

FBVA - B E R I C H T E
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

Nr. 45

1990

WALDZUSTANDSINVENTUR
Methodische Überlegungen und
Detailauswertungen

ODC 48--05:(436)

von
M. Neumann und K. Schadauer

Herausgeber
Forstliche Bundesversuchsanstalt in Wien

in Kommission bei
Österreichischer Agrarverlag, A-1141 Wien

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

Nachdruck mit Quellenangabe gestattet
Printed in Austria

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

I.	ZU FRAGEN DER WALDZUSTANDSERFASSUNG DURCH GROSSRÄUMIGE INVENTUREN	
	M. Neumann	
1.	EINLEITUNG	3
2.	AUFGABENSTELLUNG DER WALDZUSTANDSERFASSUNG	6
3.	INVENTURDESIGN	7
3.1	Kronenzustandserhebung am Einzelbaum	8
3.2	Kronenzustandserhebung auf der Probefläche	12
3.2.1	Möglichkeiten der bestandesweisen Klassifizierung	13
3.2.2	Kriterien für die Bildung der Verlichtungskategorien	17
3.2.3	Andere Möglichkeiten von Bestandeskennwerten	18
3.3	Vergleich der verschiedenen Vorgangsweisen	21
4.	FOLGERUNGEN	24
5.	ZUSAMMENFASSUNG	26
6.	LITERATUR	28
II.	ZUR FRAGE DER KORRIGIERBARKEIT TERRESTRISCHER KRONENTAXATIONEN	
	K. Schadauer	
1.	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	31
2.	METHODIK	33
3.	ERGEBNISSE	42
3.1	Vergleich der Kontingenz zwischen den Jahresergebnissen an Hand der Rohdaten und der korrigierten Daten	42

	Seite
3.2 Überprüfung der Qualität der Korrektur an Hand des Zusammenhanges "Index - Alter"	43
3.3 Einfluß der Korrektur auf die Jahresergebnisse	44
3.4 Unterschiedliche Ansprachequalität für die einzelnen Baumarten	47
4. FOLGERUNGEN	47
5. ZUSAMMENFASSUNG	49
6. LITERATUR	51

**III. ZU FRAGEN DES EINFLUSSES VON STANDORTS- UND
BESTANDESFAKTOREN AUF DEN KRONENZUSTAND**

M. Neumann

1. EINLEITUNG	53
2. METHODIK	54
3. ERGEBNISSE	64
4. DISKUSSION UND FOLGERUNGEN	78
5. ZUSAMMENFASSUNG	80
6. LITERATUR	82

ZU FRAGEN DER WALDZUSTANDSERFASSUNG DURCH GROSSRÄUMIGE INVENTUREN

von

Markus Neumann

1. EINLEITUNG

Die bundesweiten Erhebungen der Waldzustandsinventur (WZI) wurden mit der Aufnahme 1988 beendet. Die angewandte Methodik (siehe POLLANSCHÜTZ und NEUMANN, 1986) wurde verschiedentlich diskutiert und kritisiert (POLLANSCHÜTZ 1985, MAYER 1986, MAUSER 1987, POLLANSCHÜTZ 1986b). Auf einen Punkt der vorgebrachten Kritik, der Ermittlung der als "geschädigt" anzusehenden Waldfläche, wird hier eingegangen. Damit soll die Diskussion vor Beginn der Auswertung der Aufnahmen im Rahmen des ab 1989 die WZI ablösenden Waldschadenbeobachtungssystem (POLLANSCHÜTZ, 1987) neu angeregt werden.

Ein guter Waldzustand ist dann gegeben, wenn alle vom Wald geforderten Funktionen im Sinne der Nachhaltigkeit zufriedenstellend erfüllt werden. Zur Erreichung dieser Forderung sind unter anderem eine möglichst hohe Stabilität, die gewünschte Baumartenzusammensetzung, eine entsprechende Zuwachsleistung, eine ausreichende Verjüngungskapazität, sowie eine lange Lebensdauer der Einzelbäume als Voraussetzung anzusehen. Die Güte des (Gesundheits-)Zustand des Waldes ist durch den Erfüllungsgrad der Einzelfaktoren bestimmt. Im Rahmen von Inventuren können diese Faktoren erfaßt werden, wobei über die geeignete Vorgangsweise umfangreiche Literaturinformation existiert. Der

Erstpublikation im Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 1989/Heft 3, S. 161-178.

