebnisse abwarten, die sich bei Anwendung der Zeigerwerte nach LANDOLT (1977) und EHRENDORFER & al. (1972) ergeben. Es zeichnet sich jedoch bereits ab, daß die Aussagekraft der Reaktionswerte hinsichtlich der Boden-pH-Werte nur im Bereich von $mR = 2$ bis 5,5 (bzw. $pH=2-4,5$) groß ist, bei mittleren Reaktionswerten von 6 und darüber ist praktisch keine Beziehung zum Boden-pH-Wert zu diagnostizieren.

Nach Vorliegen aller Berechnungen über die Beziehungen ein-

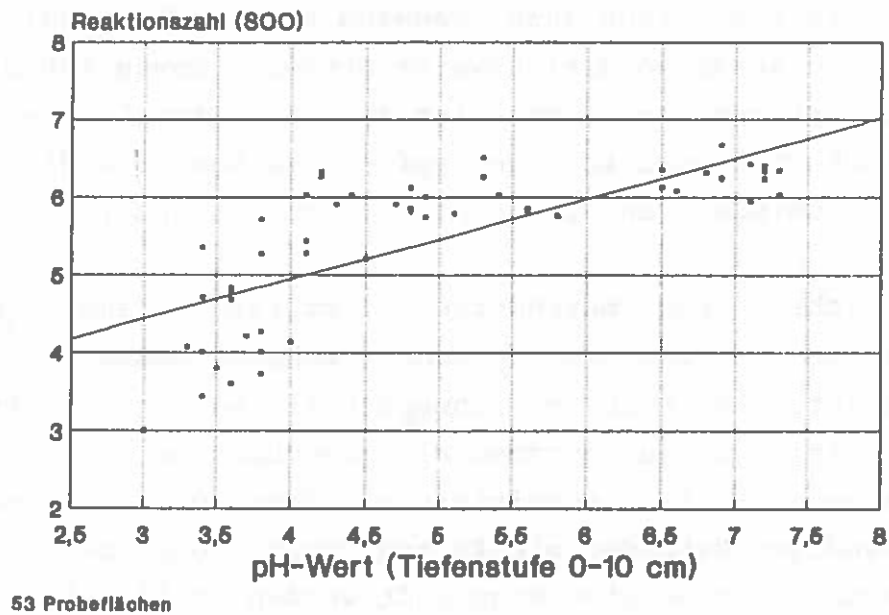


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen pH-Wert in der Tiefenstufe 0-10 cm und der Reaktionszahl nach SOO für 53 ausgewählte WBZI-Punkte

zelner Pflanzenarten und -artengruppen planen wir, den Entwurf einer Liste der Zeigerwerte der österreichischen Gefäßpflanzen vorzulegen. Diese Liste soll dann auch die Basis für die Interpretation der sich aus den Wiederholungsaufnahmen der WBZI ergebenden Veränderungen dienen.

Weiters sind bodenkundlich-standortkundliche Sonderhebungen vorgesehen: So weisen die diagnostischen Möglichkeiten des Humuszustandes - auch aus internationaler Sicht - noch merkliche methodische Lücken auf. Zu dieser Frage ist bereits heuer ein Teilprojekt angelaufen.

Im Bereich der Bodenanalytik sind ebenfalls Erweiterungen geplant, welche sich nach den bisherigen Ergebnissen als notwendig erwiesen haben.

Der Gesamt-Schwefel im Auflagehumus sollte gemeinsam mit anderen Parametern (z.B. Blei) zur Erhärtung der Immissionshypothese und zur teilweisen Quantifizierung von Immissionseinträgen beitragen. Mit den entsprechenden Analysen von Bodenproben aus der Ersterhebung wurde schon begonnen.

Ebenso wie Blei kann auch Cadmium als Immissionsindikator dienen. Durch seine vergleichsweise größere Beweglichkeit kann es im Kontrast zum Blei vor allem aktuelle Einträge erfassen. Die anspruchsvolle und sehr zeitaufwendige Analytik dieses Elements soll zumindest auf bestimmten Problemstandorten durchgeführt werden.

Von solchen Problemstandorten (Immissionsstandorten) ist zusätzlich an die Bestimmung einer "mobilen Schwermetallfraktion" gedacht. Immittierte Schwermetalle werden von Pflanzen wesentlich leichter aufgenommen als bodenbürtige und sind auch mit schwächeren Extraktionsmitteln erfaßbar. Ob solche meßtechnisch aufwendigen Methoden zielführend sind, oder besser sensible, mathematische Ansätze angewandt werden sollen (die allerdings nie einen konkreten Wert messen, sondern nur Modelle nachvollziehen), ist noch nicht entschieden.

Mit der Anionenanalytik von Bodenextrakten wurde im Teststadium begonnen. Sie sollen unter anderem dazu dienen, die Art der Versauerung (anthropogener Säureeintrag, Versauerung durch Entzug von Biomasse) zu qualifizieren. Es werden vor allem die Säureanionen starker Mineralsäuren (Cl^- , SO_4^{--} , NO_3^- , F^-) analysiert. Damit in Zusammenhang steht auch die Messung der elektrischen Leitfähigkeit von Bodenextrakten und die Bestimmung der Basenneutralisationskapazität.

Nicht unmittelbar geplant aber mittelfristig ins Auge gefaßt wird schließlich die Analytik organischer Schadstoffe in Waldböden, und zwar sollen Leitsubstanzen der polycyclischen, aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) analysiert werden.

Ein weiterer - und für das gesamte WBS wesentlicher - Schritt wird schließlich die Verknüpfung der WBZI mit der Erhebung des Bestandeszustandes, mit Nadelanalysen und den vielfältigen Sondererhebungen des WBS sein.

Bessere Einblicke in die Dynamik des Bodenzustandes werden schließlich die periodischen Wiederholungsaufnahmen in späteren Jahren geben.

Literatur:

- EHRENDORFER, F. & al., 1972: Die Waldlandschaft. In: STARMÜHLNER F. & EHRENDORFER F. (Red.). Naturgeschichte Wiens, 2: 41-370. Vlg. Jugend & Volk, Wien
- ELLENBERG, H., 1979: Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. (2. Auflage). Scripta Geobot., 9: 1-122
- KARRER, G., (1991, in Druck): Waldbodenzustandsinventur - die Vegetationsaufnahmen und die Möglichkeiten ihrer forst-ökologischen Auswertung. In FBVA Berichte Nr.49
- LANDOLT, E., 1977: Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, ETH Zürich, 64: 1-208
- SOÓ, R., 1980: A Magyar Flora Es Vegetacio Rendszertani-Növény-földrajzi Kezikönyve VI. Akademia Kiado, Budapest.
- ZIMMERMANN, A., KNEHLY, G., MELZER, H., MAURER, W., & HÖLL-RIEGL, R., 1989: Atlas gefährdeter Farn- und Blütenpflanzen der Steiermark. Mitt. Abt. Bot. Landesmus. Joanneum, Graz, 18/19: 1-302
- ZUKRIGL, K. 1981: Möglichkeiten einer quantitativen Ansprache von Standortsfaktoren aufgrund der Vegetation. Mitt. Forstl. Bundesversuchsanst. Wien, 140: 147-157

**FORSTPATHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN
METHODIK UND ERSTE ERGEBNISSE**

von

Hannes Krehan und Klemens Schadauer

1. EINFÜHRUNG

Intensive forstpathologische Erhebungen wurden im europäischen Raum - nach unserem Wissensstand - im Rahmen einer großräumigen Inventur mit Ausnahme von Finnland noch nirgendwo in vergleichbarer Weise durchgeführt. Das bedeutet für uns, daß wir auf wenige Erfahrungen mit derlei Untersuchungen zurückgreifen können und wir so methodisch am Anfang stehen.

Unsere Hauptaufgabe sahen wir daher darin, eine umfassende Erhebung möglichst aller wichtigen, makroskopisch, im Einzelfall auch mikroskopisch erfaßbaren Schadsymptome bzw. Symptomkategorien, die in irgend einer Form Einfluß auf den Gesundheitszustand der Probestämme ausüben können, durchzuführen. In dieser Erhebung sollte eine möglichst einheitliche, nachvollziehbare Quantifizierung und anschließende Bewertung der Symptome erfolgen. Ziel war es auch der breiten Palette von an sich unspezifischen Schadsymptomen wie z.B. Baumkronenverlichtungen durch detaillierte Untersuchungen Kausalursachen zuzuordnen.

Die damit verbundenen methodischen Schwierigkeiten sollten daher bei der Interpretation der Ergebnisse bedacht und der Fehler vermieden werden, in der Euphorie über erste Ergebnisse verfahrensbedingte Mängel hinten zu stellen.

2. METHODIK

Primär muß man sich die Frage stellen, wie man forstpathologische Tatbestände für eine Großraumuntersuchung quantifizieren kann. Rein verbale Beschreibungen sind bei einer groß-

räumigen Stichprobeninventur ungeeignet. Es gilt Kategorien zu bilden und diesen Zahlen zuzuordnen. Die Aussagen einer Inventur stützen sich immer auf in irgend einer Form verarbeitete Zahlen.

Die forstpathologische Forschung ist meist dem Denkschema: Symptom - Diagnose - Prophylaxe verbunden. Die Therapie (Bekämpfungsmaßnahme) spielt in der forstpathologischen Praxis nur eine untergeordnete Rolle, da eine solche in den meisten Fällen zu wenig effektiv ist oder aus anderen Gründen (z.B. Umweltschutz) nicht durchgeführt wird. Um das Ziel der Untersuchung - die Erarbeitung der Prophylaxe (in Ausnahmefällen einer Therapie) - zu erreichen, werden für kleinräumige Untersuchungen meist Methoden angewandt (z.B. Aufstellen von Kotfangtafeln oder Schlüpfkäfigen), wie sie für großräumige Stichprobeninventuren aus Kostengründen nicht in Frage kommen. Es sind also Überlegungen in Art einer Kosten-Nutzen Rechnung für den Erhebungsaufwand der einzelnen Parameter anzustellen. Im WBS spielt die Erarbeitung von vorbeugenden Maßnahmen keine Rolle. Ziel ist die möglichst exakte Erfassung der Symptome zur Ableitung einer quantifizierbaren Diagnose.

Abgesehen vom Problem der Quantifizierung spielt ein weiterer Tatbestand im Zusammenhang mit dieser Untersuchung eine bedeutende Rolle: Das Raum-Zeitmuster vieler pathologischer Faktoren ist durch eine großräumige Stichprobeninventur bezüglich ihrer Repräsentativität sehr unterschiedlich zu erfassen. Vor allem Faktoren die räumlich und/oder zeitlich konzentriert auftreten, können durch das Aufnahmenetz und die einmalige Aufnahme nicht repräsentativ erfaßt werden. Die Auswertung muß sich daher auf Verknüpfungen mit anderen Untersuchungen auf den Einzelflächen konzentrieren und die Ergebnisse sollten nur unter Einschränkungen auf bestimmte Parameter als "Bundesdurchschnitt" interpretiert werden.

2.1 Erhebungsmethodik

Die Außenarbeiten wurden in den Monaten Mai und Juni der

Jahre 1989 und 1990 von Stuges-Personal in Zusammenarbeit mit dem Institut für Forstschutz durchgeführt. Bis jetzt wurden 112 Flächen erhoben, die sich aus den hinsichtlich ihres Kronenzustandes schlechtesten WBS-Flächen und ebenfalls schlechten WZI-Flächen, die in das WBS übernommen wurden, zusammensetzen (Abb.1). Für das kommende Jahr sind als Abschluß der ersten Phase der forstpathologischen Untersuchungen Erhebungen auf ca. 40 Flächen geplant.

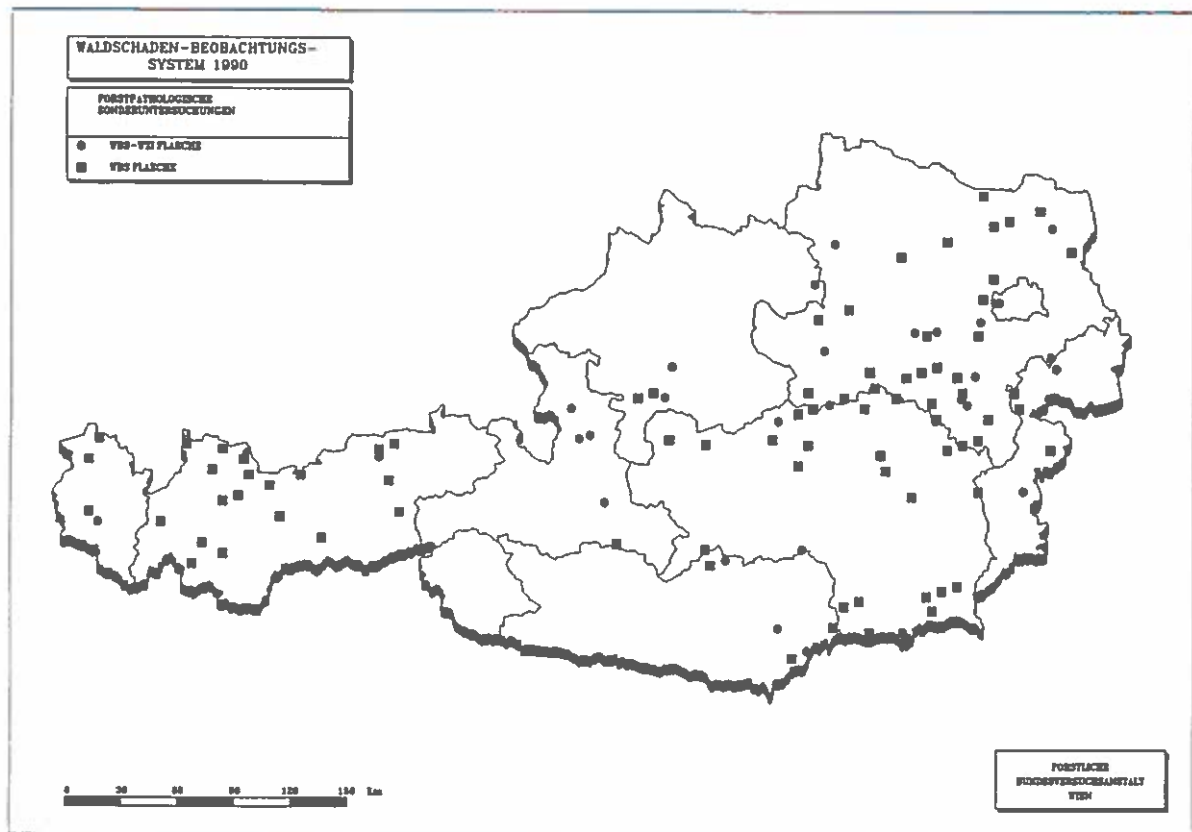


Abbildung 1: Lage der 112 untersuchten Probeflächen (Stand 1990)

Die Erhebungen werden von Baumsteigern, welche forstpathologisch interessant erscheinende Zweige abschneiden, unterstützt. Die Parameter, die auf den Probepunkten erhoben werden, sind in der Abbildung 2 angeführt. Diese lassen sich in primäre (Ursachen) und sekundäre (Wirkungen) unterteilen, wenn man mit den biotischen Faktoren nur Primärschädlinge meint. Diese Aufgliederung ist sowohl für die Auswertung als auch für die Inter-

pretation von Bedeutung. Der Abbildung 2 kann auch entnommen werden, welche Faktoren direkt und/oder indirekt auf den Kronenzustand wirken. Die Erfassung der Fäule erfolgt teilweise mit dem Zuwachsbohrer, teilweise mit dem Condiometer (Messung des elektrischen Widerstandes am Holzquerschnitt).

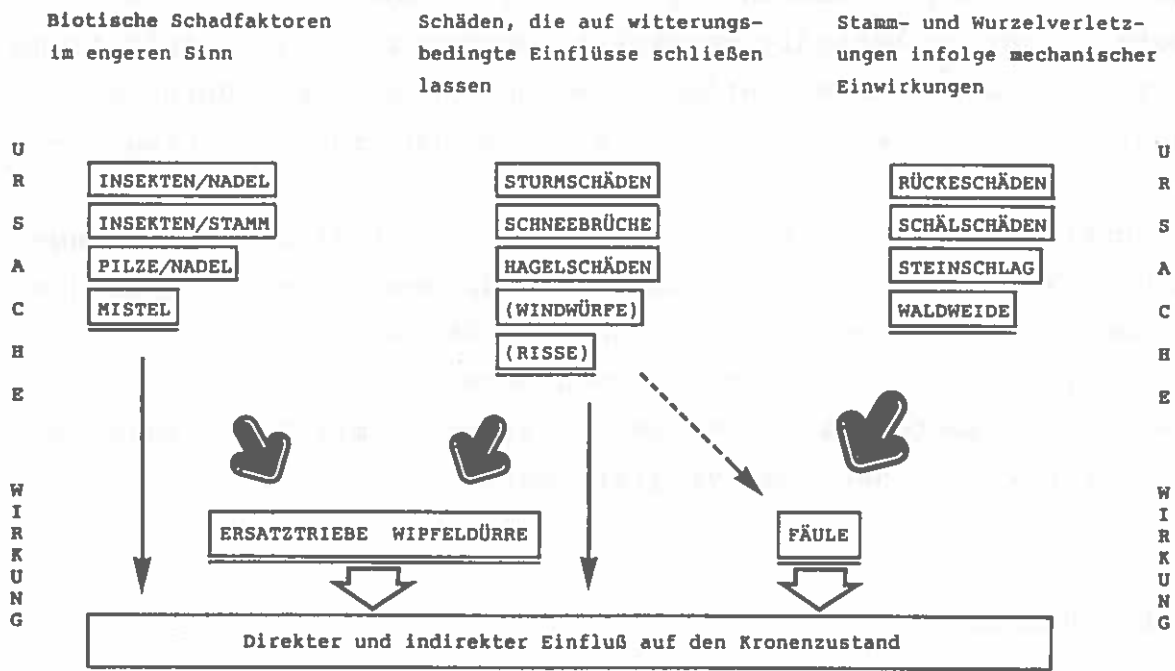


Abbildung 2: Forstpathologische Erhebungsparameter

Die Merkmale werden alle nach Haupt- und Nebenbaumart getrennt in fünf Häufigkeitsstufen erhoben. Diese sind: "Kein Auftreten möglich (z.B. Steinschlag in der Ebene, Schälsschäden an Eiche), kein Auftreten, 1-25%, 26-50%, usw.. Damit ist wegen der Stufen "Kein Auftreten möglich" bzw. "Kein Auftreten" keine äquidistante Aufteilung gegeben. Diese Rangskalierung ist bei der statistischen Weiterverarbeitung der Daten zu berücksichtigen. Zudem wurden jene Parameter verbal beschrieben, bei denen ein Auftreten festgestellt wurde. So wurden Schädlinge und Pathogene beschrieben und entweder im Feld oder am Institut für Forstschutz bestimmt.

Des weiteren wurde versucht, den Grad der Auswirkungen der forstpathologischen Diagnose auf die Bewertung des Kronenzustandes zu bestimmen. Dieser Grad wurde in drei Stufen eingeteilt:

Kronenzustand durch forstpathologische Diagnose nicht erklärbar, teilweise erklärbar und erklärbar. Die gutachtliche Erhebung dieses Kriteriums ist, da es zu einer klaren Aussage führt, sehr verlockend. Es muß aber unbedingt berücksichtigt werden, daß es sich dabei - wie schon erwähnt - nur um einen Versuch handeln kann, da einige Zusammenhänge, die hier eine Rolle spielen, bis heute nicht vollständig abgeklärt worden sind. Zur Aufklärung dieser Zusammenhänge werden die geplanten Verknüpfungen mit anderen Teilprojekten des WBS einen wesentlichen Beitrag leisten.

Zusätzlich zu den intensiven forstpathologischen Erhebungen wurden im Rahmen der Kronenzustandsinventur alle genannten Parameter auf allen 534 WBS und 40 WBS-WZI Flächen erhoben. Diese Erhebung ist nur unter Bedachtnahme auf die unterschiedliche Aufnahmemethodik für einzelne Parameter mit den Ergebnissen der intensiven Erhebungen vergleichbar.

3. ERGEBNISSE

Eine Übersicht über die Häufigkeit der erhobenen Schadfaktoren aller 112 bisher forstpathologisch intensiv untersuchten Flächen gibt Abbildung 3. Die relativen Häufigkeiten wurden jeweils auf jene Probeflächenanzahl bezogen, auf denen der Schadfaktor theoretisch auftreten konnte wie z.B. Steinschlag-schäden nur im stärker geneigten Gelände. Dabei fällt auf, daß die witterungsbedingten Schäden durch Sturm, Schneebruch und Hagel, sowie Stamm und Wurzelfäule verursachende Schadfaktoren wie Steinschlag, Rucke- und Schälsschäden wesentlich häufiger auftreten als z. B. Schäden durch Insekten oder Nadelpilze.