Zustand des Waldes wird andererseits oft als offener Begriff angesehen, in dem auch zusätzliche, meist subjektive Aspekte subsumiert werden. In dieser Hinsicht ist er nie vollkommen definierbar und deshalb auch nicht vollständig erfaßbar. Daraus folgt, daß stets nur Teilaspekte erfaßt werden können und auch eine Summierung dieser Teilaspekte nie zu einer vollständigen Information führen kann. Unter dem Eindruck steigender Belastung des Waldes durch schädliche Umwelteinflüsse wurde versucht, neben den bekannten Faktoren weitere aussagekräftige Indikatoren für den Zustand des Waldes zu finden. Diese sollten rechtzeitig Hinweise auf eine Zustandsveränderung erbringen und dabei auch leicht erfaßbar sein. Der Wald erhielt somit die zusätzliche Funktion, als Indikator für die Umweltqualität zu dienen. Die Funktionstüchtigkeit des Waldes als Bioindikator für akkumulierende Luftschadstoffe (im wesentlichen Schwefel) erscheint hinreichend bewiesen (STEFAN, 1987). Die Frage, ob auch der optische Aspekt der Baumkronen eine solche Funktion zuverlässig erfüllen kann, ist noch umstritten.

Als ein wichtiger Indikator wird das Verhältnis von vorhandener zur potentiell möglichen grünen Biomasse erachtet, auch als Benadelungsdichte bzw. Nadelverlust oder Kronenverlichtung bezeichnet. Die Benadelungsdichte wurde schon früh als Indikator, für die Intensität einer Immissionseinwirkung wie auch für deren Auswirkungen auf den Zuwachs verwendet (PELZ und MATERNA, 1964). Später wurde sie als entscheidendes Kriterium zur Erfassung von Ausmaß und Verlauf des "Waldsterbens" unter anderen von SCHRÖTER und ALDINGER (1985) empfohlen.

Der Verlust an Assimilationsorganen ist zwar nur subjektiv erfaßbar, dennoch zeigen verschiedene Vergleichsuntersuchungen (SCHÖPFER 1985, INNES 1988, MAHRER et al. 1988), daß nach entsprechenden Schulungsmaßnahmen weitgehend übereinstimmende Schätzwerte erzielt werden können. Die Güte der Charakterisierung des Gesundheitszustandes durch die Nadel/Blattverlustschätzung wird allerdings unterschiedlich bewertet, wie zahlreiche Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Nadelverlust und Zuwachs zeigen (z.B. SCHÖPFER und HRADETZKY 1986, PREUHLER

1986, STERBA und ECKMÜLLNER 1988). Die Straffheit des Zusammenhanges ist wesentlich von der untersuchten Baumart abhängig (BAUCH et al. 1986), so wie natürlich auch von den bekannten Zuwachsbeeinflussenden Parametern (sozialer Stellung, Kronenlänge, Kronenmantelfläche u.a.m.) bestimmt (KRAMER und DONG 1985, van LAAR et al. 1987). Eine zusammenfassende Wertung der vorliegenden Literatur ergibt jedoch überwiegend Hinweise darauf, daß der optische Kronenaspekt mit dem Zuwachs korreliert ist, obwohl auch andersgelagerte Fälle belegt werden konnten. Für Laubbaumarten ist der Zusammenhang auf Grund der jährlich neugebildeten und damit variableren Blattmasse wesentlich geringer. Für die Erfassung des Zustandes von Einzelbäumen erscheint also die Erhebung des Nadel-/Blattverlustes als geeignetes Verfahren, solange kein besseres und auf Großrauminventuren anwendbares bekannt ist. Selbstverständlich kann eine solche Okulartaxierung nur in einigen Fällen Hinweise auf mögliche Ursachen einer Zustandsveränderung liefern, z.B. bei Hagelschäden, typischen Insektenfraßbildern und ähnlichem.

Eine verbesserte Ursachenermittlung könnte die Schwierigkeiten bei der Interpretation verringern, im Rahmen des Waldschadenbeobachtungssystems wird daher auch speziell auf die Erfassung forstpathologischer, standorts- bzw. bodenkundlicher und immissionskundlicher Aspekte Wert gelegt. Es bestehen Hinweise darauf, daß die Auswirkungen von Nadelverlusten auf die Zuwachsleistung bei Berücksichtigung der Ursachen (z.B. Trockenheit, Immissionseinfluß, Hagelschlag oder Blattwespenbefall, vgl. NEUMANN 1986) besser abgeschätzt werden könnten. Ein Reagieren des Baumes auf zeitweisen Trockenstreß durch Verringerung der Nadelmasse kann offenbar zuwachsmäßig durch die verbleibenden jüngeren und daher leistungsfähigeren Nadeljahrgänge ausgeglichen werden. Die quantitativ gleiche Verringerung kann jedoch Zuwachsverluste bewirken, wenn sie durch Immissionseinwirkung bedingt ist. Unterschiedliche Ursachen können offenbar sowohl qualitativ wie quantitativ unterschiedliche Auswirkungen auf die Biomasse haben. Bei einer Störung des Stoffwechsels des Baumes durch Immissionen kann die Zuwachsleistung reduziert sein, bevor

überhaupt sichtbare Nadelverluste eintreten (POLLANSCHÜTZ, 1966). Nur wenn die Ursache für Nadelverluste bekannt ist, kann eine Verbesserung des Zusammenhanges zwischen Kronenverlichtung und Zuwachsverlust erwartet werden.

2. AUFGABENSTELLUNG DER WALDZUSTANDSINVENTUR

Die WZI hatte, wie andere Inventuren auch, die Aufgabe in Form einer Bestandsaufnahme die Häufigkeit des Auftretens gewisser vorher definierter Merkmale zu erheben und sollte damit Grundlageninformationen für weitere Entscheidungen zu vermitteln. Für derartige Inventuren ist die Festlegung eines Aufnahmeverfahrens notwendig, in dem der Aufnahmeumfang (Vollaufnahme oder Stichprobe), die aufzunehmenden Merkmale (Merkmalskatalog) und die quantitativen oder qualitativen Maßeinheiten (Aufnahmeschlüssel) definiert werden. Entscheidend für die Festlegung eines Stichprobeverfahrens ist die Definition der Gesamtpopulation auf deren unbekannte Kenngrößen mit Hilfe statistischer Verfahren rückgeschlossen werden soll. Prinzipiell können von Inventuren nur Antworten auf Fragen erwartet werden, die sich auf definierte Größen beziehen. Von einer okularen Inventur kann also auch keine Antwort nach dem Ausmaß latenter Schädigung, im Sinne von KELLER (1977) "Beeinträchtigungen, welche nicht mit bloßem Auge erfaßt werden können", erwartet werden. Okulare Inventuren können im wesentlichen nur die quantitative Verringerung der Blatt-/Nadelmasse erheben und sind somit nicht in der Lage eine qualitative Beeinflussung der Assimilationsorgane zu erfassen.

Die WZI sollte Auskunft auf zwei Fragen liefern: Wie entwickelt sich der Kronenzustand im Laufe der Zeit? Wie groß ist das Flächenausmaß von verlichteten Waldbeständen?

3. INVENTURDESIGN

Für diese zwei Fragestellungen wurden auch zwei Stichprobefahrverfahren angewandt die sich auf zwei verschiedene Grundgesamtheiten beziehen, nämlich die Gesamtheit von Einzelbäumen (wobei aus verfahrenstechnischen Gründen nur Bäume der sozialen Stellung 1 und 2 herangezogen werden) bzw. die Gesamtwaldfläche.

Stichprobe A: zweistufige Stichprobe bei der auf jedem Rasterpunkt an 30 Bäumen der Kronenzustand erfaßt wird. Da jeweils alle der vorherrschenden und herrschenden Bäume aus dem Kollektiv der 30 nächstgelegenen ausgewählt wurden, kann von einer Klumpenstichprobe gesprochen werden. Durch die Vollaufnahme am Stichprobenpunkt wird der Fehler für den Stichprobenmittelwert Null und der Stichprobenplan verringert sich um eine Stufe.

Stichprobe B: einstufige Stichprobe zur Erfassung des Flächenzustandes. Dabei wurde an jedem Rasterpunkt der Zustand des betreffenden Waldbestandes qualitativ nach Kategorien erfaßt. Diese Einstufung erfolgte nicht im Gelände, sondern wurde an Hand der Einzelbaumdaten ermittelt. Der angewandte Rechenalgorithmus soll nachfolgend näher betrachtet werden.

Die Aufgliederung der Aufnahmen in zwei unterschiedliche, aber am gleichen Ort vorgenommene, Stichproben wirkt vielleicht etwas überzogen, dient aber dem besseren Verständnis. Die WZI beinhaltet also zwei Stichprobenahmen, die nur aus arbeitstechnischen Gründen an identen Punkten vorgenommen wurden. Wobei die Stichprobe B mit den Stichprobeelementen "Kleinbestand" und einem Stichprobeumfang von N ungefähr gleich 2200 der Erfassung der Flächenverteilung und die Stichprobe A mit den Stichprobeelementen "Einzelbaum" und dem Stichprobeumfang N ungefähr 70000 der Erfassung des Zustandes und der Veränderung der Einzelbäume diene.