In diesem Zusammenhang erscheint der Vergleich mit den Ergebnissen der Aufnahme auf allen 574 Flächen im Rahmen der terrestrischen Kronenzustandsinventur interessant. Das Schadsymptom Pilze Nadel/Blatt, welches bei den intensiven Erhebungen bloß mit 7% auftritt, wurde bei der Gesamtheit aller 574 WBS- (bzw. WZI-WBS) Probeflächen in einem deutlich stärkeren Ausmaß ange-

troffen (bei 11% der Probeflächen schwacher, bei 4% mittelstarker bis starker Befall). Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß vor allem in den Hochlagenbeständen der Fichtennadelrostpilz *Chrysomyxa rhododendri* weit verbreitet und zum Zeitpunkt der Kronenansprache im Juli und August die weißgelben Fruchtkörper bereits deutlich sichtbar waren. Dieser Rostpilz führte jedoch bis jetzt noch zu keinen ausgeprägten Kronenverlichtungen.

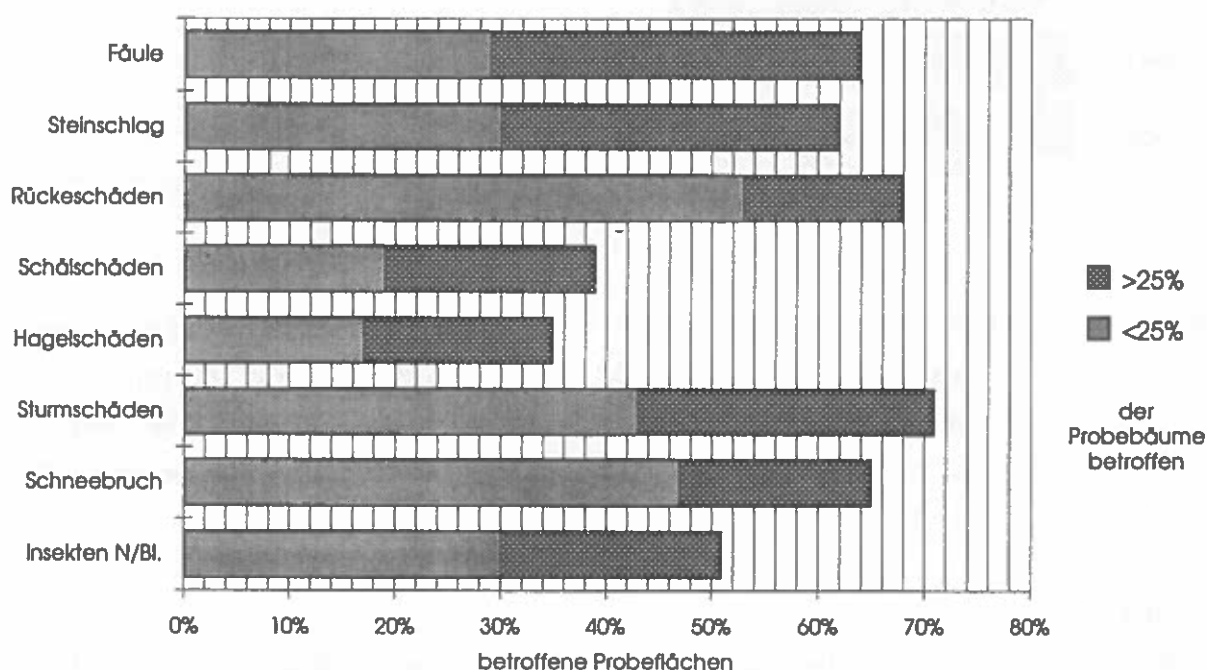


Abbildung 3: Relative Häufigkeit der wichtigsten Schadfaktoren (für alle 112 Flächen)

Die Untersuchungen hinsichtlich der Erklärbarkeit der Kronenverlichtungen durch die forstpathologische Diagnose führt zu folgendem Ergebnis. Bei 57 der insgesamt 112 untersuchten Probeflächen konnten die biotischen und/oder abiotischen Schadursachen für die Kronenverlichtungen der Probestämme als maßgeblich eruiert werden. Die Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Schadfaktoren auf diesen 57 Flächen sind in der Abbildung 4 dargestellt. In Folge werden die einzelnen Schadfaktoren kurz besprochen.

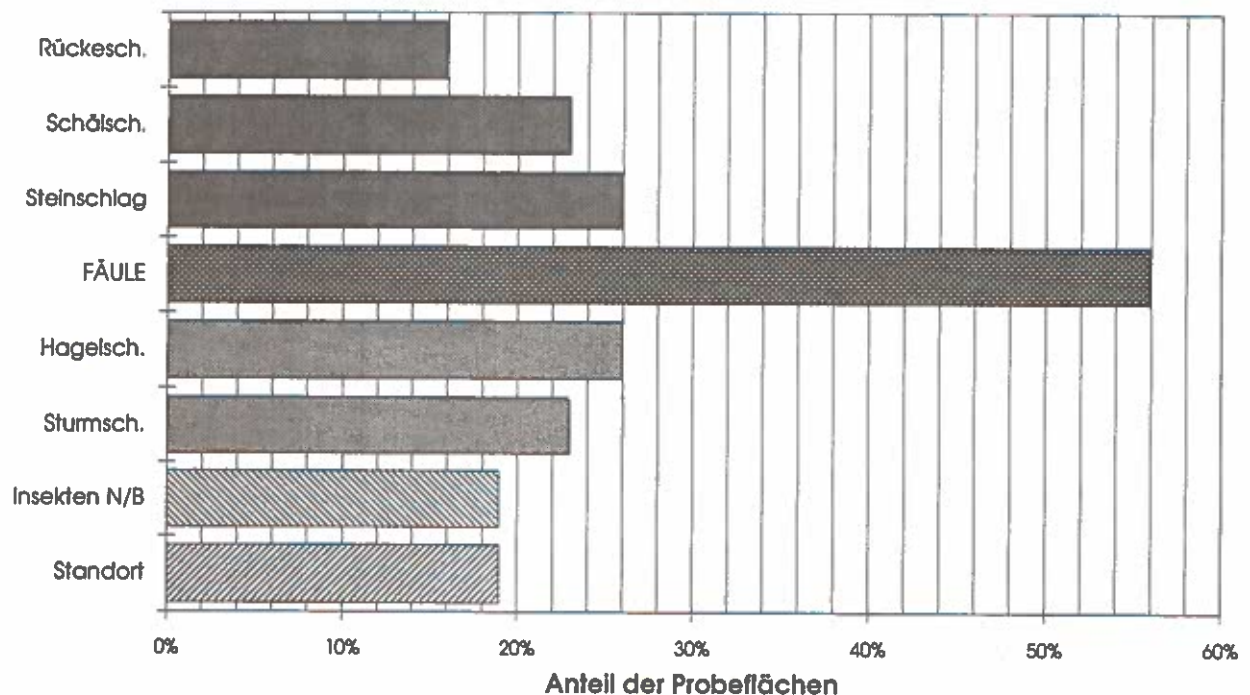


Abbildung 4: Relative Häufigkeit der wichtigsten Schadfaktoren bezogen auf die 57 Probeflächen, auf denen die angeführten Schadfaktoren maßgeblich für die überdurchschnittliche Kronenverlichtung verantwortlich sind

FÄULE:

Auf 56% der Probeflächen wurden schwere Stamm- und/oder Wurzelschäden infolge Fäulepilzbefalles festgestellt. Als hauptverursachende Faktoren kommen hierfür vor allem Steinschlagschäden, Schölschäden, Rückeschäden, aber auch Trittschäden durch Weidevieh (Waldweide), welche in dieser Untersuchung nur verbal (ohne Quantifizierung) erhoben wurden, in Frage.

STURM- UND HAGELSCHÄDEN:

Hagelschäden machen sich einerseits durch schwere Kambialverletzungen an Ästen und Zweigen (im Extremfall auch am Stamm) bemerkbar, andererseits auch durch Abschlagen von benadelten (belaubten) Feinästen, was direkte Auswirkungen auf den Verlichtungsgrad hat. Die Fähigkeit, Hagelwunden auszuheilen ist

baumartenspezifisch unterschiedlich. Am deutlichsten waren Hagelschäden nach unseren Untersuchungen von den Nadelbäumen auf der Weißkiefer nachzuweisen, während Fichten vor allem der Hochlagen durch die bürstenförmige Anordnung der Nadeln vor Kambialverletzungen besser geschützt sind.

Sturmschäden wurden vor allem an windexponierten Standorten aufgefunden und verursachen meist eine diffuse Auflichtung der Baumkrone ohne Vergilbungssymptome.

INSEKTEN; FRASS- UND SAUGSCHÄDEN:

Fraß- und Saugschäden an den Assimilationsorganen durch Arthropoden (Insekten, Milben, Zikaden, usw.) konnten im Jahre 1989 vor allem an Eichen und Buchen häufig festgestellt werden. (Der Befall im Jahre 1990 war insgesamt geringer, sodaß sich viele Buchenprobeflächen heuer wieder optisch erholen konnten.) Die kritische Situation der Eiche in weiten Teilen Österreichs ist durch andere Faktoren (Trockenheit, Mistelbesatz, Frost, usw.) offensichtlich stärker geprägt. Im Jahre 1990 konnte auch Adelgidae-Befall an Lärchen (Lärchennadelknicklaus) in ganz Österreich häufig festgestellt werden. An zahlreichen Weiß- und Schwarzkiefern konnten Saugschäden durch Schildläuse erhoben werden, die zu einer Reduktion der Nadelmasse geführt haben.

STANDORT:

Bei 19% der Probeflächen wurden für den schlechten Kronenzustand extreme Standortsbedingungen (Exposition, Höhenlage, Hangneigung, Relief, Substratarmut, usw.) verantwortlich gemacht. Es wird nun interessant sein, diese gutachtliche Feststellung mit den Ergebnissen der standortkundlichen Erhebungen vergleichen zu können. Es ist auf solch extremen Standorten nur schwer vorstellbar, daß Bäume die annähernd gleiche Benadelungs- oder Belaubungsdichte aufweisen können, wie auf Optimalstandorten. In diesem Zusammenhang spielt die Frage des Referenzbaumes eine entscheidende Rolle. Diese Probeflächen sind meist zusätzlich noch durch andere die Kronenverlichtung beeinflussende Faktoren wie zum Beispiel Sturm belastet.

Bei den restlichen 55 untersuchten WBS-Probeflächen (49%) wurde zwar eine ganze Reihe von Schadfaktoren anhand ihrer charakteristischen Symptome festgestellt, sie traten aber meist in einer zu geringen Intensität (weniger als 25% der Probestämme betroffen) auf, um endgültige Aussagen bezüglich ihrer primären Bedeutung für den Verlichtungsgrad der Probestämme treffen zu können.

4. AUSBLICK

Hier sollen einige Punkte aufgezeigt werden, die für die zukünftige Arbeit an diesem Projekt erwähnenswert sind:

- Es sollte die Möglichkeit ins Auge gefaßt werden, aufnahmemethodische Überlegungen für einzelne Parameter in Befallsgebieten anzustellen.
- Die Erarbeitung statistischer Methoden für die weiterführende Auswertung sowohl innerhalb des Teilprojektes als auch für die mögliche Verknüpfung mit anderen Teilprojekten soll in Angriff genommen werden.
- Die Einführung einer metrischen Skalierung wäre wünschenswert, um für die statistische Auswertung eine bessere Ausgangslage zu schaffen.
- Die detaillierte forstpathologische Erhebung sollte auch auf "guten Flächen" durchgeführt werden, um Vergleichswerte zu erhalten. Diese sollten über das gesamte Bundesgebiet verteilt sein.

IMMISSIONSKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN INTEGRIERENDE LUFTSCHADSTOFFMESSUNGEN

von

Johann Leitner

1. EINLEITUNG

Im Zuge der Bearbeitung des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) waren Messungen der forstlich wichtigsten gasförmigen Luftschadstoffe SO_2 , NO_x und Ozon vorgesehen. Da registrierende Messungen aus Kostengründen nicht möglich waren, kamen integrierende Methoden zum Einsatz; mit ihnen können die auf eine definierte Flächeneinheit deponierten Komponenten bestimmt werden.

Gegenüber registrierenden Methoden sind folgende Vor- und Nachteile zu nennen:

Vorteile: Integrierende Methoden sind relativ billig und unabhängig von elektrischer Energie, sodaß ein "flächendeckender" Einsatz und Messungen in Höhenprofilen möglich sind. Die Verteilung der Immissionsbelastung bzw. der Belastungsschwerpunkte können beschrieben werden. In beschränktem Maße kann sie die nicht überall mögliche Bioindikation ersetzen. Die Betreuung kann auch mit "angelerntem" Personal erfolgen.

Nachteile: Geringe zeitliche Auflösung, die keine Aussagen über Immissionsmuster erlauben (kurzfristig auftretende Spitzenbelastungen, welche z.B. beim SO_2 bedeutsam sind, werden chemisch nicht oder nur unzureichend erfaßt und zudem im Gesamtmittel "verschluckt"); die Einhaltung von Grenzwerten kann demnach nicht überprüft werden (allenfalls können Überschreitungen von Langzeitwerten abgeschätzt werden). Auch eine windrichtungsabhängige Auswertung ist nicht möglich. Bei der Methode ist u.U. mit relativ vielen Ausfällen (bis etwa 20%) zu rechnen. Schließlich ist die relativ starke und schwer quantifizierbare Beein-

trächtigkeit der Meßgenauigkeit durch Witterungsextreme (z.B. bei längeranhaltendem Frost, Tau, Rauhreifbildung etc. keine zuverlässigen Werte) zu nennen.

Die Methode ist demnach dann zielführend, wenn mittels "Raster" Belastungsschwerpunkte gefunden werden sollen, sofern dafür eine zeitliche "Auflösung" von 14 bzw. 28 Tagen ausreicht. Für die Interpretation von Ergebnissen aus anderen Teilprojekten des WBS werden mit Hilfe dieser Methoden Hinweise erwartet.

2. METHODIK

2.1 Meßstellen und Meßperioden

Die Auswahl der Meßstellen und die Expositionsarbeiten wurden von den Landesforstbehörden durchgeführt, wobei folgende Auswahlkriterien galten:

- a) WBS-Punkte mit Bioindikation (Nadelprobenahmen)
- b) Freifläche in unmittelbarer Umgebung des WBS-Punktes
- c) Erreichbarkeit auch während der Wintermonate

In der Steiermark (65) und in Kärnten (19) wurden alle so ausgewählten Punkte herangezogen, in Niederösterreich (27) und Oberösterreich (8) jeweils nur jene im südlichen Teil. Die Expositionstermine sind in Tabelle 1 angeführt, zur Lage der Meßstellen siehe Abbildung 2.

Tab.1: Expositionstermine (Meßzeitraum 20.6. bis 7.11.1990)

Meßperioden (Beginn)	SO ₂ 28 ² Tage	NO _x und Ozon 14 Tage
1	20. 6. 1990	20. 6. 1990
2	18. 7. 1990	4. 7. 1990
3	14. 8. 1990	18. 7. 1990
4	12. 9. 1990	1. 8. 1990
5	10.10. 1990	14. 8. 1990
6		29. 8. 1990
7		12. 9. 1990
8		26. 9. 1990
9		10.10. 1990
10		24.10. 1990

2.2 Präparation - Analyse - Expositionsdauer

Im Rahmen des WBS kamen folgende Methoden zum Einsatz:

Die SO₂-Messung (mit Bleikerzen) beruht auf der Umwandlung von Bleidioxid in Bleisulfat, das mittels Sodauszug in Natriumsulfat umgewandelt und als Bariumsulfat ausgefällt und gravimetrisch bestimmt wird (Richtlinie 3 des BM Gesundheit und Umweltschutz 1975). Die Expositionsdauer beträgt 28 Tage. Die Angabe des Meßwertes erfolgt in mg SO₃/dm².28d.

Die NO_x-Messung (mit NO_x-Kerzen) beruht auf der Umwandlung von Diphenylamin in Nitrosamin, welches bei 390nm photometrisch ausgewertet wird (Methode nach KOSMUS et al. 1985). Die Expositionsdauer beträgt 14 Tage. Die Meßwerte werden in mg Nitrosamin/d angegeben.

Die O₃-Messung (mit Indigopapieren) beruht auf der Umwandlung von Indigo zu Isatin, das bei den Wellenlängen 404, 406, 408, 410, 604 und 606 nm gemessen wird; angewandt wurde eine modifizierte Methode nach WERNER (1988): Für die Exposition werden Filterpapiere (9x9cm) 2x mit einer 0,1%-igen wässrigen Indigodispersion imprägniert und nach der Exposition 30min mit Ethanol extrahiert und photometriert. Die Expositionsdauer beträgt 14 Tage. Die Angabe des Meßwertes erfolgt in Extinktionseinheiten (404 nm).

2.3 Klassen

Zur Beurteilung der SO_2 - und NO_x -Kerzendaten wurden die in Tabelle 2 wiedergegebenen Klassengrenzen gewählt, die auf Vergleichen mit registrierenden Methoden beruhen. Für SO_3 und NO_x kann bei Werten der Klasse 1 angenommen werden, daß auch bei empfindlichen Pflanzen noch keine Schädigungen zu erwarten sind. Bei mehrfachem Auftreten von Werten der Klasse 2 während der Vegetationsperiode können u.U. nachteilige Wirkungen auf empfindliche Pflanzen auftreten; bei Werten höherer Klassen liegt eine Gefährdung vor. Die provisorische Klassifizierung der Ozonwerte (1: Extinktionen bis 0.3, 2: Extinktionen 0.3-0.6, 3: > 0.6) kann derzeit noch nicht mit möglichen Auswirkungen in Zusammenhang gebracht werden, da Vergleiche mit registrierenden Methoden noch nicht in ausreichendem Maße vorliegen.

Tab.2: Klassengrenzen

Klasse	SO_3 (mg $\text{SO}_3/28\text{d}$)	NO_x (mg Nitrosamin/d)
1	bis 2,8 (1a) 2,9 - 5,6 (1b)	bis 0,30
2	5,7 - 8,4	0,31 - 0,70
3	8,5 - 11,2	0,71 - 1,20
4	11,3 - 14,0	> 1,20
5	> 14,0	-

3. ERGEBNISSE UND BESPRECHUNG

3.1 Klassenzuordnung

Die ersten Auswertungen für den Meßzeitraum Juni bis Anfang November haben ergeben, daß 99% der Bleikerzenwerte in Klasse 1 (79% in Klasse 1a und 20% in Klasse 1b) und 1% in Klasse 2 lagen. Bei den NO_x -Kerzen wurden dagegen auch Werte der Klasse 4 erreicht (73% in Klasse 1, 12% in Klasse 2, 1% in Klasse 3, < 1% in Klasse 4). Die Ozonwerte zeigten Extinktionen bis 0,6 (73% der Extinktionswerte lagen unter 0,3; vgl. Tabelle 3 und Abbildung 1).

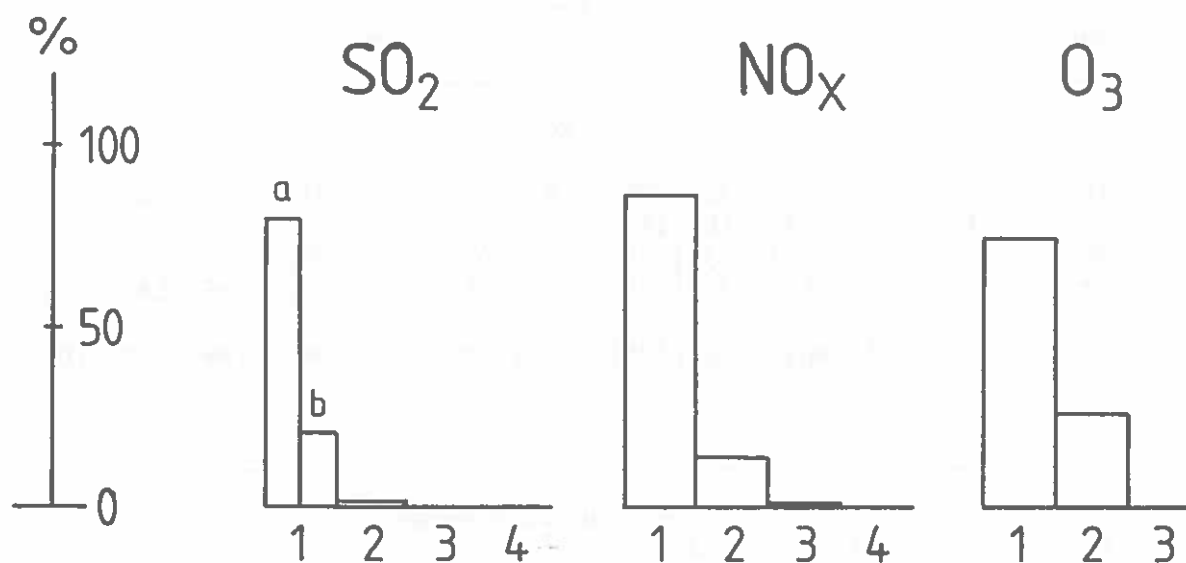


Abb. 1: Prozentuelle Häufigkeiten der Meßwerte in den einzelnen Klassen (Meßzeitraum 20.6.1990 - 7.11.1990)

Tab. 3: Anzahl der Einzelwerte in den einzelnen Klassen (in Klammern: gerundete Prozentanteile) der Perioden 1-5 (SO_3) bzw. 1-10 (NO_x und Ozon). Prozentanteile und Summe (Sa.) ohne Berücksichtigung der Ausfälle.