3.1 Kronenzustandserhebung am Einzelbaum

Qualitative Einstufungen sind stets subjektiv geprägt und folglich mit unkorrigierbaren Taxatoreinflüssen behaftet. Zur Minimierung dieser Störeffekte wurde für die WZI ein möglichst umfassendes Schulungs- und Kontrollsystem eingerichtet, dieses wurde bereits mehrfach beschrieben (z.B. bei NEUMANN und STOWASSER, 1986).

Das entscheidende Aufnahmemerkmale am Einzelbaum war der Kronenzustand, welcher in 5 Stufen geteilt aufgenommen wurde; die übrigen Merkmale vermittelten teils zusätzliche Information über den Einzelbaumzustand und teils Stratifizierungsmerkmale für weitere Analysen in Form der Bestandes- und Standortparameter. Eine Beschreibung der einzelnen Stufen und ihrer Abgrenzung voneinander findet sich bei (POLLANSCHÜTZ et al., 1985, sowie NEUMANN und POLLANSCHÜTZ, 1988). Entscheidend für die Einstufung ist die Festsetzung der Grenze zwischen als den "normal" bzw. "leicht verlichtet" einzustufenden Baumkronen. "Natürliche empirische Streuung ist noch nicht Krankheit" (BECHER, 1986), darausfolgend muß auch für den "Normalwert" eine gewisse Streuung toleriert werden. Für die WZI wurde dieser Rahmenbereich bei Fichte mit etwa 0 - 15% Nadelverlust im Vergleich zu einem optimalen Vergleichsbaum angenommen (vgl. POLLANSCHÜTZ, 1985). Dieses Intervall ist größer als bei Erhebungen in anderen Ländern (z.B. in der BRD oder der Schweiz). Direkte Vergleiche sind nur bedingt zulässig, da auch der Nadelverlust kein absolutes Maß ist, sondern in Konventionen festgelegt wurde.

Für jährliche Aussagen über den Zustand aller Probestämme bzw. einzelner Teilkollektive wurden Häufigkeitsverteilungen in den Verlichtungsstufen berechnet. Diese Verteilungen geben einen Überblick über die Jahresergebnisse und bieten einfache internationale Vergleichsmöglichkeiten. Für die Erfassung von Veränderungen sind sie weniger geeignet, da eine vergleichende Interpretation von verschiedenen Häufigkeitsverteilungen schwierig ist. Auch für eine graphische Darstellung der räumlichen Situation sind sie nur bedingt geeignet, die notwendige Zusammenfas-

sung größerer Gebiete verwischt die Information über die räumliche Verteilung. Kronenverlichtungen - als Charakteristikum der "neuartigen Waldschäden" - treten meist mosaikförmig verteilt auf; die Zusammenführung von hinsichtlich Alter, Baumarten, Exposition usw. unterschiedlichen Beständen in einer gemeinsamen Häufigkeitsverteilung für eine Region ist daher wenig aussagekräftig.

Werden diese zusammengefaßten Verteilungen auf die Waldfläche umgelegt und die Waldflächenanteile in bestimmten Zustandsstufen hochgerechnet, so wird dabei wieder die räumliche Verteilung vernachlässigt. Für jede waldflächenbezogene Aussage ist jedoch die Verteilungsform der Bäume mit verschiedenen Kronenzuständen auf einzelne Waldbestände entscheidend. Bei der WZI wurden 1988 zum Beispiel 84 tote Bäume (0,11% aller Probebäume) registriert, daraus abzuleiten, daß 0,11% der Waldfläche (also etwa 4000 ha) abgestorben sind, ist unzulässig, da diese abgestorbenen Bäume nicht räumlich konzentriert aufgetreten sind. Aus der Summierung von einzelnen distanziierten toten Bäumen auf eine tote Waldfläche zu schließen, auch wenn diese dann als "ideelle Fläche" (wie bei SCHÖPFER und HRADETZKY, 1983) bezeichnet wird, erscheint somit nicht zulässig.

Auch an einem zweiten Beispiel kann der irreführende Effekt einer solchen Vorgangsweise verdeutlicht werden. Dazu ist in Abbildung 1 eine Waldfläche modellhaft dargestellt, wobei vereinfachend nur zwei Einzelbaumzustände auftreten: "gesund" mit Qualitätskennziffer 0 und "krank" mit Qualitätskennziffer 1. Die Gesamtfläche ist in vier Teile (Bestände A-D) unterteilt. Eine Vollaufnahme auf der ganzen Fläche ergäbe 50% gesunde und 50% kranke Bäume. Die einzelnen Bestände weisen jedoch voneinander unterschiedliche Gesundheitszustände auf: Bestand A besteht ausschließlich aus gesunden Bäumen, Bestand D ausschließlich aus kranken Bäumen, die Bestände B und C setzen sich in unterschiedlichem Verhältnis aus gesunden und kranken Bäumen zusammen. Innerhalb der Bestände ist die Verteilung jeweils vollkommen gleichmäßig. Ziel soll es nun sein, jeden Bestand einem bestimmten Gesundheitszustand, der durch die Häufigkeit des Auftretens

kranker Individuen bestimmt ist, zuordnen zu können. Beispielhaft werden über die Gesamtfläche drei verschiedene Stichprobennetze (Variante a, b und c) gelegt, wobei der Stichprobenumfang jeweils 72 Bäume beträgt. Variante a und b sind Klumpenstichproben, einmal zu je 9 Bäumen und einmal zu je 3 Bäumen. Variante c (rechts unten) wird in Form einer einstufigen Stichprobe (Einzelbäume) durchgeführt.

Alle drei Stichprobeverfahren liefern in diesem vereinfachten Beispiel für die Gesamtfläche das idente Ergebnis von 50% gesunden und 50% kranken Bäumen und entsprechen damit exakt dem Ergebnis der Vollaufnahme. Davon abzuleiten, daß die Gesamtfläche in zwei gleich große Teilflächen mit flächenbezogen gleichen Zuständen "gesund" bzw. "krank" gegliedert ist, entspricht im dargestellten Beispiel augenscheinlich nicht den tatsächlichen Verhältnissen, da die vier Einzelbestände jeweils einen, voneinander unterscheidbaren Flächenzustand charakterisieren.

Welches Verfahren ist nun in der Lage diese verschiedenen Zustandsformen zu erfassen und exakt wiederzugeben? Dazu können die Ergebnisse der einzelnen Stichprobenpunkte als Zustandsweiser des lokalen Waldzustandes verwendet werden, wobei für jede Einzelstichprobe ein Mittelwert aus den vorgefundenen Qualitätskennziffern berechnet wird, also beispielsweise ein Mittelwert von 0.33 bei einem Anteil von 33.3% kranken Bäumen. Die Häufigkeitsverteilung der sich ergebenden Mittelwerte nach den vier möglichen Stufen der mittleren Qualitätskennziffer ist in Tabelle 1 dargestellt.