BL	(n)	1a	1b	Klasse		Ausf.	Sa.
				2	3		
SO_3							
NÖ.	(27)	58 (46%)	68 (54%)	0 (0%)	0 (0%)	- (-)	126
OÖ.	(8)	21 (55%)	16 (42%)	1 (3%)	0 (0%)	- (-)	38
Stmk.	(65)	325 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	- (-)	325
Ktn.	(19)	52 (58%)	34 (38%)	3 (3%)	0 (0%)	- (-)	89
Ges.:	119	456 (79%)	118 (20%)	4 (1%)	0 (0%)	- (-)	578

BL	(n)	1	2	Klasse		Ausf.	Sa.
				3	4		
NO_x							
NÖ.	(27)	192 (81%)	41 (17%)	5 (2%)	1 (0%)	31 (12%)	239
OÖ.	(8)	60 (85%)	10 (14%)	1 (1%)	0 (0%)	9 (11%)	71
Stmk.	(65)	496 (91%)	49 (9%)	0 (0%)	0 (0%)	103 (16%)	545
Ktn.	(19)	123 (75%)	38 (23%)	3 (2%)	0 (0%)	26 (14%)	164
Ges.:	119	871 (86%)	138 (14%)	9 (1%)	1 (0%)	169 (14%)	1019

BL	(n)	1	"Extinktionsgrenze"		Ausf.	Sa.
			2	3		
Ozon						
NÖ.	(27)	203 (89%)	25 (11%)	0 (0%)	- (-)	228
OÖ.	(8)	57 (86%)	9 (14%)	0 (0%)	14 (18%)	66
Stmk.	(65)	405 (73%)	152 (27%)	0 (0%)	- (-)	557
Ktn.	(19)	80 (52%)	73 (48%)	0 (0%)	- (-)	153
Ges.:	119	745 (74%)	259 (26%)	0 (0%)	14 (1%)	1004

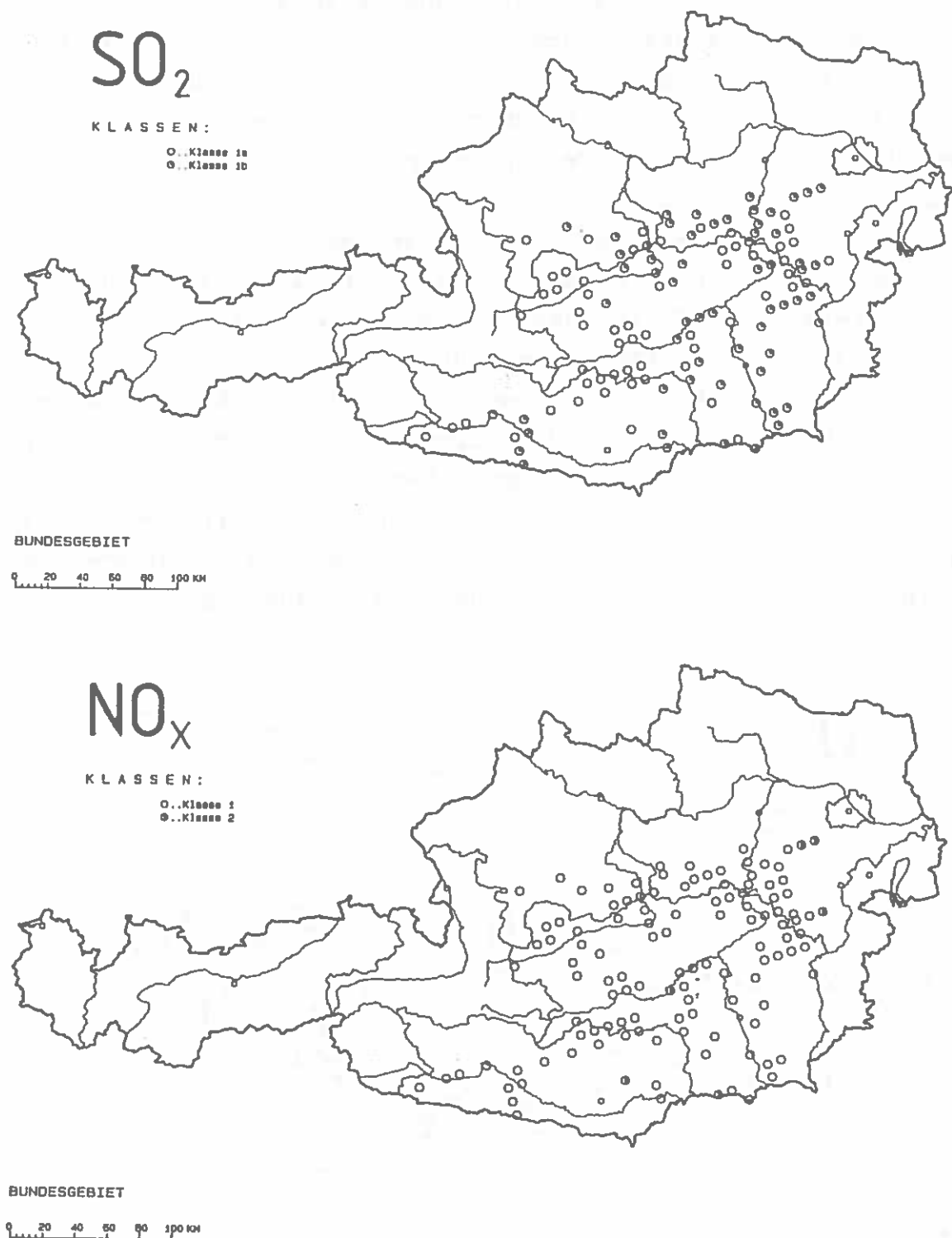


Abb. 2: Gesamtmittelwerte für Schwefeldioxid und Stickoxide
(Meßzeitraum 20.6.1990 - 7.11.1990)

Klassenzuordnungen der Stations-Gesamtmittelwerte (Mittelwerte der Analysenwerte über den gesamten Meßzeitraum): Für SO_2 ergaben sich nur Werte der Klasse 1 (rund die Hälfte der Werte lag in Klasse 1b und die Meßstellen vorwiegend in besiedelten Gebieten). Bei den NO_x -Werten entsprachen 113 Punkte der Klasse 1 und nur 6 Punkte in Klasse 2 (z.B. im Raum Baden). Die mittleren Extinktionen der Ozonpapiere lagen bei rund 80% der Meßstellen unter 0.3; höhere Werte kamen vor allem in Kärnten, der Obersteiermark und im Bereich der niederösterreichisch-steirischen Grenze vor (Abbildung 2 und 3).

Rund ein Drittel der SO_2 -Werte der Klasse 1b lagen außerhalb jener Gebiete, die nach dem Stand von 1986 (BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT 1988) unter dem Einfluß forstschädlicher Luftverunreinigungen lagen; NO_x -Werte der Klasse 2 lagen in 4 der 6 Fälle innerhalb derselben und die Ozonwerte mit Extinktionen $> 0,3$ lagen fast ausnahmslos außerhalb.

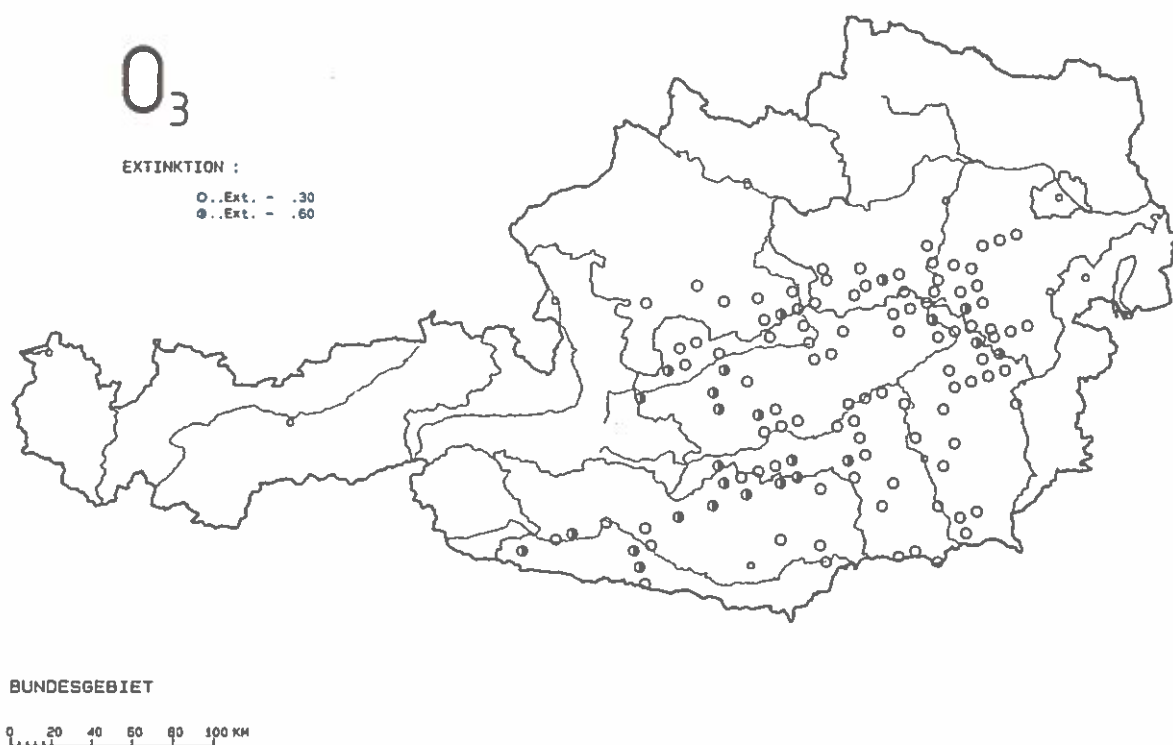


Abb. 3: Gesamtmittelwerte für Ozon (Meßzeitraum 20.6.1990 - 7.11.1990)

3.2 Zeitliche Entwicklung

Die SO_2 -Periodenmittel nahmen außer in der Steiermark, wo die Mittelwerte in den ersten 3 Perioden fast gleichhoch waren, bis Mitte Oktober ab und in der 5. Periode wieder leicht zu. Die NO_x -Werte blieben von Juni bis Anfang September annähernd gleich und nahmen im Herbst zu (Höchstwerte während einer Schlechtwetterphase im September; Ausfall der 4. Meßperiode); beim Ozon wurde im wesentlichen eine Abnahme zwischen Juli und Oktober beobachtet (Abbildung 4).

4. ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen des Waldschaden-Beobachtungssystems (WBS) wurden die waldrelevanten Luftschadstoffe SO_2 , NO_x und Ozon bei 119 ausgewählten WBS-Punkten mit Bioindikation in den Bundesländern Niederösterreich (27), Oberösterreich (8), Steiermark (65) und Kärnten (19) mit integrierenden Methoden erfaßt. Die Auswahl der Meßstellen und die Expositionsarbeiten wurden von den Landesforstbehörden durchgeführt.

Die ersten Auswertungen für den Meßzeitraum Juni bis Anfang November (5 bzw. 10 Expositionstermine) haben ergeben, daß 79% der SO_2 -Werte in Klasse 1, 20% der Werte in Klasse 2 und 1% in Klasse 3 lagen. Bei den NO_x -Kerzen wurden dagegen Werte auch der Klasse 4 erreicht (73% in Klasse 1, 12% in Klasse 2 und 1% in Klasse 3, < 1% in Klasse 4). Die Ozonwerte zeigten Extinktionen bis 0,6 (73% der Extinktionswerte lagen unter 0,3).

Die SO_2 -Werte nahmen bis Mitte Oktober ab und dann wieder leicht zu; die NO_x -Werte blieben bis Anfang September annähernd gleich und nahmen im Herbst zu (Höchstwerte während einer Schlechtwetterphase im September); beim Ozon wurde eine Abnahme zwischen Juli und Oktober beobachtet.

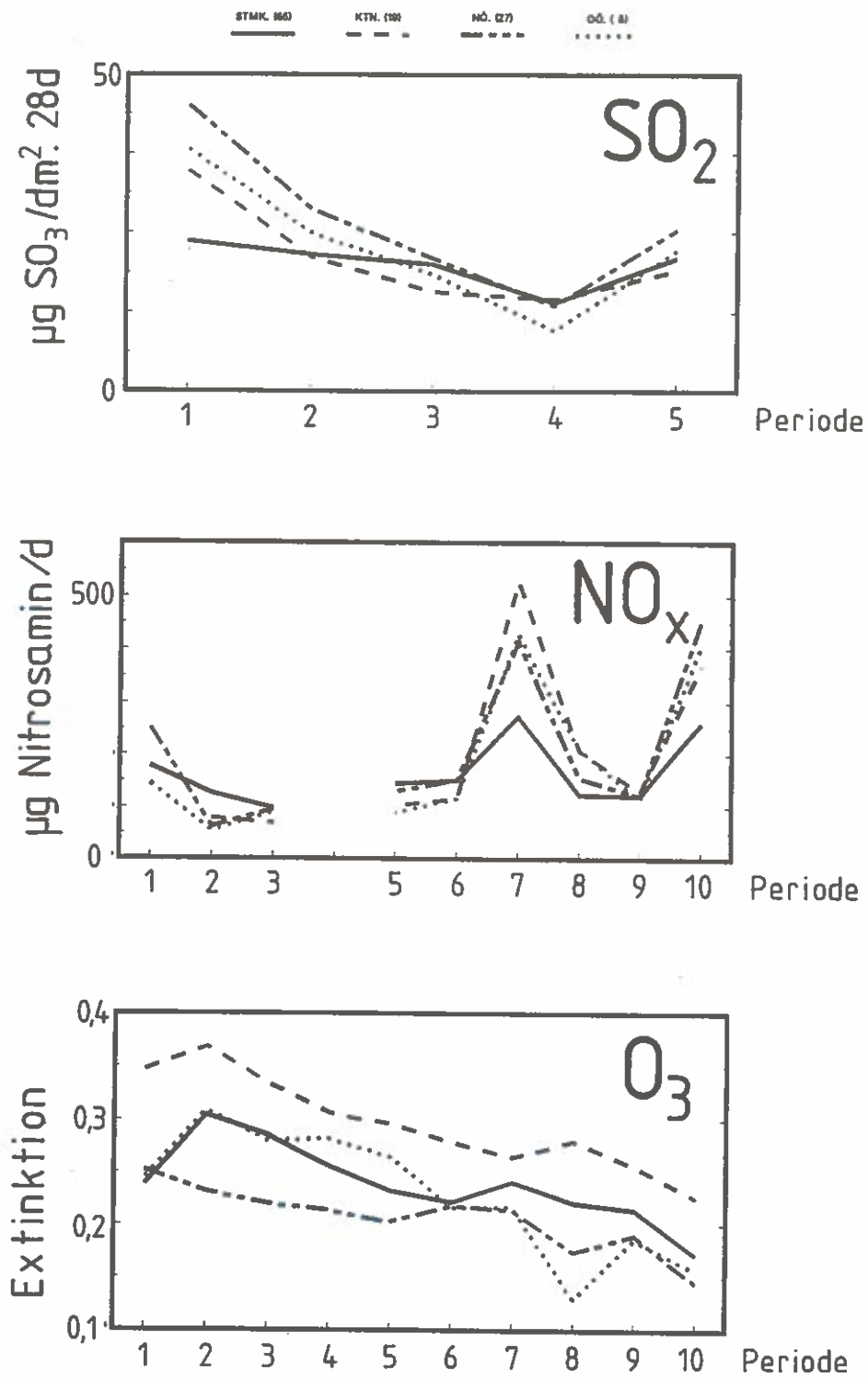


Abb. 4: Periodenmittelwerte (Meßzeitraum 20.6.1990 - 7.11.1990)

LITERATUR

BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT, 1988: Gefährdung und Schutz des Waldes. Aus den Untersuchungen der FBVA, 4. Auflage.

KOSMUS W., J. LEITNER und J. RABER, 1985: Integrale Langzeitmethode zur Bestimmung v. Stickstoffoxid-Immissionen.- Fres. Z. Anal. Chemie 320: 507.

WERNER H., 1988: Erfahrungen mit passiven Ozonintegratoren im Freiland- und im Kammertest.- Symposium "Verteilung und Wirkung von Photooxidantien im Alpenraum" 11.-15.4.1988 in Garmisch Partenkirchen, GSF-Bericht 17/88, 346-359.

BUNDESMINISTERIUM FÜR GESUNDHEIT UND UMWELTSCHUTZ, 1975: Schwefelverbindungen - Bleikerzenmethode, Richtlinie 3.

NACHWEIS VON SCHWEFELIMMISSIONSEINWIRKUNGEN AUF PROBEFLÄCHEN DES WBS MIT HILFE VON PFLANZENANALYSEN

von

Alfred Fürst

1. EINLEITUNG

Das Waldschaden-Beobachtungssystem soll zur Beobachtung bzw. Erklärung der Entwicklung der Schädigungen von Waldbeständen und Waldböden in Kombination mit einer periodischen flächendeckenden Luftbildinventur dienen. Ein Teil der Untersuchungen im Rahmen des WBS beinhaltet die Feststellung von Einwirkung und Auswirkung von Luftverunreinigungen. Die Einwirkung von akkumulierbaren Schadstoffen ist durch Pflanzenanalysen feststellbar. Für Schwefel - einen der akkumulierbaren Schadstoffe - liegen nun die ersten Ergebnisse der Entnahme im Herbst 1989 vor.

2. METHODIK

2.1 Auswahl der Blatt- und Nadelprobebäume

Insgesamt wurden 534 WBS-Flächen auf den Waldtrakten des ÖFI-Netzes 1981 eingerichtet. Davon wurden bei 320 Flächen 1987/88 je 3 Bäume für die Blatt- und Nadelprobenahme ("Indikatorbäume") markiert. Um die Ergebnisse der Beobachtungsflächen nicht durch die jährliche Probenahme zu beeinflussen, wurden Bäume außerhalb der WBS-Fläche mit einem Mindestabstand von 17,9m und einem Maximalabstand von 50m vom jeweiligen Flächenmittelpunkt ausgewählt. Weitere Auswahlkriterien waren:

- * gleiche Exposition und gleiche Standortbedingungen für die Indikatorbäume und den Flächenmittelpunkt;
- * vorherrschende oder herrschende Bäume; älter als 60 Jahre;

keine ÖFI-Bäume; keine Randbäume und keine Bäume mit groben mechanischen Schäden

* Erreichbarkeit und Besteigbarkeit der Bäume.

2.2 Probenahme

Die Probenahme erfolgte gemäß den Bestimmungen der zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen durch die Landesforstdienste. Bei insgesamt 289 WBS-Flächen wurden gemäß den oben genannten Richtlinien 1989 insgesamt 1686 Blatt- und Nadelproben entnommen (s. Abbildung 1).

2.3 Probenvorbereitung und Analyse

Die Nadel- und Blattproben wurden bei 80°C im Umlufttrockenschrank getrocknet, von den Holzteilen befreit, anschließend vermahlen und vor der Analyse bei 105°C nachgetrocknet. Die Schwefelanalysen der Proben wurden mit einem LECO SC-132 Schwefelanalysator durchgeführt (FÜRST 1987).

3. ERGEBNISSE DER NADEL- UND BLATTANALYSEN DES WBS 1989

Die folgenden minimalen, maximalen und mittleren Schwefelgehalte konnten als Durchschnittswerte der $n \leq 3$ Probebäume bei den 289 WBS-Indikatorflächen festgestellt werden.

Nadelbäume:

		% Schwefel im					
Flächen-	anzahl	Nadeljahrgang 1 (89)			Nadeljahrgang 2 (88)		
		Min.	Max.	Mittel	Min.	Max.	Mittel
Fichte	257	0,074	0,159	0,104	0,071	0,200	0,107
Kiefer	18	0,077	0,129	0,109	0,083	0,160	0,120
Tanne	4	0,121	0,141	0,128	0,135	0,138	0,137
Zirbe	2	0,122	0,132	0,127	0,111	0,121	0,116

Laubbäume:

	Flächen- anzahl	% Schwefel		
		Min.	Max.	Mittel
Buche	4	0,086	0,184	0,139
Eiche	4	0,128	0,189	0,157

Zur Beurteilung, ob an den einzelnen Flächen Schwefelimmis-
sionseinwirkungen vorliegen, wurden die Fichten-, Kiefern und
Buchenflächen (n=279) in vier Gesamtklassifikationstypen analog
zum Bioindikatornetz (STEFAN 1989) eingeteilt. Bei den Gesamt-
klassifikationen 3 und 4 besteht eine SO₂-Immissionseinwirkung.
Für die Baumarten Eiche, Zirbe und Tanne ist eine Klassifi-
zierung mangels Referenzwerten derzeit nicht möglich.

Aus der folgenden Zusammenstellung ist die Häufigkeitsvertei-
lung der Schwefelgesamtklassifikationen der 1989 bearbeiteten
"WBS-Indikatorflächen" in den einzelnen Bundesländern ersicht-
lich.

Bundesland (n)	Gesamtklassifikation			
	1	2	3	4
Burgenland (6)	-	1	5	-
Kärnten (29)	1	18	10	-
Niederösterreich (67)	2	38	26	-
Oberösterreich (37)	-	24	13	-
Salzburg (21)	1	20	-	-
Steiermark (85)	-	58	26	1
Tirol (29)	2	25	2	-
Vorarlberg (6)	-	6	-	-
Bundesgebiet (279)	6	190	82	1

Von den 279 Flächen wiesen 29,7 Prozent die Gesamtklassifika-
tionen 3 oder 4 (Schwefelgehalt größer Grenzwert), 68,1 Prozent
die Gesamtklassifikation 2 und 2,2 Prozent die Gesamtklassifika-
tion 1, bei der Schwefelimmismissionseinwirkungen mit Sicherheit

Abbildung 1:

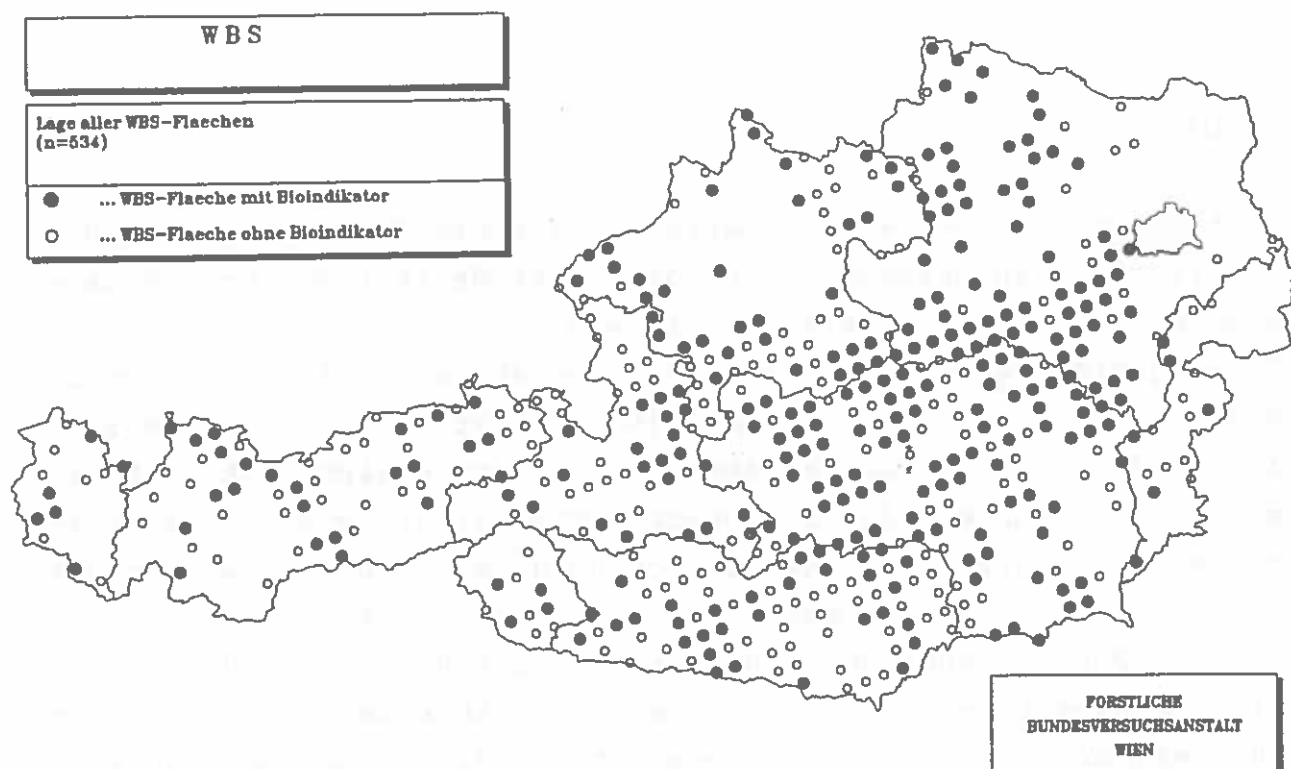
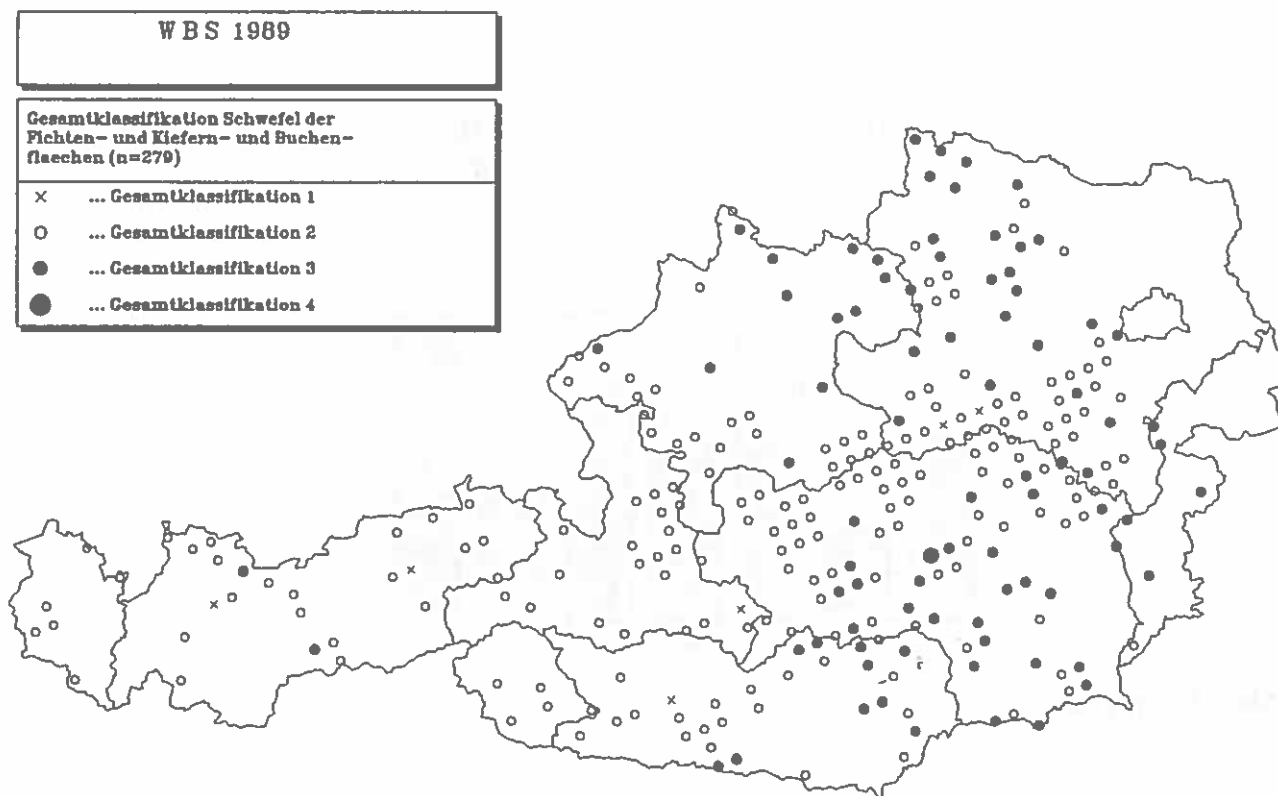


Abbildung 2:



auszuschließen sind, auf. Die lagemäßige Verteilung der Punkte ist aus Abbildung 2 ersichtlich.

4. DISKUSSION

Eines der Ziele des WBS besteht darin die Schädigungseinflüsse zeitlich zu dokumentieren; dies ist derzeit mit den Ergebnissen nur eines Jahres nicht möglich. Um die Situation im "Startjahr" der WBS-Untersuchung jedoch abschätzen zu können, bieten sich die Ergebnisse des BIN-Grundnetzes der Jahre 1983-89 an (STEFAN 1990). Aus der Abbildung 3 ist ersichtlich, daß der prozentuelle Anteil der Grundnetzpunkte mit Grenzwertüberschreitungen im Jahre 1989 (etwa gleich hoch wie 1987) unter dem des Jahres 1985 aber über dem der Jahre 1983, 1984, 1986 und 1988 liegt. Das Entnahmehjahr 1989 ist, was die Häufigkeit der Punkte mit Grenzwertüberschreitungen betrifft, in keiner Richtung ein "Extremjahr". Bei Verwendung gewichteter Mittel der Häufigkeitsverteilung der Gesamtklassifikationen 1-4 erweist sich aber das Jahr 1989 aufgrund der Abnahme des Punkteanteiles mit Gesamtklassifikation 1 seit 1985 als das schlechteste seit Beginn der Bioindikatornetzuntersuchung.

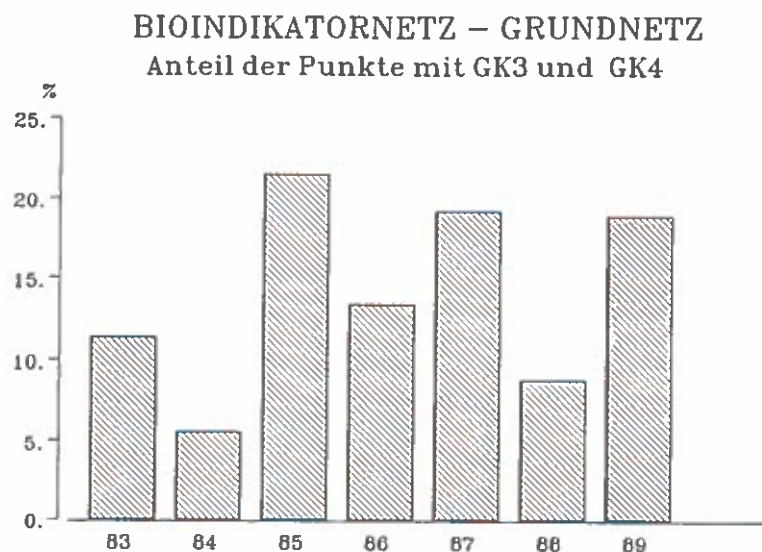


Abbildung 3

Bei einer Gegenüberstellung der Ergebnisse der beiden systematischen Netze fällt auf, daß der Anteil von Punkten mit Grenzwertüberschreitungen (GK3 oder GK4) beim BIN-Grundnetz (STEFAN 1990) mit rund 19% deutlich niedriger liegt als beim WBS-Ergebnis mit rund 30%.

Eine Möglichkeit der Erklärung ergibt sich daraus, daß von den 534 Waldpunkten des WBS-Netzes nur 289 Waldpunkte als "Indikatorpunkte" nach den Auswahlkriterien des Punktes 2.1 eingerichtet werden konnten (s. Abbildung 1) und weitere 10 Punkte (Tanne, Zirbe und Eiche) nicht klassifiziert wurden. Durch diese Selektion kam es zu einer Verteilung, die nicht mehr den Voraussetzungen der Repräsentativität entspricht.

Bundesland	Zahl der Gesamtpunkte	Zahl der Indikatorpunkte	in % der Gesamtpunkte
Burgenland	16	6	37,5
Kärnten	79	29	36,7
Niederösterreich	100	67	67,0
Oberösterreich	73	37	50,7
Salzburg	48	21	43,8
Steiermark	137	85	62,0
Tirol	68	29	42,6
Vorarlberg	13	6	46,2
Bundesgebiet	534	279	52,2

In den Bundesländern Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark, wo rund 68 Prozent aller WBS-Flächen mit Indikatorbäumen liegen, ist der Anteil der Flächen mit Indikatorbäumen an den WBS-Gesamtpunkten deutlich höher als in allen übrigen Bundesländern. Da die Einwirkungsgebiete forstschädlicher Luftverunreinigungen (POLLANSCHÜTZ und NEUMANN 1987) vor allem in diesen Bundesländern recht groß sind, wird der hohe Prozentsatz an WBS-Punkten mit Grenzwertüberschreitungen gegenüber dem BIN-Grundnetz erklärbar.

Bei der Gegenüberstellung des BIN-Grundnetzergebnisses und des WBS-Ergebnisses sind auch die unterschiedlichen Einrichtungsparameter der beiden Netze zu berücksichtigen. Bezieht man sich auf die 16x16 km Rasterfelder des landesflächendeckenden BIN-Grundnetzes zeigt sich, daß in etwas mehr als der Hälfte dieser Rasterfelder auch WBS-Indikatorpunkte liegen. In Bereichen mit hoher Dichte an WBS-Indikatorbäumen kommt es zu "Mehrfachtreffern" je 16x16 km Rasterfeld. Treten hier noch zusätzlich flächenhafte Immissionen auf, kommt es zu einer höheren Anzahl von Punkten mit Grenzwertüberschreitungen als beim BIN-Grundnetz (zB. Mühl- und Waldviertel).

Ein Einflußfaktor auf die Ergebnisse systematischer Netze kann auch die orographische Gliederung des Geländes sein. Emittenten liegen im Bereich der Alpen vorwiegend in Tallagen und deren Immissionen breiten sich längs der Täler bevorzugt unterhalb der Inversionsschicht aus. In solchen Untersuchungsgebieten ist eine Netzverdichtung notwendig, wenn exakte Aussagen über die Lage und Ausdehnung der immissionsbeeinflussten Waldflächen getroffen werden sollen. Beim Bioindikatornetz wurde dies durch die Verdichtung des Grundnetzes realisiert. Beim systematischen WBS-Netz kommt es - wie z.B. in der Steiermark - durch die Lage der WBS-Indikatorpunkte in einem der Hauptimmissionsgebiete der Steiermark, der Mur-Mürzfurche, zu einem hohen Anteil an WBS-Indikatorflächen mit Grenzwertüberschreitungen. Das gegenteilige Resultat ergab sich bei den WBS-Indikatorpunkten in Tirol, wo gerade das immissionsbelastete Inntal von den WBS-Indikatorpunkten nicht erfaßt wird.

Mit dem WBS-Netz und dem BIN-Grundnetz alleine sind Fragen betreffend die Lage und die Ausdehnung von Immissionsgebieten und immissionsbeeinflussten Waldgebieten aus den oben genannten Gründen nur schwer beantwortbar. Erst die Verknüpfung von BIN-Grundnetz mit den Verdichtungspunkten und natürlich auch mit dem WBS-Netz ermöglicht eine detaillierte Beantwortung dieser Fragestellung.

Die Feststellung von Schädigungsursachen kann dagegen nur an den WBS-Punkten eindeutig erfolgen, weil hier nicht nur Nadel-

und Blattanalysenergebnisse, sondern z.B. Daten von Bodenanalysen, Luftanalysen, phythopathologischen Erhebungen und Zuwachsuntersuchungen vorhanden sind, die einerseits eine Differentialdiagnose erlauben und andererseits in der Zukunft die Quantifizierung des Einflusses verschiedener negativer Faktoren bzw. ihres Wechselspieles ermöglichen werden. So gesehen stellen die Ergebnisse der Nadel- und Blattanalysen des WBS eine wertvolle Komplettierung zu den bis jetzt bestehenden bundesweiten Erhebungen dar, können aber nach dem oben Gesagten keinesfalls als Ersatz für diese angesehen werden.

5. LITERATUR

FÜRST A., 1987: Schwefelbestimmung in Fichtennadelproben - ein Methodenvergleich - Fresenius Z.Anal.Chem. 328, 89-92.

POLLANSCHÜTZ J. und NEUMANN M., 1987: Leichte Besserung bei den Nadelbäumen. Österr. Forstzeitung 98.Jg., Heft 11, 16-18.

STEFAN K., 1989: Ergebnisse der Schwefelanalysen des Österreichischen Bioindikatornetz im Jahre 1988. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Immissionsforschung und Forstchemie - Interner Bericht, 53 S. und Anhang.

STEFAN K., 1990: Grundnetz des österreichischen Bioindikatornetzes - Ergebnisse der Schwefelanalysen der Probenahme 1989 und Vergleich der Resultate der von 1983 bis 1989 bearbeiteten Grundnetzpunkte. Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Immissionsforschung und Forstchemie - Interner Bericht, 24 S. und Anhang.

LUFTBILDINVENTUREN HANDHABUNG UND MÖGLICHKEITEN

von

Manfred Gärtner

1. EINFÜHRUNG

Das Grundkonzept der Luftbildinventur als Teilprojekt des WBS ist die periodisch wiederkehrende Beurteilung von exakt denselben Einzelbäumen eines Stichprobenrasters, die Beobachtung der Veränderung sowie die Verknüpfbarkeit mit Zusatzdaten in vielerlei Form. Dazu werden die Koordinaten einer Baumkrone (im Landesystem) mit einer großen Anzahl von Zusatzparametern, sogenannten Attributen, erfaßt und in Datenbanken abgespeichert. In einem Folgezyklus werden die schon einmal beurteilten Bäume im Luftbildinterpretationsgerät automatisch wieder angefahren und erneut beurteilt. Dadurch kann der dynamische Prozeß der Veränderung an völlig identen Bäumen beobachtet werden. Voraussetzung für diese Art der periodischen Beobachtung ist der Einsatz von analytischen Stereoauswertegeräten mit anwenderfreundlichen Programmen und durchdachten Datenbankstrukturen zur raschen Bewältigung der großen Datenmengen.

Die Grundlage für die Interpretation ist das absolut orientierte, d.h. dem Landeskoordinatensystem zugeordnete Stereomodell. Diese Aufgabe wird in der Regel mittels Aerotriangulierung durchgeführt. Dabei werden sowohl dauerhafte Naturpunkte (für die Bearbeitung von Folgezyklen) als auch die Orientierungselemente für die Stereomodelle geschaffen. Für die Interpretation selbst wurde im Zug einer Forschungsarbeit vom Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung der Universität für Bodenkultur in enger Zusammenarbeit mit der FBVA Wien ein Meßprogramm für die eingesetzten Stereoauswertegeräte ZEISS P1 entwickelt. Dieses Programm wird hier nun kurz vorgestellt.

2. MESSPROGRAMM UND INTERPRETATION

Im aktuellen Stereomodell werden nach Festlegung von Auswerter und Auswertezyklus die Modellgrenzen digitalisiert; sämtliche in dieses Modell fallende Rasterpunkte des Stichprobenrasters werden nun automatisch angefahren. Der frei wählbare Raster kann innerhalb eines Modells z.B. für kleinräumige Spezialuntersuchungen unterschiedlich verdichtet werden. Am aktuellen Rasterpunkt werden vom Interpreteten eine große Anzahl von Bestandesdaten, Flächendaten und Einzelbaumdaten erhoben und automatisch in der richtigen Datenbank abgespeichert. Zusätzlich werden Hilfsabbildungen über das geräteeigene Einspiegelungssystem Videomap wie z.B. Probekreis, Windrose, Maßstabsleiste, Baumarten- und Verlichtungssymbol eingeblendet. Die Abarbeitung des Meßprogramms erfolgt menugesteuert durch Registrieren mit dem geräteeigenen Cursor.

An Bestandesdaten werden Angaben über Wuchsklasse, Betriebsart, Gelände, Bestandesaufbau, Mischung, Kronenschlußgrad und allfällige Besonderheiten abgespeichert. Das Programm wählt je nach Eingabe der Wuchsklasse den weiteren Arbeitsablauf selbsttätig, d.h. bei Vorliegen eines Nichtwaldpunktes wird automatisch der nächste Rasterpunkt aufgesucht.