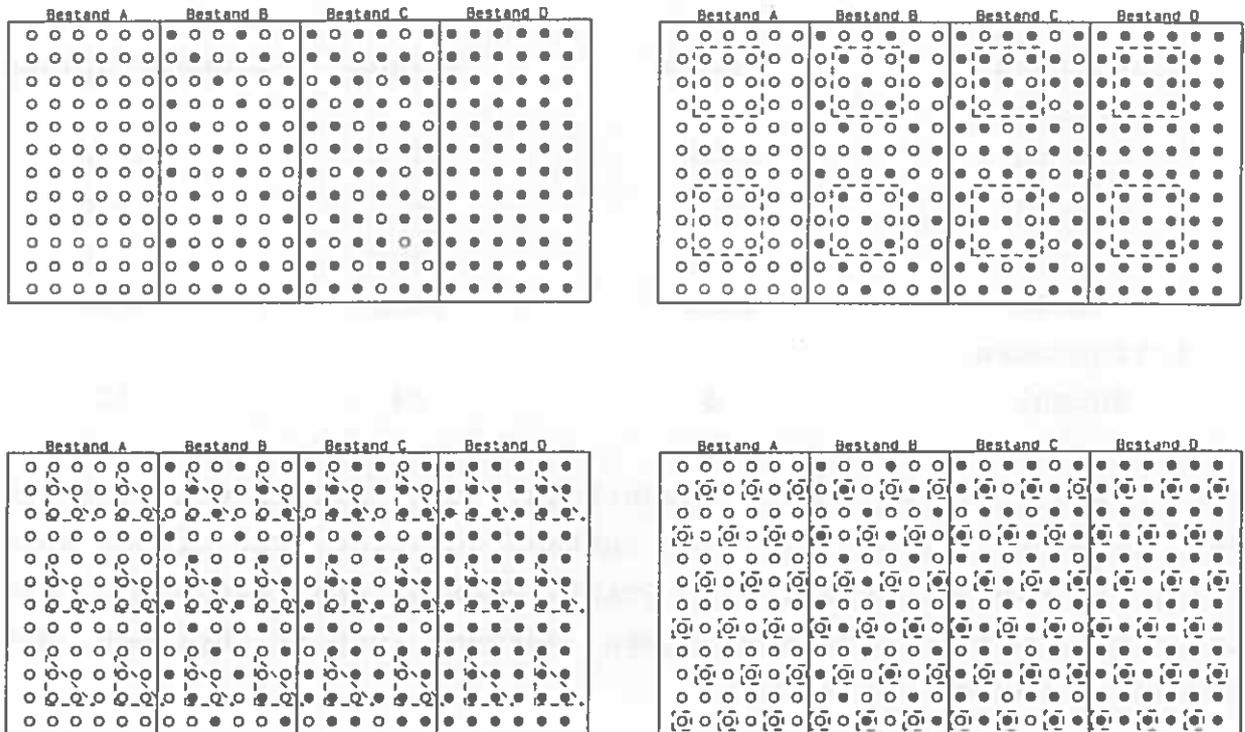


Abb. 1: Schematisierte Darstellung einer Waldfläche mit vier unterschiedlichen "geschädigten" Beständen, gesunde Bäume (o) bzw. kranke Bäume (●). In drei Varianten werden Stichproben von je neun Bäumen (rechts oben), je drei Bäumen (links unten) und von Einzelbäumen (rechts unten) simuliert.

Die 3-Baumflächenergebnisse der Variante b unter- bzw. überschätzen z.T. den Bestandeszustand. So fallen in die obersten 2 Flächen in Bestand B je zwei kranke Bäume, und es wird damit ein Zustand wie von Bestand C wiedergegeben. Die mittleren beiden Flächen im gleichen Bestand weisen hingegen einen vollkommen gesunden Zustand auf. Für Variante a geben alle acht 9-Baumstichprobeflächen für die Bestände den Wert für den Zustand des jeweiligen Bestandes richtig wieder. Nur das Ergebnis der 9-Baumstichprobe vermag in diesem Beispiel den tatsächlichen Zustand

Tabelle 1: Relative Häufigkeiten der Mittelwerte der Einzelstichproben für die Gesamtfläche von Abbildung 1

Qualitätskennziffer	9-Baum	3-Baum	1-Baumstichprobe
0.00	25.0	33.3	50.0
0.33	25.0	16.7	0.0
0.67	25.0	16.7	0.0
1.00	25.0	33.3	50.0
Stichprobenanzahl	8	24	72

der Realität entsprechend abzubilden, daß jeweils ein Viertel der Waldfläche einen gleichen Zustand aufweist. Für dieses Beispiel mit einem schematischen Quadratverband und regelmäßig verteilten Einzelbaumzustandsformen würden auch Stichproben mit jeweils 6 Bäumen ausreichen.

3.2 Kronenzustandserhebung auf der Probefläche

Für die gewünschte Abschätzung des Flächenausmaßes der verlichteten Waldbestände war es auf Grund der oben dargestellten Gründe notwendig ein geeignetes Aufnahmeverfahren zu entwickeln. Dabei muß ein flächenbezogenes Merkmal, das den lokalen Waldzustand widerspiegelt, erfaßt werden. Dieses waldflächenbezogene Merkmal muß sich auf eine Fläche definierten Ausmaßes beziehen. Für die Ableitung der optimalen Größe sind verschiedene Gesichtspunkte maßgeblich. Wird sie zu klein gewählt (z.B. die Standfläche eines Einzelbaumes mit ca. 30-40 m²), so treten oben beschriebene Probleme auf (siehe Tab. 1); ist sie hingegen zu groß, so werden bestandesspezifische Eigenschaften verwischt und der Informationsgehalt thematischer Karten wesentlich verringert. Daraus folgt, daß die maximale Bezugsfläche nicht größer sein darf als der betreffende Bestand, "der Einzelbestand muß

Gegenstand der Waldschadensinventuren sein" (SCHMIDTKE, 1987).

Theoretische Überlegungen ließen eine Anzahl von etwa 30 Bäumen als ideal erscheinen, bei durchschnittlichen Verhältnissen entspricht dies einer Fläche von 0,1-0,2 ha (30 vor-/herrschende Bäume im Baumholzstadium). Für die Einstufung des betreffenden Kleinbestandes sind verschiedene Methoden möglich, vier Varianten sollen nachfolgend beschrieben und diskutiert werden.