Als Flächendaten werden anschließend von bis zu drei Baumarten die Flächenanteile geschätzt und ein flächenhafter Kronenzustand in Bezug auf die Probefläche gutachtlich in einer fünfstufigen Skala interpretiert. Diese Flächendaten erlauben eine Beurteilung von Rasterpunkten, an denen eine Einzelbaumannsprache nicht möglich ist (z.B. Jungwuchs, Dichtung). Nach den Flächendaten werden Einzelbaumdaten erfaßt. Pro Baum werden Baumart, soziale Stellung, Kronenverlichtung (neunstufige Skala), Vergilbung, Kronendurchmesser und eine Reihe von möglichen Besonderheiten erhoben und zusammen mit den Koordinaten und der Seehöhe in der Datenbank abgelegt. Zur Kontrolle wird jeder Baum mit einem Symbol für Baumart und Verlichtung mittels Videomap ins Stereomodell eingeblendet. Jederzeit können auch außerhalb der Rasterpunkte beliebig viele "Sonderbäume" erhoben werden. Alle

interpretierten Bäume des Modells können stets wieder aufgerufen und editiert werden.

3. KORREKTURMÖGLICHKEITEN

Um die Korrektheit der Kronenbeurteilung zu kontrollieren, ist eine Trendberechnung und - wenn gewünscht - eine Trendkorrektur der persönlichen Trends jedes Interpreten möglich. Durch einen besonders bewährten Interpreten oder aus terrestrischen Beobachtungen werden Soll-Werte der Einzelbäume ermittelt und mit den Ist-Werten des jeweiligen Interpreten verglichen. Dabei ermittelt das Programm sowohl Werte für die Interpretationsgüte als auch Korrekturparameter für jeden Interpreten, getrennt nach Baumarten und dem gewählten Zeitabschnitt. Unbrauchbare Interpretationen können dadurch rechtzeitig erkannt und die Ergebnisse erforderlichenfalls von persönlichen Trends bereinigt werden.

4. AGGREGATION UND GRAPHISCHE AUSGABE

Die Vorstufe der nun folgenden kartografischen Verarbeitung der Daten ist eine Aggregation, also eine beliebig groß wählbare rastermaschenweise Zusammenfassung der Interpretationsergebnisse und die Berechnung des Mittelwertes (mit oder ohne Trendkorrektur). Das Aggregationsgebiet wird koordinativ vorgegeben und kann z.B. einen Forstbezirk darstellen. Derzeit können vier Aggregationsarten gewählt werden: Durchschnittlicher Verlichtungsgrad der einzelbaumweisen Kronenbeurteilung ungewichtet, mit Kronenzahl oder Baumartenflächenanteil gewichtet und Mittelwert der flächenhaften Kronenzustandserfassung, mit Baumartenflächenanteil gewichtet. Die kartografische Ausgabe des berechneten Mittelwertes kann bei frei wählbaren Intervallen entweder in Quadratdarstellung, Torten-, Balken-, oder Summendiagramm ausgeplottet werden. Selbstverständlich sind unterschiedliche Farbkodierungen und Zeichenmaßstäbe auf verschiedenen Unterlagen (Pa-

pier, Folie, Kartengrundlage) möglich, wobei die Ausgabe von einer, mehrerer oder auch aller Baumarten zusammengefaßt wählbar ist.

Die drei Beispiele zeigen nur einen kleinen Teil der grafischen Verarbeitungsmöglichkeiten. In der maßstabsgerechten Originalgrafik sind die Intervalle bzw. Stufen farblich unterschiedlich (grün, gelb, orange, rot, violett) dargestellt. Aus drucktechnischen Gründen sind diese Farbwerte in Grauwerte umgesetzt.

Abbildung 1 zeigt die Mittelwerte aller Einzelbaumbewertungen (alle Baumarten) in fünf Intervallgrenzen unterschiedlich codiert dargestellt.

Abbildung 2 zeigt vom selben Arbeitsgebiet ebenfalls die Mittelwerte der Einzelbaumbewertungen, jedoch nur das Laubholz in fünf Intervallgrenzen unterschiedlich dargestellt. Der deutlich höhere Anteil der schlechten Laubhölzer konzentriert sich im Talbereich vornehmlich an den Südhängen.

Die Abbildung 3 zeigt die Anteile der einzelnen Kronenverlichtungsstufen 1-5, nur für die Baumart Fichte, in Form von Tortendiagrammen dargestellt. Die unterschiedlich großen Kreissektoren entsprechen den Anteilen der Kronenverlichtungsstufen.

5. AUSBLICK

Sowohl ein Programm für die numerische Ausgabe der bisher nur grafisch darstellbaren Daten als auch ein Programm für die Verknüpfung mehrerer Attribute als Voraussetzung für gezielte Ursachenforschung soll als Auftragsarbeit der FBVA Wien an der BOKU entwickelt werden. Dadurch wird es u.a. möglich sein, für bestimmte regionale und/oder thematische Befundeinheiten Häufigkeitsverteilungen und statistische Kennwerte für bestimmte Parameter zu ermitteln oder auch selektiv bestimmte Details. z.B. alle stark verlichteten Fichten an steilen Südhängen zwischen 800 und 1100m Seehöhe gezielt darzustellen.

LEND-TAXENBACH

ERH: 200x50 AGG: 200x200 (4Rp) BA: Gesamt
MOD: Mittelwert Einzelbaum ungewichtet
KAT: 1.5 2.0 2.8 3.9 5.0 Trendber.

Karte 1

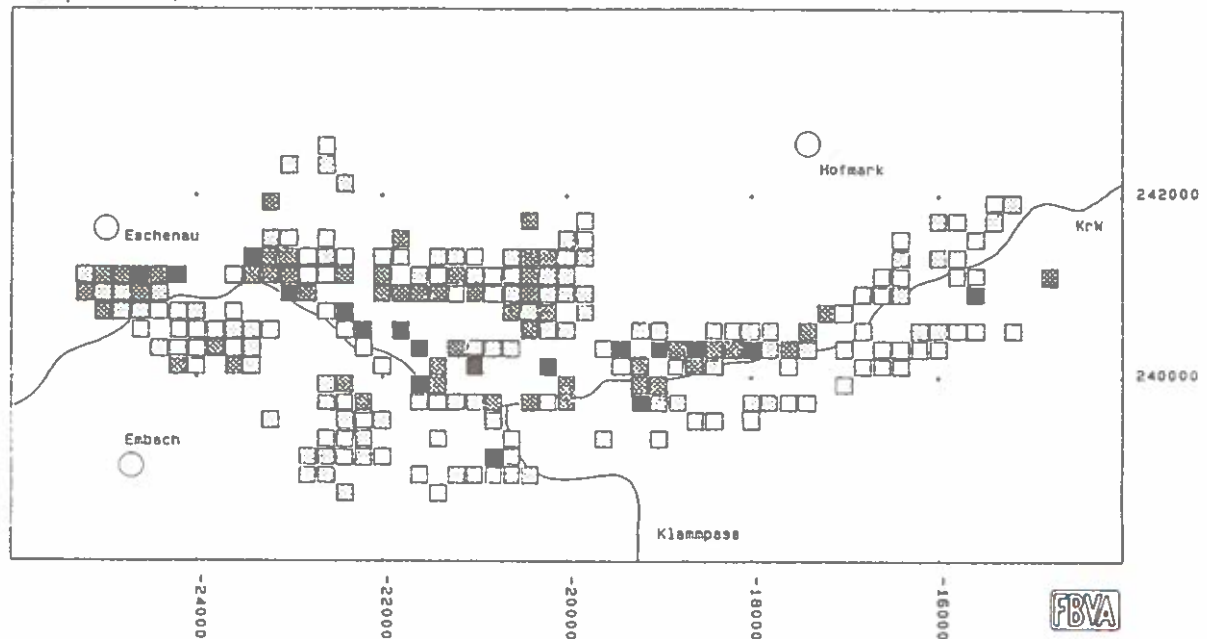


Abb. 1: Mittelwert der Einzelbaumbewertungen, alle Baumarten

LEND-TAXENBACH

ERH: 200x50 AGG: 200x200 (4Rp) BA: nur Laub
MOD: Mittelwert Einzelbaum ungewichtet
KAT: 1.5 2.0 2.8 3.9 5.0 Trendber.

Karte 2

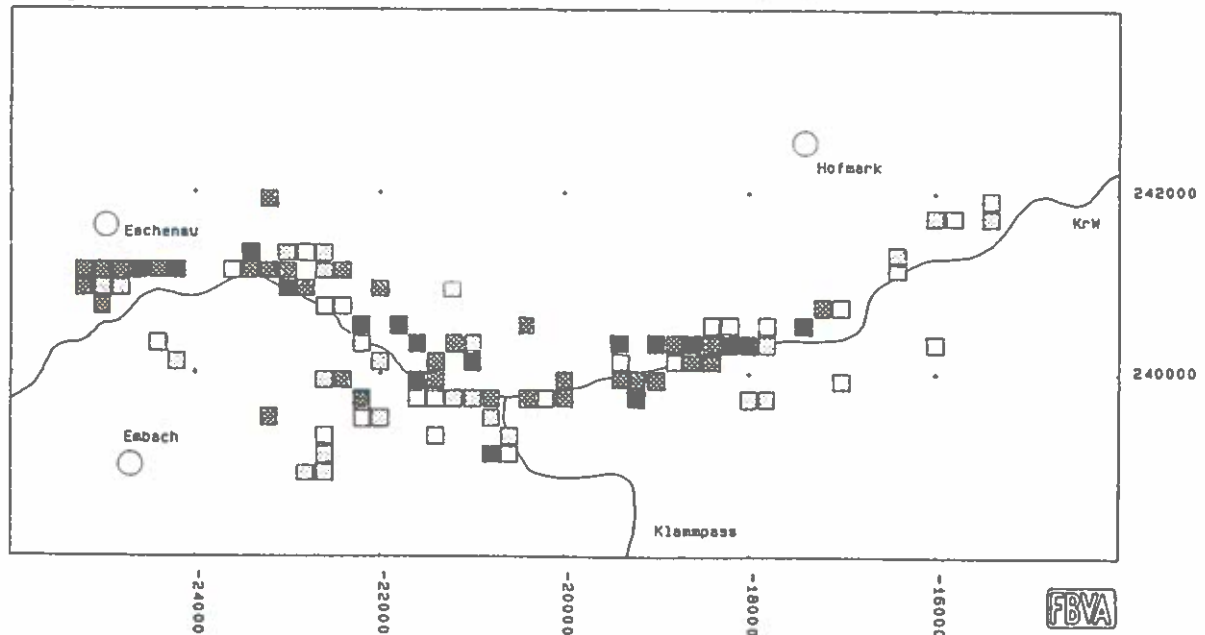
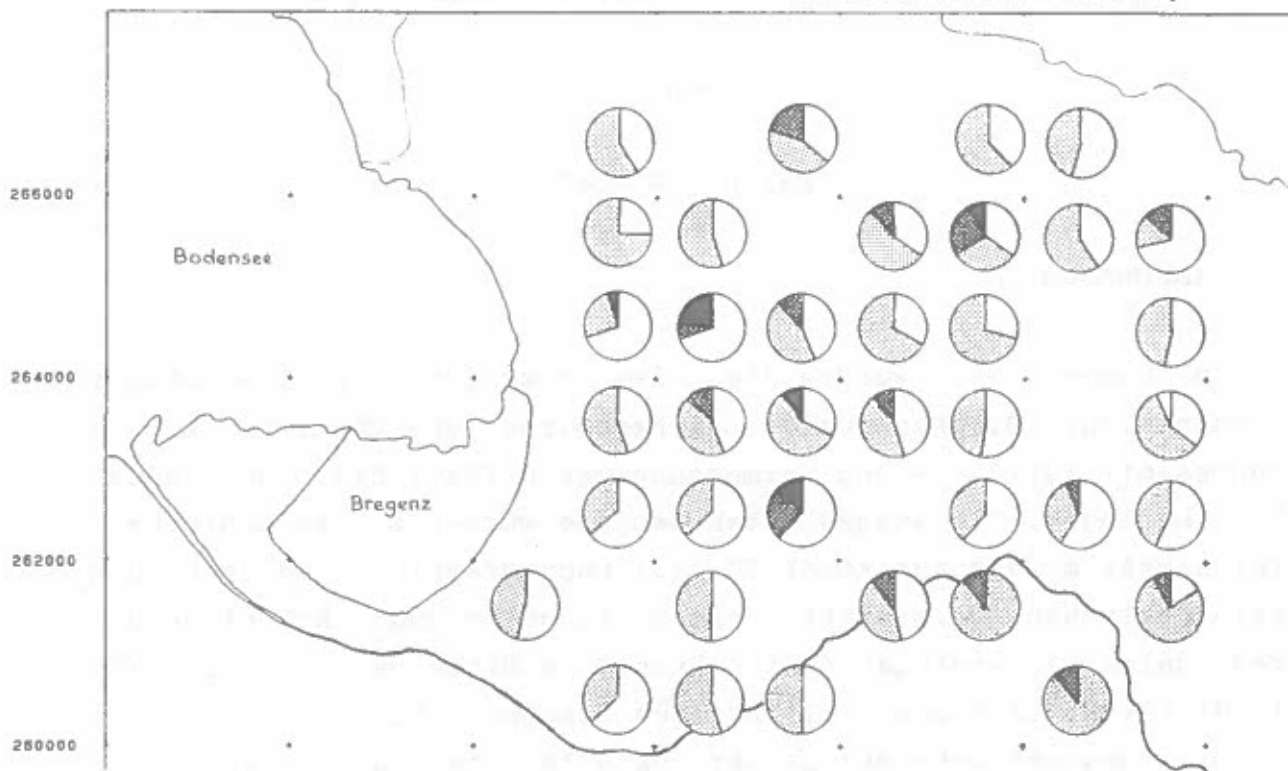


Abb. 2: Mittelwert der Einzelbaumbewertungen, nur Laubhölzer

BREGENZ/89

EPH: 350x350 m AGG: 1000x1000 m (8Rp) BA: Fichte
MOD: Anteile Verlichtungsstufen 1 - 5
STU: 1.0 2.0 3.0 4.0 5.0 Trendberichtigt



LEGENDE:

Symbol	Mittelwert	Verlichtungsstufe
(grün)	Mittelwert 1,0 - 1,5	Verlichtungsstufe 1
(gelb)	Mittelwert 1,5 - 2,0	Verlichtungsstufe 2
(orange)	Mittelwert 2,0 - 2,8	Verlichtungsstufe 3
(rot)	Mittelwert 2,8 - 3,9	Verlichtungsstufe 4
(violett)	Mittelwert 3,9 - 5,0	Verlichtungsstufe 5

Abb. 3: Anteile der Kronenverlichtungsstufen, Baumart Fichte

LUFTBILDINVENTUREN
ÜBERBLICK ÜBER DIE PROJEKTE DES JAHRES 1989

von

Walther Goebel

1. EINFÜHRUNG

Im Sommer 1989 wurden die vier forstlichen Problemgebiete Tauern/Nord, Bregenzerwald, Leithagebirge und Vöcklabruck vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) bzw. vom Bundesheer befliegen. Die ausgewählten Gebiete wurden mit Falschfarben-Infrarotfilm vom Typ KODAK SO 131 photographiert und nach den erforderlichen Vorarbeiten (Aerotriangulierung, Erstellen der regionalen Interpretationsschlüssel) im Winterhalbjahr 1989/90 in Hinblick auf Kronenverlichtungen ausgewertet.

Die Gesamtfläche der LBI-Projekte 1989 beträgt ca. 1040 km², der Bildmaßstab liegt im Mittel bei 1 : 12.000. Folgendes Stichprobendesign wurde für die Interpretation gewählt: An jedem Rasterpunkt ein Probekreis mit 500 m², bei Interpretation von Einzelbäumen maximal drei Bäume pro Baumart je Rasterpunkt, höchstens drei verschiedene Baumarten je Rasterpunkt. Die Rasterweite wurde - ausgehend vom Grundraster 500x500m - jeweils für die speziellen Gegebenheiten der einzelnen Gebiete adaptiert.

2. DIE GEBIETE UND DIE ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNG

2.1 Tauern/Nord

Mit Methoden der Luftbildinterpretation sollte untersucht werden, ob ein Einfluß der Tauernautobahn auf den Kronenzustand der Wälder im Nahbereich der Autobahn nachweisbar ist.

Das Untersuchungsgebiet reicht von St.Martin am Tennengebirge

im Norden bis an den Tauern-Hauptkamm im Süden. Im Zentrum liegt das Flachautal bzw. die Tauernautobahn. Die westliche Begrenzung bildet das Griesenkareck, der Zauchensee markiert den Ostrand.

Die Aerotriangulierung des Bildfluges Tauern/Nord wurde an der FBVA durchgeführt, einerseits um das BEV zu entlasten und andererseits, um das Bildmaterial früher bearbeiten zu können.

Der Aufnahmeraster wurde für dieses Gebiet mit 500x500m festgelegt, in einem weiteren Untersuchungsabschnitt wurden Profile quer zur Achse der Tauernautobahn interpretiert. Diese Profile sind in Abständen von 1 km entlang der Autobahn angeordnet, die Profillänge beträgt auf jeder Seite der Autobahn 200m.

Die Ergebnisse der Flächenansprachen und der Einzelbauman-sprachen weisen auf einen relativ guten Gesamtzustand des Waldes hin (siehe Abb. 1). Schwach beeinträchtigte Flächen treten mitunter gehäuft auf, jedoch konnte weder die Gebietserhebung noch die Untersuchung der Profile eine Konzentration von Kronenverlichtungen im Nahbereich der Autobahn nachweisen.

2.2 Bregenzerwald

Das Gebiet "Bregenzerwald" wurde von der FBVA ausgewählt, da die dort vorkommenden tannenreichen, plenterwaldartig bewirtschafteten Wälder nach Erhebungen der WZI Verlichtungen aufweisen, die über das natürliche Ausmaß hinausgehen. Mit Hilfe der Luftbilderhebung sollte geklärt werden, ob bestimmte räumliche Verteilungsmuster der Verlichtungen vorliegen, welche eventuell Rückschlüsse auf mögliche konkrete Ursachen erlauben.

Das Untersuchungsgebiet reicht von Bregenz im Westen bis zum Hochhäderich an der Staatsgrenze im Osten und von der Staatsgrenze im Norden bis zur Linie Wolfurt - Hittisau im Süden. Für dieses Gebiet wurde ein Raster von 350x350m gewählt, um die mitunter kleinen Waldstücke doch noch erfassen zu können.

Bei den Ergebnissen der Flächenansprachen überwiegt bei weitem die Verlichtungskategorie A (normal entwickelt), wenn auch manche Bereiche als schwach beeinträchtigt (Kategorie B) ausge-

TAUERN-NORD/89

EW: 500x500 m AB: 1000x1000 m (BWP) SA: Gesamt
 HDB: Mittelwert Einzelbaum ungewichtet
 KAT: 1,0 2,0 2,8 3,9 5,0 Trendbar.

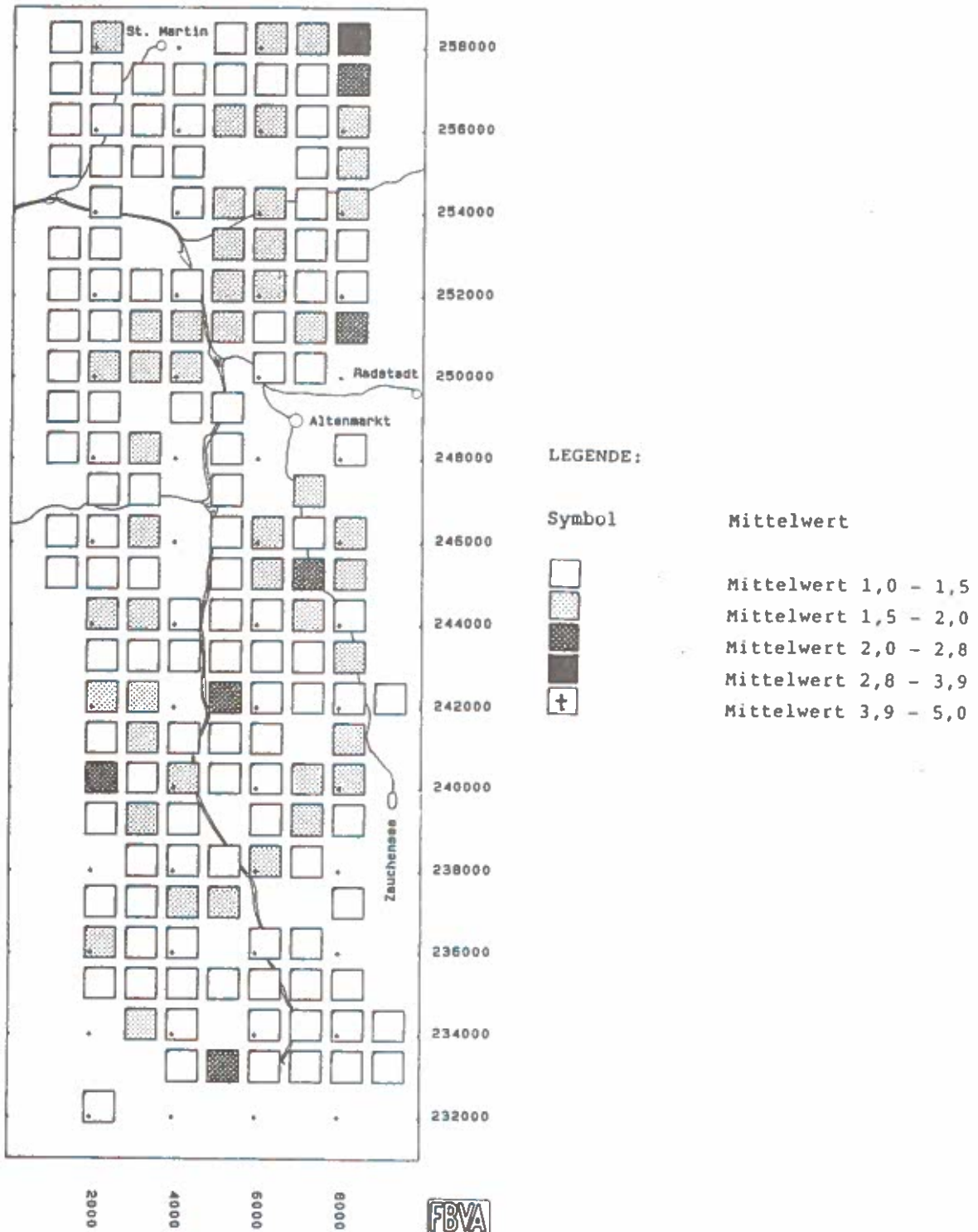


Abbildung 1: Tauern/Nord - Ergebnisse der Einzelbaumannsprachen

wiesen werden. Die Ergebnisse der Einzelbaumansprachen (für alle Baumarten) zeigen hingegen, daß die Kategorie B dominiert, ca. 5% der Aggregationsmaschen sind der Kategorie C zuzuordnen (sh. Abb. 2). Wenn man im Vergleich dazu das Ergebnis für die Baumart Tanne allein betrachtet, wird klar, daß der schlechtere Kronenzustand der Tannen für das gegenüber den Flächenansprachen deutlich schlechtere Resultat der Einzelbaumansprachen mitverantwortlich ist.

BREGENZ/89

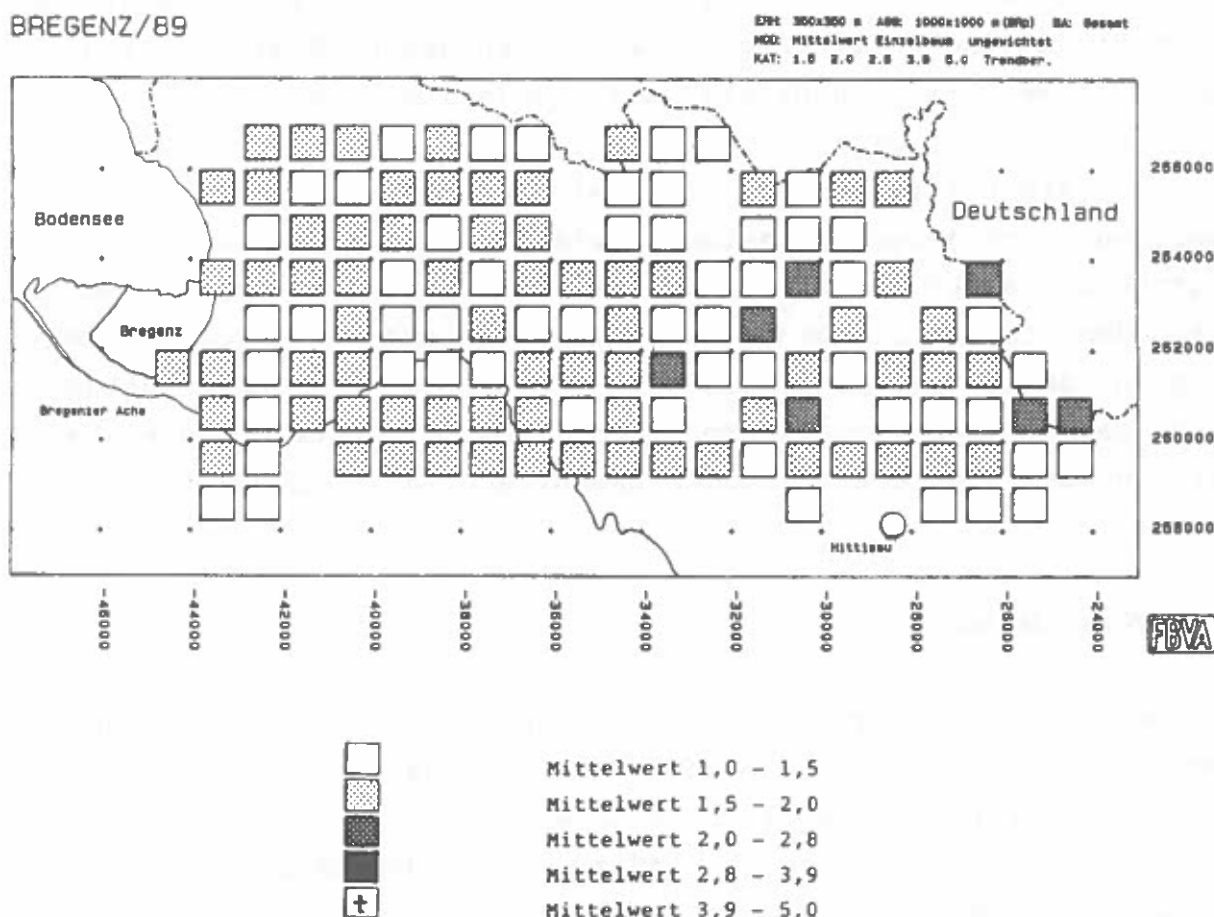


Abbildung 2: Bregenzerwald - Ergebnisse der Einzelbaumansprachen

2.3 Leithagebirge

Das Untersuchungsgebiet umfaßt die gesamte Ausdehnung des bewaldeten Leithagebirges, die durch die Befliegung erfaßte Fläche

beträgt ca. 260 km².

Das Bildmaterial dieser Befliegung ist durch den in der Nähe des Neusiedlersees herrschenden Dunst leicht verschwommen, einzelne Bereiche sind durch Wolken oder Wolkenschatten verdeckt.

Für die Interpretation wurden zwei verschiedene Raster mit unterschiedlicher Aufgabenstellung gewählt: einerseits ein 500x500m-Raster, in welchem nach dem üblichen Schema Flächen- und Einzelbaumannsprachen durchgeführt werden und andererseits ein weiterer 500x500m-Raster (gegenüber dem ersten Raster um 250m in X- und Y-Richtung versetzt), an dessen Rasterpunkten in einem erweiterten Suchkreis nur Überhälter und Oberholzstämme interpretiert wurden.

Die Ergebnisse zeigen, daß bei den Flächenansprachen (bei welchen auch jüngere Bestände erfaßt werden) der Waldzustand durchaus als gut zu bezeichnen ist, bei den Einzelbaumannsprachen (ab dem starken Stangenholz) überwiegen die leicht beeinträchtigten Bestände. Der Zustand der Überhälter und Oberholzstämme ist dagegen schon als besorgniserregend einzustufen, die Verlichtungskategorie C (deutlich beeinträchtigt) dominiert.

2.4 Vöcklabruck

Das Untersuchungsgebiet reicht von St.Georgen im Attergau im Westen bis Lindach im Osten bzw. von Schwanenstadt im Norden bis zur Linie Weyregg-Altmünster im Süden.

Dieses Gebiet wurde vom Bundesheer (Bildflugkompanie Langenlebarn) in zwei Durchgängen beflogen, da am ersten Flugtag einzelne Bereiche durch Wolken verdeckt waren.

Die Interpretation erfolgte im Frühjahr 1990, wobei das Gebiet wegen der unterschiedlichen Bewaldungsdichte in zwei Bereiche geteilt worden ist. Im Nordteil wurde wegen der geringeren Bewaldungsdichte ein 350x350m-Raster verwendet, der dichter bewaldete Südteil wurde mit einem 500x500m-Raster interpretiert.

Das Ergebnis der Flächenansprachen zeigt, daß der Nordteil des Gebietes gegenüber dem Südteil einen etwas schlechteren Ge-

samtzustand aufweist. Während im Norden nur knapp die Hälfte der Aggregationsmaschen als "normal entwickelt" ausgewiesen wurden, beträgt der Anteil dieser Verlichtungskategorie im Süden über 80%. Bei der Darstellung der Ergebnisse der Einzelbaumannsprachen fällt auf, daß im Norden des Untersuchungsgebietes die Verlichtungskategorie B überwiegt (einzelne Flächen werden auch als deutlich bzw. stark beeinträchtigt ausgewiesen), während im Südteil mehr als die Hälfte der Flächen der Verlichtungskategorie A zuzuordnen ist. Für beide Teilgebiete gilt, daß die Ergebnisse der Einzelbaumannsprachen geringfügig schlechter ausfallen als die Ergebnisse der Flächenansprachen.

Der im Nordteil des Gebietes verwendete Aufnahmeraster war zu weitmaschig, um die Abgrenzung und Zonierung der Einflußbereiche forstschädlicher Luftverunreinigungen im Raum Lenzing - Timelkam einerseits und Steyrermühl - Laakirchen andererseits vornehmen zu können.

LUFTBILDINVENTUREN ÜBERBLICK ÜBER DIE PROJEKTE DES JAHRES 1990

von

Bruno Regner

1. EINLEITUNG

Die LBI ist ein Teilprojekt im Rahmen des WBS und hat als Instrument zur Umweltbeobachtung, Ursachenforschung und Ökosystemanalyse die Aufgabe flächendeckende, stichprobenweise Kronenzustandsuntersuchungen durchzuführen. Ursprünglich war eine österreichweite Befliegung in einem mehrjährigen Durchgang geplant, doch dieser Plan mußte auf eine regionale Projektvariante eingeschränkt werden.

Der Ablauf der LBI - Projekte gliedert sich in mehrere Phasen, die in Arbeitsteilung zwischen dem Institut für Vermessungswesen und Fernerkundung an der Universität für Bodenkultur (Projektentwicklung, technisches Konzept), dem Bundesamt für Eich - und Vermessungswesen (Befliegung, Aerotriangulierung), der Bildflugkompanie Langenlebern des Bundesheeres (Befliegung) und dem Institut für Waldwachstum und Betriebswirtschaft an der FBVA und Mitarbeitern der STUGES (Interpretationsschlüssel, Interpretation, Homogenisierung, Datenaufbereitung, Endbericht) durchgeführt werden.

In den beiden vergangenen Jahren wurde die Praxisreife des Verfahrens erprobt. Auch das Jahr 1990 stellt noch eine Übergangsphase dar, bevor 1991 die schon erwähnte Planvariante mit der Kronenzustandsinventur einzelner regionaler Befliegungsgebiete und Wiederholungsflügen in einem fünfjährigen Zyklus anläuft.

2. PROJEKTUMFANG, TECHNISCHE DATEN

Im Jahr 1990 wurden zwischen Mitte Juli und Mitte August acht Projektgebiete mit einer Gesamtfläche von 4160 km² befliegen (Abb. 1) und dabei 2292 Diapositiva im Format 23cm x 23cm unter Verwendung des hochauflösenden Farbinfrarotfilms Kodak SO 131 (aus Restbeständen, da dieser Filmtyp nicht mehr erzeugt wird) hergestellt. Die Bildoperate im mittleren Maßstab von 1 : 12000 weisen eine 60%ige Längs - und mindestens 10%ige Querüberdeckung auf. Zum Einsatz kamen FMC - Kameras mit 21cm bzw. 30cm Brennweite. Das Bildmaterial ist überwiegend sehr gut - nicht zuletzt dank des günstigen Flugwetters im heurigen Sommer -, wenn man von kamerabedingten Randunschärfen und bei Gebirgsflügen unvermeidlichen geländeabhängigen Schattenflächen absieht.

Den Nachteilen der geringeren Feinstrukturwiedergabe auf Grund des Bildmaßstabes wird mit intensiven Merkmalserhebungen auf gezielt angelegten Referenzflächen begegnet, da bei der Auswertung der Luftbilder vermehrt Farbmerkmale als Unterscheidungskriterien z.B. zwischen den makroskopisch erfaßbaren Symptomgruppen Verlichtung, Verfärbung, (a)biotische Schäden im Kronenbereich herangezogen werden müssen.

Tab. 1.: Die acht Projektgebiete, Fläche, Bildanzahl und Maßstabsbereiche.

Bezeichnung	Fläche(km ²)/Bildanzahl	Maßstabszahlen
Ausserfern	560/481	4000 - 19000
Tauern/Süd	260/251	10000 - 14000
Treibach	460/203	10000 - 14000
Gleinalm	220/105	8000 - 14000
Wechsel	1060/473	8000 - 14000
Ostrong	620/203	10000 - 14000
Linz	680/288	11000 - 14000
Schöneben	300/146	10000 - 14000

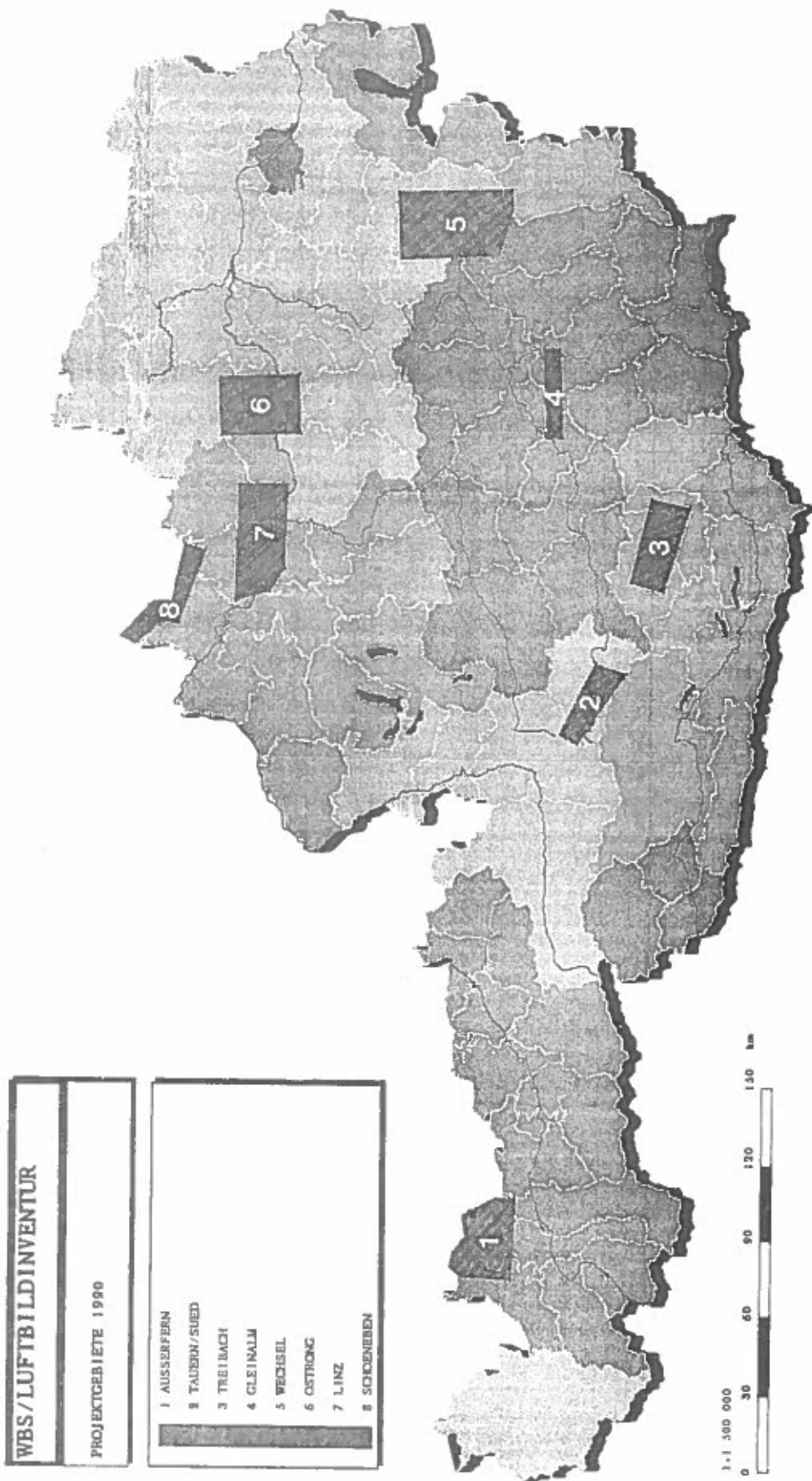


Abb. 1 : Die Lage der Projektgebiete 1990.

Vom Projekt Gleinalm wurde witterungsbedingt nur etwa ein Drittel des geplanten Gebietes befliegen. Der Gleingraben ist nicht erfaßt worden.

Die Gründe für die Auswahl gerade dieser Regionen sind im steigenden Bedarf der LFI's nach Information, Dokumentation, Beweissicherung und Planungsunterlagen zu suchen. Maßgeblich für die Auswahl waren u.a. hohe Immissionswerte und/oder schlechte Kronenzustandsergebnisse der terrestrischen Stichprobenerhebungen in Teilen der betreffenden Gebiete.

Im Sinn der wissenschaftlichen Aufgabenstellungen wurden möglichst viele verschiedene Wuchsräume und Waldökosysteme in das Programm einbezogen.

3. VORGESEHENE BEARBEITUNG

Bei den meisten Projekten des Jahres 1990 ist die Zielsetzung vorgegeben, nämlich die regionalen Belastungsschwerpunkte objektiv zu dokumentieren. Die kartographischen Darstellungen sollen auf Grund der räumlichen Verteilung verlichteter Baumkronen auch Rückschlüsse über mögliche Ursachen erlauben. Um das leisten zu können, muß das ursprünglich vorgesehene Stichprobendesign (500m x 500m) durch die Wahl eines engeren Grundrasters (z.B. 350m x 350m oder 250m x 250m) angepaßt und/oder durch kleinräumig angelegte Intensiverhebungen mit einem noch engeren Raster ergänzt werden.

Das Bildmaterial von Tauern/Nord aus dem Jahr 1989 z.B. durchläuft zur Zeit die Endphase eines zweiten Interpretationsdurchganges, um mit einem endgültigen Erhebungsraster von 350m x 350m den doppelten Stichprobenumfang gegenüber der Ersterhebung im 500m x 500m Grundraster zu erreichen, sodaß schließlich genauere Ergebnisse und verbesserte räumliche Aussagen über Kronenverlichtungen zu erwarten sind.

Die gleiche Stichprobenanlage ist für die Gebietsauswertung Tauern/Süd 1990 vorgesehen, zusätzlich wird eine Intensiverhebung in drei flächig angeordneten Profilen quer zur Tauern -

Autobahn durchgeführt.

Es ist zu erwarten, daß die hier vorgestellten Projekte der LBI mit der von meinem Vorredner beschriebenen Konzeption optimal bewältigt werden können, deren besonderen Vorteile die Möglichkeit einfacher periodischer Erhebungen des Kronenzustandes an denselben Bäumen, die beliebige Wahl der räumlichen Dichte der Stichprobe (dadurch ursachenspezifisch), die nachvollziehbare, transparente Auswertung und die objektive Dokumentation, die wirtschaftliche Durchführbarkeit und zukunftssichere Methodik sind.

4. ZUSAMMENFASSUNG

Planung und Durchführung der LBI und die Vorteile der Konzeption wurden im Gesamtkontext beschrieben. Die neuen Projekte der LBI im Jahr 1990 wurden vorgestellt, sowie Zielsetzungen, Durchführungsvarianten und technische Rahmenbedingungen diskutiert.