3.2.1 Möglichkeiten der bestandesweisen Klassifizierung

Praktische Überlegungen in Hinblick auf eine anschauliche kartenmäßige Darstellung und die Möglichkeit der Weiterverarbeitung führten dazu nur eine Kennziffer zur Charakterisierung der angetroffenen Situation zu bevorzugen. Prinzipiell wäre auch die Aufnahme als Alternativmerkmal im Gelände denkbar gewesen, wobei vom Aufnahmetrupp zu entscheiden gewesen wäre: Bestand "geschädigt" ja/nein. Dieses Vorgehen hätte aber nur Aussagen darüber ermöglicht, wie groß der Anteil der als "geschädigt" eingestuften Bestände ist. Für weitere Bearbeitungen hätte dieses Alternativmerkmal sehr wenig Informationsgehalt. Auch die alleinige Erfassung der Mortalität könnte für eine solche Bestandesqualifizierung verwendet werden. Der Vorteil wäre, daß abgestorbene Bäume eindeutig erfaßbar sind. Nachteile sind die Beeinflußbarkeit der Ergebnisse durch die Intensität von Nutzungsmaßnahmen, die notwendige Größe der Beobachtungsflächen, da die Absterberaten in nicht zu stammzahlreichen, älteren Beständen gering sind und die Empfindlichkeit dieses Verfahrens auf zufällige Beeinflußung, z.B. durch lokal auftretende biotische Schadfaktoren.

Naheliegend ist die Bildung eines bestandesbezogenen Mittelwertes (POLLANSCHÜTZ, 1985b). Dabei werden die Anteile in den einzelnen Verlichtungsstufen je Fläche errechnet und mit der Verlichtungsstufenkennziffer (Werte von 1 bis 5) gewichtet. Gegen die Verwendung des Mittelwertes gibt es verschiedene Ein-

wände:

- Jede Mittelwertbildung bedingt eine Nivellierung zum Mittelwert, dadurch werden Extremwerte unterdrückt (SCHMIDTKE, 1987).
- Numerisch gleiche Mittelwerte (ohne Rücksichtnahme auf andere statistische Kenngrößen, wie Streuung und Spreitung) können sich aus verschiedenen Verteilungen ergeben (MAUSER, 1987).
- Bei einer ungleichen Abstufung der gebildeten Klassen und teilweise extrem (links-)schiefen Verteilungen ist der arithmetische Mittelwert in einigen Fällen nicht in der Lage das betreffende Kollektiv einwandfrei zu charakterisieren.
- Die Verwendung der als Rangzahlen aufzufassenden Verlichtungsstufen als Gewichtungsfaktoren ist willkürlich (MANDL, 1986).

Zu diesen Einwänden kann folgendes gesagt werden:

- Ein sich ergebender Mittelwert soll nicht als mittlerer Zustand der betrachteten Einzelbäume interpretiert werden, sondern wird als neue Kenngröße für den jeweiligen Bestandeszustand aufgefaßt. Um diese unterschiedliche Bedeutung hervorzuheben, wird der Mittelwert einer Probefläche bei der WZI auch nicht als mittlere Verlichtungsstufe, sondern als durchschnittlicher Verlichtungsgrad (=DVG) bezeichnet. Um die straffende Wirkung der Mittelbildung auszugleichen, sind für diese Bestandeskenngröße andere und strengere Grenzwerte als für die Einzelbaumzustände, sowohl hinsichtlich der absoluten Größe wie auch der Bedeutung von Veränderungen, notwendig (siehe unter 3.2.2). Dadurch kann der nivellierende Effekt der Mittelwertbildung ausgeglichen werden und eine sinnvolle Interpretationsmöglichkeit ist gegeben.
- Als Konsequenz der gewählten Abgrenzung der Verlichtungsstufen ergaben sich in allen Aufnahmejahren Anteile von weniger als 5%

für die Stufen 3, 4 und 5 zusammen. Auf der Mehrzahl aller Flächen (ca. 75%) wurden nur Bäume der Verlichtungsstufen 1 und 2 registriert. Demzufolge ergeben sich die DVGs als Kombination der Stufen 1 und 2 und charakterisieren somit die Ausgangsverteilung in den überwiegenden Fällen eindeutig. Auch in den übrigen Fällen treten keine zufälligen Kombinationen auf, sondern es entstehen mit zunehmender Verschlechterung des Bestandeszustandes charakteristische Verteilungsmuster, die in Abb. 2 wiedergegeben sind. In dieser Abbildung für das Jahresergebnis 1988 sind die tatsächlich beobachteten, durchschnittlichen Verteilungen der Einzelbaumverlichtungsstufenanteile (Ordinate) über dem DVG (Abszisse) bis zu einem DVG von 2,30 auftragen. Die weiteren Verläufe wurden schematisiert dargestellt, da in diesem Bereich zu wenige bzw. gar keine Aufnahmedaten vorhanden sind. Ganz ähnliche Darstellungen finden sich bei MANDL (1986), SEGER (1986) und ZIRM (1986), sowie in schematisierter Form bereits bei POLLANSCHÜTZ (1981). Die Streungsverhältnisse sind aus Übersichtlichkeitsgründen nicht angegeben: die Standardabweichungen betragen für die Anteile der Verlichtungsstufe 1 im Mittel $\pm 6\%$, für die Stufe 2 $\pm 9\%$ und für die Stufe 3 $\pm 4\%$, mit zunehmendem DVG nimmt ganz allgemein auch die Streuung zu.