KRONENZUSTANDSINVENTUREN
METHODIK UND ERGEBNISSE DER JAHRE 1988-1990

von

Markus Neumann

1. EINLEITUNG

Ein Teilprojekt des Waldschaden-Beobachtungssystem ist die terrestrische Kronenzustandserhebung, die jährlich im Sommer auf allen Dauerbeobachtungsflächen durchgeführt wird. Mit dieser Erhebung wurde bereits 1988 begonnen; somit liegen die Ergebnisse von drei Aufnahmeperioden vor, die nun dargelegt und diskutiert werden sollen.

Die WZI hatte zur Aufgabe den (Gesundheits-)Zustand des österreichischen Waldes und seine Veränderungen von Jahr zu Jahr zu erfassen. Diese Zielsetzung entsprach der 1984 vorherrschenden Meinung eines rasanten Fortschreitens der sogenannten neuartigen Waldschäden. Rasch Informationen über Ausmaß und räumliche Verteilung zu erhalten, wurde damals für vordringlicher gehalten, als die Größenordnung der natürlichen Schwankungsbereiche abzuschätzen und die Wirkungszusammenhänge abzuklären. Nachdem aber die Erhebungen der WZI über die Jahre hinweg keine wesentlichen Veränderungen des (Kronen-)Zustandes ergaben - wie auch im benachbarten Ausland zumindest seit 1985 keine Veränderungen auftraten - war eine Änderung der Zielsetzung und demzufolge auch eine Änderung der Methodik angezeigt, wodurch dem Verständnis der Wirkungszusammenhänge mehr Gewicht beigemessen werden sollte. Es sollten damit durch die Interpretation der WZI-Ergebnisse neu hinzugekommenen Fragestellungen durch eine möglichst umfassende Betrachtung des Waldes als Ökosystem geklärt oder zumindest teilweise beantwortet werden.

2. FLÄCHENEINRICHTUNG UND AUFNAHMEMETHODIK

Entsprechend dieser Zielsetzung des Gesamtprojekts wurden Beobachtungsflächen in allen auf Wald gelegenen Trakthauptpunkten des Jahresnetzes 1981 der Österreichischen Forstinventur ohne Rücksicht auf die Entwicklungsstufe eingerichtet und als Untersuchungsorte für alle Teilprojekte festgelegt. Es galten daher keine ausschließlich auf die Kronenzustandserfassung ausgerichteten Auswahlkriterien wie sie für die WZI festgelegt waren. Eine analoge Kronenzustandserfassung an markierten oder eingemessenen Einzelbäumen ist somit nicht auf allen Flächen möglich. Die Aufnahmemethodik wurde entsprechend abgeändert und ein vereinfachtes Verfahren der "flächenhaften" Kronenzustandserfassung auf einer Bezugsfläche von jeweils 500 m² an allen Flächen durchgeführt. Eine einzelbaumspezifische Kronentaxierung konnte nur auf denjenigen Flächen vorgenommen werden, auf denen der Waldbestand dies zuließ. Der Aufnahmeumfang umfaßt somit 534 "flächenhafte" Erfassungen, auf rund 180 Flächen davon zusätzlich Einzelbaumkronentaxierungen von rund 6300 Bäumen. Damit liegen zwei Ergebniszeitreihen vor, die strikt voneinander zu unterscheiden sind und je nach Aufnahmekollektiv und Aufnahme-genauigkeit unterschiedlich bewertet werden sollten. Die flächenhaften Zustandserfassungen können als repräsentativ für den Gesamtwald angesehen werden und dementsprechend einen jährlichen Überblick über den (Kronen-)Zustand des österreichischen Waldes liefern. Die Einzelbaumkronentaxierungen wurden hingegen nur in älteren Beständen etwa ab dem Alter 50 durchgeführt und sind daher nicht repräsentativ, durch die Identifizierbarkeit der Einzelbäume jedoch zur Erfassung der Veränderung ("Indikatorfunktion") besser geeignet.

Weitere Unterschiede zur WZI:

- Zusätzlich zur Erfassung der Verlichtungsstufe Anschnitzung des Nadel-/Blattverlustes in 5%-Stufen.
- Die Ansprache der Entnadelungstypen wurde durch eine, der tatsächlichen Dynamik der Kronenentwicklung besser angepaßte, Methode ersetzt.

- Die Ansprache der Schadmerkmale sowohl für die Einzelbaumbeschreibung wie auch für die Flächenbeschreibung wurde stärker detailliert.
- eine Kronenkartierung wurde notwendig, da die Lage des ÖFI-Traktes, um eine gezielte Behandlung durch den Waldbesitzer zu vermeiden, geheimgehalten werden soll und daher eine Markierung der Bäume nicht möglich war. Daraus ergeben sich in Zukunft vielleicht wertvolle Informationen über die räumliche Verteilung der festgestellten Symptome.
- innerhalb eines 1000 m² Kreis wurden neben den jeweiligen Hauptbaumarten auch alle übrigen Baumarten erfaßt.
- die Anspracherichtung für die Einzelbaumbeurteilung wurde festgelegt, was aber in der praktischen Durchführung noch Schwierigkeiten bereitet.

3. ERGEBNISSE

Nach einem einwöchigen Aufnahmetraining, bei dem auf verschiedenen Standorten möglichst unterschiedliche Verlichtungsformen gemeinsam beurteilt wurden, wurde durch die Zuteilung der Aufnahmegebiete versucht, unvermeidliche Ansprachetendenzen für die einzelnen Aussageeinheiten aufzuheben.

KRONENZUSTANDSERFASSUNG DES WALDSCHADEN-BEOBACHTUNGSSYSTEMS 1988 BIS 1990

VERTEILUNG DER VERLICHTUNGSSTUFEN ALLER PROBEBAÜME

(Angaben in %)

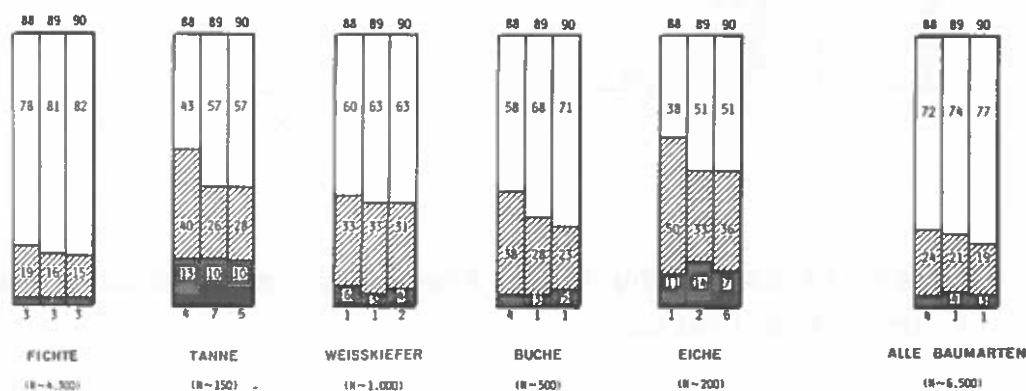
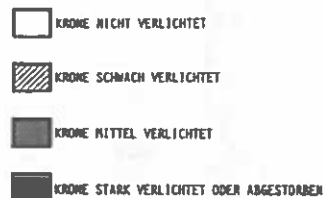


Abb. 1: Verteilung aller Probeebäume nach Verlichtungsstufen

Die Häufigkeitsverteilung aller Baumarten auf Verlichtungsstufen (Abb. 1) zeigt eine Abnahme der leicht verlichteten Kronen seit 1988 und einen gleichbleibenden Anteil stärker verlichteter Bäume von rund 4% über alle drei Aufnahmen hinweg. Nach Baumarten getrennt ist Fichte und Kiefer vergleichsweise konstant, hingegen ergaben sich bei Buche und Tanne eine stärkere Abnahme der leicht verlichteten Kronen, bei Eiche ist eine Erhöhung stark verlichteter Bäume festzustellen. Die geringe Anzahl von 6300 beobachteten Bäumen auf 180 Flächen verhindert aber weitere Interpretationen.

Ein ähnlicher Verlauf ergibt sich auch aus der Verteilung nach Nadelverlustprozenten (Abb. 2), wobei zu berücksichtigen ist, daß 1988 bei dieser Ansprache noch methodische Schwierigkeiten und Auffassungsunterschiede bestanden.

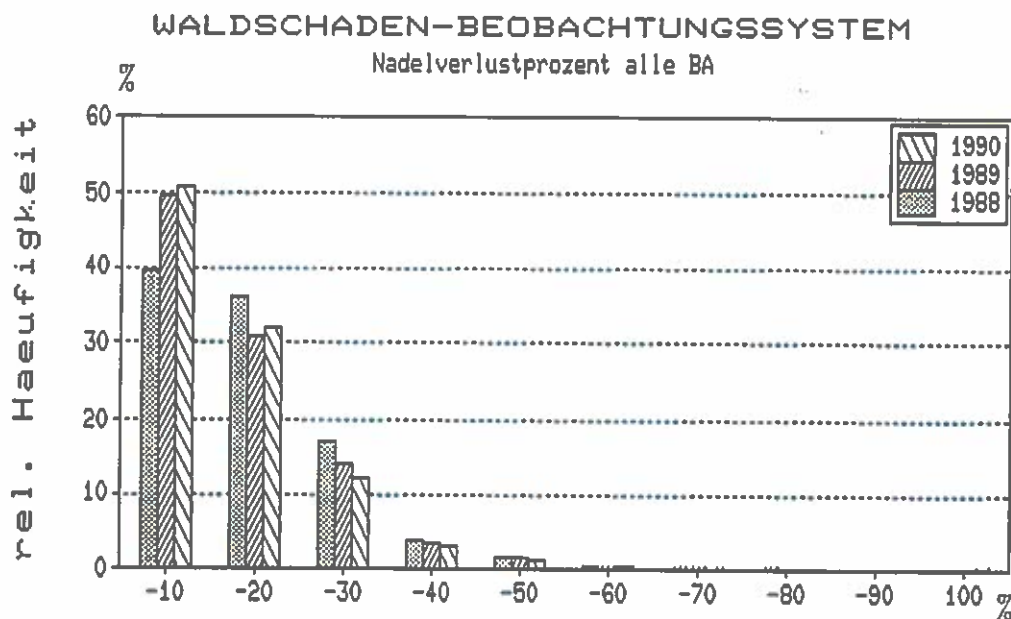


Abb. 2: Häufigkeitsverteilung aller Probestämme nach Klassen von 10%-Nadel/Blattverlust.

Für alle 534 Beobachtungsflächen ist die Ermittlung eines flächenbezogenen Kronenzustandskennwertes durch die Berechnung

des durchschnittlichen Verlichtungsgrades (DVG) möglich, dieser kann zu Verlichtungskategorien zusammengefaßt werden (vgl. NEUMANN 1989). Da im WBS nun alle Altersklassen erfaßt werden, könnte eine altersabhängige Grenzwertfestlegung in Zukunft den biologischen Abläufen besser gerecht werdende Ergebnisse liefern. Nach bisher üblicher Grenzwertfestlegung sind Bestände unter einem DVG von 1.50 als nicht geschädigt anzusehen, während in Beständen mit DVGs über 2.00 bereits deutliche Verlichtungsercheinungen im Bestandesdurchschnitt vorliegen. Dieser Klassifizierung folgend kann die Häufigkeitsverteilung aller Beobachtungsflächen ermittelt werden und auf die Gesamtwaldfläche Österreichs hochgerechnet werden. Demzufolge können für über 85% aller Bestände bezüglich ihres Kronenzustandes normale Verhältnisse angenommen werden und nur für 2% aller Bestände mußten deutliche Verlichtungen festgestellt werden. Auch hier ist eine kontinuierliche Abnahme der Kronenverlichtungen seit 1988 (Tab. 1) zu erkennen. Diese Ergebnisse der flächenbezogenen Auswertung sind deutlich besser als jene aus den WZI-Erhebungen, dies sollte bei Berücksichtigung der stark unterschiedlichen Altersgliederung der jeweils erfaßten Kollektive jedoch niemanden überraschen.

Tabelle 1: Häufigkeiten in Verlichtungskategorien nach Flächenansprüchen (Klammerwerte über 60-jährige Bestände)

Jahr	A (1.00-1.50)	B (1.51-2.00)	C+D (über 2.00)
1988	79.5	15.5	5.0
1989	81.5 (73.5)	14.0 (19.5)	4.5 (7.0)
1990	85.5 (78.0)	12.5 (19.0)	2.0 (3.0)

Der Kronenzustand älterer Fichtenbestände hat sich in allen Erhebungen (auch im Ausland) als schlechter erwiesen. Eine Erklärung könnte darin gefunden werden, daß ältere Bestände nach längerer Einwirkungsdauer überwiegend negativer Faktoren eben deutlichere Symptome zeigen als jüngere.

4. DISKUSSION

Prinzipiell ähnliches wurde auch im Rahmen der WZI festgestellt. Eine erst heuer abgeschlossene Analyse der WZI-Aufnahmen in Hinblick auf die Mortalitätsverhältnisse erbrachte aber das überraschende Resultat, daß die Mortalität bei Fichte nicht mit dem Alter zunimmt (NEUMANN und STEMBERGER 1990). Dieser Widerspruch wirft die Frage auf, welches Merkmal besser geeignet ist den Waldzustand zu erfassen. Für die Mortalität spricht deren eindeutige Erhebbarkeit ohne Zwischenschaltung einer subjektiv beeinflussten Referenz, während es ohne weiteres möglich erscheint, daß unsere Kronenzustandserhebungen in älteren Beständen von einer nicht adäquaten Referenz ausgehen, der scheinbar schlechtere Kronenzustand der Altbestände also keinem schlechteren Gesundheitszustand entspricht. Für eine endgültige Klärung welcher Parameter den tatsächlichen Zustand objektiver wiedergeben kann, ist es noch etwas zu früh, da zuverlässige Aussagen über die Mortalität auch bei einem großem Beobachtungskollektiv erst nach längeren Beobachtungszeiträumen möglich werden.

Auch ein zweites Beispiel zeigt, daß erst nach längerer Beobachtung gesicherte Ergebnisse und darauf aufbauend exakte Aussagen möglich sind. Durch eine Stratifizierung der WZI-Ergebnisse nach Neigungsverhältnissen ergeben sich im Jahr 1987 signifikant unterscheidbare Gruppen hinsichtlich des mittleren DVG (Abb. 3), die auch plausibel dahingehend interpretiert werden können, daß steilere Hänge auch stärker exponiert sind und ebene Bestände meist in tieferen Lagen mit höherem Schadstoffeintrag liegen. Nach mehrfacher Wiederholung der Aufnahmen kann eine teilweise Korrektur der Ansprachen bzw. eine Eliminierung offenbar falscher Ansprachen durchgeführt werden (SCHADAUER 1990). Eine gleiche Stratifizierung mit derart korrigierten Aufnahmedaten läßt keine statistisch unterscheidbaren Gruppen mehr entstehen.

Eine Korrektur von nur einem Jahresergebnis unter Berücksichtigung der Ergebnisse des Aufnahmetrainings oder von Kontrollansprachen ist zwar denkbar, aber weniger sicher, da die Frage

inwieweit sich das persönliche Anspracheverhalten im Laufe der Zeit ändert, weitgehend unklar ist. Erst eine mehrmalige Wiederholung ermöglichte also die richtige Interpretation, daß die Hangneigung keinen Einfluß auf den Kronenzustand hat.

HANGNEIGUNG

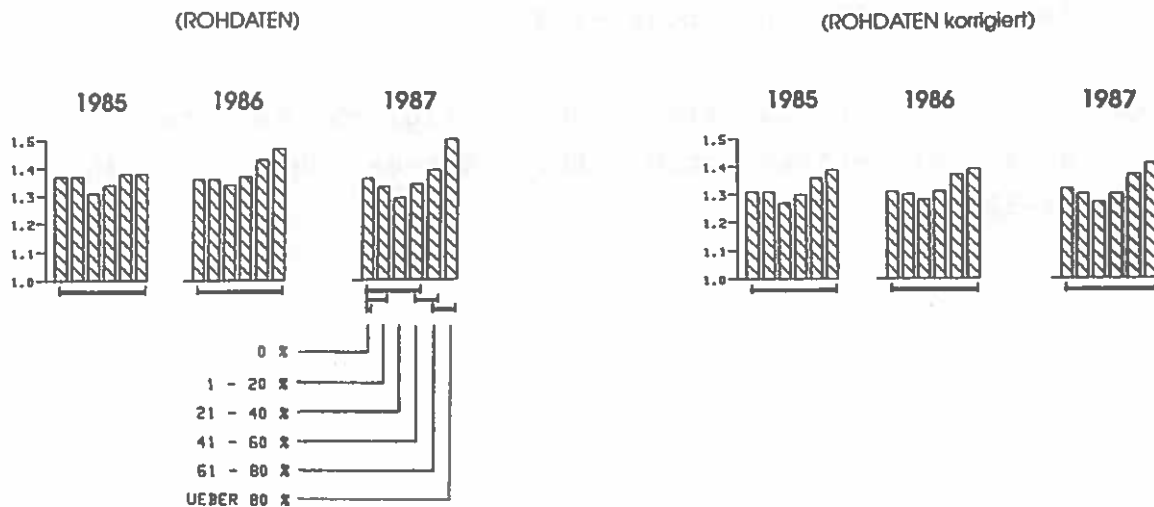


Abb. 3: Zusammenhang zwischen der Hangneigung und dem durchschnittlichem Verlichtungsgrad (—|—| homogene Gruppe)

Es muß daher, wie schon im einleitenden Beitrag deutlich gemacht wurde, nach den ersten Ergebnisdarstellungen unbedingt in der zweiten Phase jeder einzelne Parameter überprüft und möglichst verbessert werden, bevor in der dritten Phase die Zusammenführung mit Ergebnissen anderer Untersuchungen vorgenommen wird. Dieser Vorgang ist gegebenenfalls iterativ zu wiederholen und muß laufend durch Quervergleiche (im Fall der Kronenzustandserhebung speziell mit Zuwachsuntersuchungen) abgesichert und ergänzt werden, bevor gesicherte und haltbare Endergebnisse präsentierbar sind.

Literatur:

NEUMANN, M. und STEMBERGER A., 1990: Über Ausmaß und Verteilung der Mortalität: Gegenüberstellung von Ergebnissen der Waldzustandsinventur mit früheren Untersuchungen. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 107 Jg., p. 63-99.

NEUMANN, M., 1989: Zu Fragen der Waldzustandserfassung durch großräumige Inventuren. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 106 Jg., p.161-178.

SCHADAUER, K., 1990: Zur Frage der Korrigierbarkeit terrestrischer Kronentaxationen. In: FBVA-Berichte Nr. 45, p. 31-52.

WALDSCHADEN-BEOBACHTUNGSSYSTEM
FOLGERUNGEN UND AUSBLICK FÜR DAS GESAMTPROJEKT

von

Josef Pollanschütz

1. GRUNDSÄTZLICHE ÜBERLEGUNGEN UND ASPEKTE

Es erscheint angebracht, nicht nur grundsätzliche **Folgerungen** aus den bisherigen Untersuchungen und den gewonnenen Erfahrungen zu ziehen, sondern auch einen **Ausblick** auf notwendige interdisziplinäre Untersuchungen in entsprechenden Langfristprojekten zu geben.

Die Anzeichen einer globalen Bedrohung des Waldes, das ökologische Denken und die in zunehmendem Maße auf die **Umwelt** bezogene Bewußtseinsbildung haben dazu geführt, daß die notwendigen Maßnahmen zur **Bewahrung der Natur** als **Lebensgrundlage**, als die Herausforderung der Gegenwart und der Zukunft erkannt worden sind. Dafür bildet das **Wissen über den Zustand der Natur** und Kenntnisse über die **Entwicklung der Ökosysteme** in allen ihren vernetzten Teilbereichen und Komponenten die Grundlage. Dies ist Voraussetzung für zielorientierte **Erhaltung, Gestaltung und Pflege** der bedeutungsvollsten Ökosysteme, nämlich der **Wälder** auf den verschiedensten Standorten, die unter den Einwirkungen der unterschiedlichsten abiotischen und biotischen **Einfluß- und auch Schad-Faktoren** stehen.

Die **Dauerbeobachtung von Waldprobeflächen** durch integrierte Erhebungen und kooperative Untersuchungen der verschiedenen Fachbereiche einerseits und die intensiven, koordinierten Untersuchungen in gezielt ausgewählten **Schwerpunktgebieten** andererseits, stellen die zwei wichtigsten Säulen einer erfolgreichen **Waldbeobachtung, Waldanalyse und Schadensdiagnose** dar.

2. NOTWENDIGKEIT DER KOOPERATIVEN WALDBEOBACHTUNG

Permanente Beobachtung der Wälder und der Schadensverläufe im Zusammenspiel mit Ursachenforschung und in Kooperation von Bodenkunde, Vegetationskunde, Pflanzenphysiologie, Waldwachstumskunde, Waldschadenserfassung, Forstpathologie, Immissionskunde sowie künftig in verstärktem Maße auch mit Klimakunde und Meteorologie müssen ohne jeden Verzug mit dem nötigen politischen und dadurch auch finanziellen und personellen Nachdruck betrieben werden. Zukünftige forstwissenschaftliche Forschungsaktivitäten müssen die Ermittlung des Einflusses von Klima und Witterung auf den Waldzustand mit einschließen, dies ist bisher leider vernachlässigt worden.

Es erscheint daher notwendig, daß sich Meteorologen, Forstwissenschaftler der genannten Fachgebiete und Pflanzenphysiologen in enger Zusammenarbeit mit den klimatischen Einflüssen auf das Ökosystem Wald beschäftigen, zumal mit den für das nächste Jahrhundert prognostizierten anthropogenen Klimaänderungen enorme Probleme auf die Forstwirtschaft und auch auf die Allgemeinheit zukommen dürften.

Da wir nicht wissen, wie bald wir bei einzelnen Schadfaktoren und schädlichen Komponenten abiotischer und biotischer Art im komplexen System zwischen Umwelteinflüssen und Reaktionen einzelner Teile oder des gesamten Ökosystems Wald kritische Grenzen bzw. Toxizitätsschwellen erreichen, ist gründliche und integrierte Forschung notwendiger denn je. Ein Überwachungssystem, das rechtzeitig kritische Entwicklungen am sensiblen Bioindikator Wald-Ökosystem erkennen läßt, ist darüberhinaus eine zwingende Selbstverständlichkeit, denn der Abbau der Umweltbelastungen wird zumindest anfangs - etwa nach dem Motto, so schlimm wird's wohl nicht werden - viel zu langsam vor sich gehen.

3. DYNAMISCHE ÜBERWACHUNG DER WÄLDER UND WALDBÖDEN

In Anbetracht der durch zunehmende Konzentrationen bestimmter

Luftverunreinigungen bedingten negativen Veränderungen der Umwelt und des Klimas, die gemessen am Lebensalter des Menschen relativ langsam vor sich gehen, bedarf es einer intensiven Langzeitbeobachtung des Waldes der wichtigsten und langlebigen Pflanzendecke dieser Erde, in all ihren Kompartimenten bzw. Reaktionsräumen einerseits vom durchwurzelten Boden, über den Wurzelkörper und den Stamm bis hin zu den Zweigen und Blattorganen, sowie andererseits von Blatt- und Wurzeloberflächen bis ins Innere der Zellen. Die Beobachtungen, Analysen und Untersuchungen müssen morphologische, phänologische Aspekte ebenso berücksichtigen, wie sie bis in Teilbereiche der Pflanzenphysiologie, Mikrobiologie und Biochemie reichen müssen.

Es ist absolut zu wenig, sich nur für Kronenzustandsdaten zu interessieren und diese etwa in Bezug zum Grundgestein, Bodentyp, Bodenwasserhaushalt, Klimadaten, Witterungsextreme, Bestandesalter, Bestandesstruktur, diversen Schadwirkungen etc. zu analysieren, um für bestimmte regionale oder thematische Befundeinheiten, wenn man Glück hat, wesentliche Komponenten des Ursachenkomplexes für Waldschädigungen erkennen zu können.

Eine zuverlässige Schadensdiagnose setzt die Verbesserung der Methoden zur Schadbilddifferenzierung nach Verursachern und Mitverursachern voraus. Die jährlich durchgeführten Kronenzustandsinventuren (- zu viel versprechend als Waldschadens- oder Waldzustandsinventuren bezeichnet -) sind, da lediglich symptom-, aber nicht ursachenspezifisch, hierfür nicht bzw. nur sehr wenig geeignet. Die laufende Erhebung der durch Blatt- bzw. Nadel- aber auch Zweigverluste verursachten Kronenverlichtungen sowie der Blatt- und Nadelverfärbungen alleine genügen der Schadbilddifferenzierung nach Verursachern bei weitem nicht. Zur Erhebung weiterer ursachenrelevanter Parameter sind entweder bereits vorhandene forstliche Beobachtungsflächen entsprechend auszustatten und einzubeziehen, wie dies etwa in der Broschüre "Waldschadensforschung in Bayern" gefordert wird. Besser noch sollte, wie dies bei einer internationalen Expertentagung auf Schloß Neuburg/Inn Mitte November 1990 gefordert worden ist, ein umfassendes Biomonitoring-System mit systematisch über ein Land

verteilten Dauerbeobachtungsflächen aufgebaut werden, wie dies mit der Einrichtung des Österreichischen "Wald-(Schaden-)Beobachtungssystem" (WBS) in den Jahren 1987 bis 1989 bereits in die Tat umgesetzt worden ist.

Beim Wald-(Schaden-)Beobachtungssystem handelt es sich, wie in den vorausgegangenen Beiträgen im vorliegenden FBVA Bericht Nr.49 dargelegt worden ist, um ein langfristiges Integralprojekt, in welchem die terrestrischen und die gebietsweise auf Luftbildinterpretation aufbauenden Kronenzustandsinventuren notwendige Teilprojekte darstellen.

Die Entwicklungstendenzen, die aus einer langfristig durchgeführten Erfassung der Veränderungen des Waldbodenzustandes, des Kronenzustandes der Waldbestände, der Immissionskennwerte sowie der Variabilität der Einwirkungen witterungsbedingter und klimatischer Faktoren, aber auch der Veränderlichkeit der Einflüsse biotischer Schadfaktoren und anthropogener Schädigungen, erkennbar werden und sich letztlich im Wachstumsablauf bzw. Zuwachs der Waldbäume dauerhaft dokumentieren, ermöglichen eine "dynamischen Überwachung" der Wälder und Waldböden. Die Effizienz dieser Überwachung steigt bei konsequenter Durchführung mit der Dauer der Beobachtung, möglichst über Jahrzehnte hinweg, ganz entscheidend.

4. ZUKUNFTSASPEKTE

Alle im WBS koordiniert durchgeführten Teiluntersuchungen dienen gemeinsam als Grundlagen für Schadursachenanalysen und forstwissenschaftliche Differentialdiagnosen, wie auch für spezielle forstliche Ökosystemanalysen. Der künftige Einsatz eines GIS ist für die Realisierung dieser Forschungsziele, nämlich für die Verknüpfung aller Erhebungsdaten dieses interdisziplinären Forschungsprojektes einerseits und mit Erhebungsdaten der ÖFI, sowie für Überlagerungen und Verschneidungen mit Flächendaten aus anderen Fachgebieten (wie Geologie, Hydrologie, Klimakunde, Meteorologie usw.) andererseits unumgängliche Voraussetzung.

Alle WBS-Teilprojekte (siehe die nachstehende Übersicht) können erst nach langfristigen Aufnahmezeiträumen zu wissenschaftlich fundierten Aussagen führen, sodaß die Verknüpfungen der Ergebnisse der einzelnen Teilprojekte nicht unmittelbar, sondern erst in Zukunft erfolgen können. Von diesen Verknüpfungen wird ein besseres Verständnis von Zusammenhängen und Wechselwirkungen erwartet und die Überprüfung einiger bisher vorgebrachten Hypothesen über Wirkungsmechanismen wird möglich sein.

Die jährlichen bundesweiten terrestrischen Kronenzustandserhebungen sind im Rahmen des WBS ein unverzichtbares Teilprojekt, sie können aber auch für das Bundesgebiet und für größere Regionen eine Indikatorfunktion in der Art erfüllen, daß deutliche Kronenzustandsveränderungen bei bestimmten Hauptbaumarten in bestimmten Regionen oder österreichweit rechtzeitig erkannt werden können. Dabei ist es von Vorteil, daß der gleiche Personenkreis über Jahre hinweg diese Kronentaxationen nach einheitlichen Richtlinien und koordiniert und kontrolliert durchführt, um somit die störenden taxationsbedingten Abweichungen und Unsicherheiten so klein wie möglich zu halten.

Wesentliche Teilprojekte des WBS, wie etwa die immissionskundlichen Untersuchungen (chemische Nadelanalysen, integrierende Schadstoffmessungen) werden auch in Zukunft nicht ohne eine tatkräftige Mitwirkung der Landesforstdienste realisierbar sein. Die gebietsweise flächendeckenden, periodischen Luftbildinventuren könnten nicht in die Tat umgesetzt werden, wenn nicht wie bisher, das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen zusammen mit der Luftbildkompanie des Österreichischen Bundesheeres die Bildflüge durchführt und Farbinfrarot-Luftbilder von ausgezeichneter Qualität liefert. Von besonderer Wichtigkeit ist es aber auch, daß der inzwischen zu Spezialisten herangebildete Mitarbeiterstab über Jahre und Jahrzehnte erhalten bleibt bzw. immer wieder ergänzt wird.

Angesichts der bereits heute erkennbaren offenen Fragen sollte es gelingen, zumindest auf einen Teil der Dauerbeobachtungsflächen des WBS auch intensive Untersuchungen an Wurzeln, insbesondere an Feinwurzeln und an den mit Waldbäumen vergesellschaf-

ÖSTERREICHISCHES WALDSCHADEN - BEOBACHTUNGSSYSTEM
(GEMEINSCHAFTSPROJEKT G₇ DER FBVA)

TEILPROJEKTE:

- | | |
|---|-----|
| ★ PERIODISCHE BODENKUNDLICHE UND VEGETATIONSKUNDLICHE
UNTERSUCHUNGEN AUF MEHR ALS 500 PERMANENTEN
PROBEFLÄCHEN (=WALDBODENZUSTANDSINVENTUR) | BZI |
| ★ JÄHRLICHE GEWINNUNG VON NADELPROBEN
VON IDENTEN PROBEBÄUMEN FÜR CHEMISCHE ANALYSEN
(SCHADSTOFFE, NÄHRELEMENTE) | NP |
| ★ INTEGRIERENDE SCHADSTOFFMESSUNGEN
IM UMFELD DER PERMANENTEN PROBEFLÄCHEN ZUR
ERFASSUNG DES EINTRAGES VON SO ₂ , NO _x UND O ₃
(TEMPORÄRE, GEBIETSWEISE UNTERSUCHUNGEN) | ISM |
| ★ FORSTPATHOLOGISCHE UNTERSUCHUNGEN
AN STEHENDEN (UND GEFÄLLTEN) PROBEBÄUMEN
AUSGEWÄHLTER PROBEFLÄCHEN | FPU |
| ★ JÄHRLICHE TERRESTRISCHE KRONENZUSTANDSINVENTUR
AUF ALLEN 534 PROBEFLÄCHEN DES PERMANENTEN STICH-
PROBENNETZES (FLÄCHIGE UND AB ALTER 50 EINZEL-
BAUMWEISE KRONENZUSTANDSERHEBUNG) | KZI |
| ★ PERIODISCHE FLÄCHENDECKENDE LUFTBILDINVENTUREN
IN AUSGEWÄHLTEN GEBIETEN (IN 5-JÄHRIGEM TURNUS) | LBI |
| ★ ZUWACHSKUNDLICHE UNTERSUCHUNGEN
AN GEFÄLLTEN ANALYSEBÄUMEN (IN ERGÄNZUNG ZU DEN
ÖFI-WERTEN ÜBER DEN LAUFENDEN ZUWACHS) | ZU |
| ★ BESTANDES-GESCHICHTLICHE ERHEBUNG
ZUR AUFDECKUNG ANTHROPOGENER STÖRFAKTOREN | BGE |
| ----- | |
| ★ VERKNÜPFUNGEN MIT PROBEFLÄCHENDATEN DER ÖFI
(VORRAT, ZUWACHS, BAUMARTENMISCHUNG, SCHLUSSGRAD,
<u>STAMMSCHÄDEN</u> , VERBISSSCHÄDEN, USW.) | |
| ★ VERKNÜPFUNGEN MIT DATEN EINER KLIMADATENBANK
(HAGEL, TROCKENHEIT, USW.) | |

teten Mykorrhizen durchzuführen. Wenn es des weiteren gelingt, im Rahmen lokal begrenzter interdisziplinärer Untersuchungen, wie etwa beim Forschungsprojekt Zillertal zum Teil bereits erprobt, in Zusammenarbeit mit Universitätsinstituten bis in die Teilbereiche der Pflanzenphysiologie, Mikrobiologie und Biochemie vorzudringen, dann werden die mit den koordinierten Untersuchungen im WBS gesteckten Forschungsziele, durch lokale Untersuchungen entsprechend ergänzt, nach einigen Jahren zu einem Teil erreicht und zum anderen Teil neu formuliert werden können. Die vorhandenen Zeitreihen zahlreicher bedeutsamer Parameter, den Boden, die Bäume, die Umwelt betreffend, werden dann sicherlich als noch zu kurz klassifiziert, aber "Gott sei Dank" als vorhanden sehr begrüßt werden.

5. INTERDISZIPLINÄRE WALDSCHADENSFORSCHUNG IN SCHWERPUNKTGEBIETEN

Das Arbeitsprogramm der elf Institute der FBVA und der Außenstelle für subalpine Waldforschung sieht gegenwärtig die Bearbeitung von rund 100 Forschungsprojekten vor. Nahezu 40 davon betreffen die Waldschadensforschung direkt oder stehen in engen Zusammenhang dazu. Das Schwergewicht wird seit einigen Jahren auf interdisziplinäre Gemeinschaftsprojekte gelegt, an denen nicht nur die Institute der FBVA beteiligt sind, sondern an denen auch verschiedene Universitätsinstitute sowie Bundes- und Landesdienststellen in dankenswerter Weise mitwirken. Beispielsweise seien an dieser Stelle zwei dieser Gemeinschaftsprojekte erwähnt, nämlich das Projekt G3-"Höhenprofil Zillertal" und das Projekt G5-"Gleinalm".

Im Rahmen des Projektes "Höhenprofil Zillertal" nehmen immisionsökologische Untersuchungen in Bezug zu Ozoneinwirkungen eine zentrale Stellung ein. Die interdisziplinären Untersuchungen reichen in diesem Projekt von Mykorrhizauntersuchungen über Boden-, Vegetations-, Kronenzustandsuntersuchungen, Nährstoff- und Schadstoffanalysen, Bestimmung biotischer und abiotischer

Schadfaktoren bis hin zu Messungen der Transpirations- und Photosyntheseleistungen und zu streßphysiologischen Programmen zur Prüfung der Aussagekraft der Chlorophyllfluoreszenzuntersuchungen.

Es ist beabsichtigt, die Untersuchungen in diesem inneralpinen Raum nunmehr abzuschließen und bei Achenkirch in den nördlichen Kalkalpen ein neues Meß- und Untersuchungsprofil unter anderen Standorts- und Immissionsbedingungen einzurichten.

Das zweite Gemeinschaftsprojekt, nämlich die Untersuchungen im Schwerpunktgebiet "Gleinalm", dient der Aufklärung der Ursachen für das Auftreten von Nährstoffmangelsymptomen, bis hin zum Absterben von Einzelbäumen und Baumgruppen, und stellt auch einen Pilotversuch zur Besserung des Waldzustandes dar. Die interdisziplinären Untersuchungen reichen auch hier vom Boden über die Wurzeln und Stämme bis zu den Kronen, wobei pathologische Veränderungen im Wurzel- und Kronenbereich besondere Beachtung finden. Bodenanalysen, sowie Nährstoff- und Schadstoffanalysen an Fichtennadeln, Luftschadstoffmessungen, zuwachskundliche Untersuchungen und Prüfungen der Samenqualität stehen am Programm. Diagnostische Düngungsversuche zur Behebung von Ernährungsstörungen sollen Hinweise für forstliche bzw. waldbauliche Sanierungsmaßnahmen liefern.

Diese beiden interdisziplinären Forschungsprojekte mit intensiven Untersuchungen in Schwerpunktgebieten können über die zeitliche Variation zahlreicher Parameter Auskunft geben, die für Ursachen- und Wirkungsbeziehung relevant sind. Sie können als zweite Stütze der Ursachenforschung die WBS-Untersuchungen nach relativ kurzer Zeit sehr bedeutsam ergänzen, deren Ergebnisse vor allem die räumliche Variation der verschiedenen Parameter erkennen lassen und erst nach vielen Jahren Hinweise über die zeitlichen Veränderungen zu liefern im Stande sind. Über die beiden genannten interdisziplinären Projekte gibt es bereits zahlreiche und umfassende Publikationen der FBVA (in den "Mitteilungsbänden der FBVA" und in den "FBVA-Berichten"), auf die ich abschließend besonders hinweisen möchte.

FBVA-BERICHTE
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien

- | | | | |
|------|---|---|--------|
| 1988 | 31 | Kilian, Walter: Düngungsversuche zur Revitalisierung geschädigter Fichtenbestände am Ostrong.
Preis ÖS 50.-- | 50 S. |
| 1988 | 32 | Smidt, Stefan; Glattes, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal, Meßbericht 1987.
Preis ÖS 250.-- | 234 S. |
| 1988 | 33 | Enk, Hans: 10 Jahre Kostenuntersuchung bei Tiroler Agrargemeinschaften und Gemeindewäldern.
Preis ÖS 130.-- | 124 S. |
| 1988 | 34 | Krehan, Hannes: Forstpathologische Sondererhebungen im Rahmen der Österreichischen Waldzustandsinventur 1984-1988. Teil II: Fichtenbestände im Ausserfern (Tirol) und im grenznahen Gebiet des Mühl- und Waldviertels.
Preis ÖS 60.-- | 60 S. |
| 1988 | 35 | Schaffhauser, Horst: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1986/87.
Preis ÖS 140.-- | 138 S. |
| 1989 | 36 | Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (8). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 130.-- | 128 S. |
| 1989 | 37 | Rachoy, Werner; Exner, Robert: Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen.
Preis ÖS 100.-- | 100 S. |
| 1989 | 38 | Merwald, Ingo: Lawinenereignisse und Witterungsablauf in Österreich. Winter 1982/83, 1983/84.
Preis ÖS 100.-- | 92 S. |
| 1989 | Sonderheft:
Schneider, Werner: Verfahren, Möglichkeiten und Grenzen der Fernerkundung für die Inventur des Waldzustandes.
Preis ÖS 200.-- | | 118 S. |
| 1989 | 39 | Krehan, Hannes: Das Tannensterben in Europa. Eine Literaturstudie mit kritischer Stellungnahme.
Preis ÖS 60.-- | 58 S. |
| 1989 | 40 | Krissl, Wolfgang; Müller, Ferdinand: Waldbauliche Bewirtschaftungsrichtlinien für das Eichen-Mittelwaldgebiet Österreichs.
Preis ÖS 140.-- | 134 S. |

- 1990 41 Killian, Herbert: Bibliographie zur Geschichte von Kloster, Forstlehranstalt und Forstlicher Versuchsanstalt Mariabrunn - Schönbrunn.
Preis ÖS 165.-- 162 S.
- 1990 42 Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1974 - 1976 und Kurzfassung der Wildbachereignisse in Österreich in den Jahren 1974 - 1987.
Preis ÖS 100.-- 98 S.
- 1990 43 Beiträge zur Wildbacherosions- und Lawinenforschung (9). IUFRO-Fachgruppe S1.04-00. Vorbeugung und Kontrolle von Wildbacherosion, Hochwässer und Muren, Schneeschäden und Lawinen.
Preis ÖS 80.-- 80 S.
- 1990 44 Smidt, Stefan; Herman, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988. Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen.
Preis ÖS 35.-- 33 S.
- 1990 44a Smidt, Stefan; Herman, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988 (Anhang). Luftschadstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen.
Preis ÖS 280.-- 230 S.
- 1990 Sonderheft:
Kilian, Walter; Majer, Christoph: Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Anleitung zur Feldarbeit und Probenahme.
Preis ÖS 70.-- 58 S.
- 1990 45 Neumann, Markus; Schadauer, Klemens: Waldzustandsinventur. Methodische Überlegungen und Detailauswertungen.
Preis ÖS 90.-- 88 S.
- 1990 46 Zusammenkunft der Deutschsprachigen Arbeitswissenschaftlichen und Forsttechnischen Institute und Forschungsanstalten. Bericht über die 18. Zusammenkunft vom 18.-20. April 1990.
Preis ÖS 340.-- 286 S.
- 1991 47 Smidt, Stefan: Beurteilung von Ozonmessdaten aus Oberösterreich und Tirol nach verschiedenen Luftqualitätskriterien.
Preis ÖS 90.-- 87 S.
- 1991 48 Englisch, Michael; Kilian, Walter; Mutsch, Franz: Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Erste Ergebnisse.
Preis ÖS 80.-- 75 S.
- 1991 49 Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Ziele, Methoden und erste Ergebnisse.
Preis ÖS 130.-- 128 S.