- Im Gegensatz zur BRD (vgl. SCHRÖTER und ALDINGER, 1985) ist in Österreich die Klassenbreite der Verlichtungsstufen 1, 2 und 3 zumindest hinsichtlich der Nadelverlustprozente konstant (vgl. POLLANSCHÜTZ, 1985a; NEUMANN und POLLANSCHÜTZ, 1988) und beträgt jeweils $1/6$ der möglichen Gesamtbenadelung, eine Mittelwertsbildung erscheint daher zulässig.

- Das Fehlen von Normalverteilung erscheint wenig folgenschwer, da nach der Berechnung des Mittelwertes keine weiteren statistischen Verfahren angewandt werden, die eine Normalverteilung voraussetzen würden. Wie oben gesagt, wird der Mittelwert eben nicht als Schätzwert eines linksschiefen Baumkollektivs betrachtet, sondern er bekommt als durchschnittlicher Verlichtungsgrad eine neue Funktion als Index für den Zustand des Bestandes.

- Die Problematik der Gewichtung ist wesentlich von der Vorgangsweise bei der Interpretation der Resultate geprägt. Wenn in Abhängigkeit von einer willkürlich gewählten Gewichtung angepasste Grenzwerte festgelegt werden, erscheint die Gewichtung von untergeordneter Bedeutung.

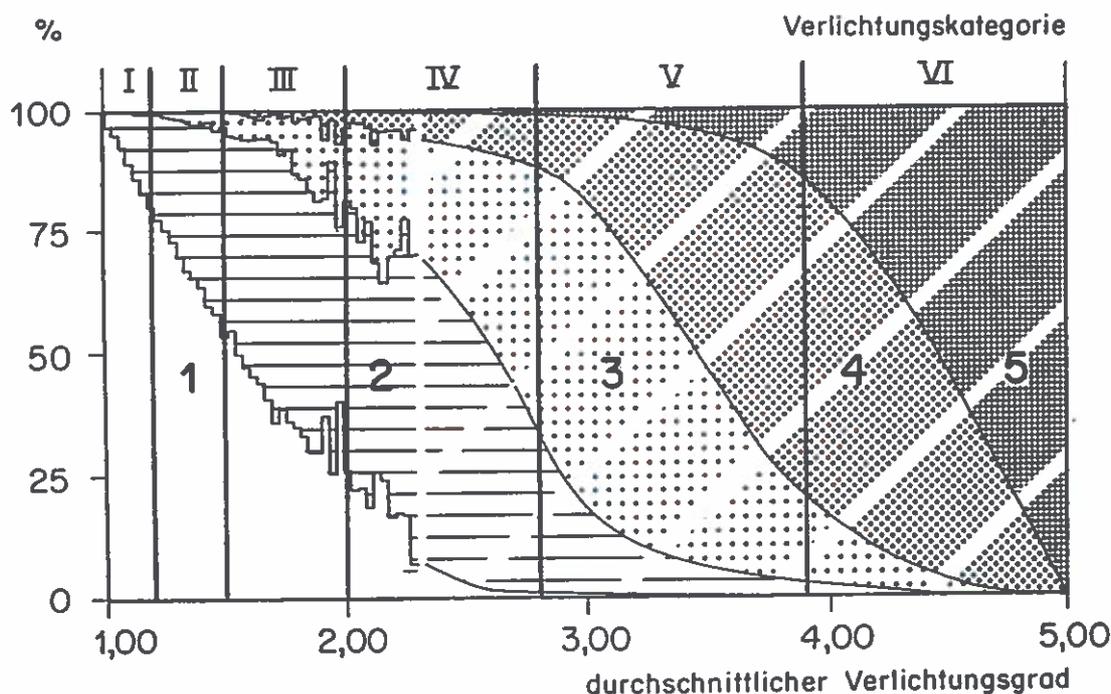


Abb. 2: Verteilungshistogramm der Verlichtungsstufen, Beziehung zwischen den relativen Anteilen der Verlichtungsstufen 1 bis 5 und dem durchschnittlichen Verlichtungsgrad bzw. der Verlichtungskategorie (I bis VI).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, daß die Einwände gegen die Verwendung des Mittelwertes weitestgehend entkräftet werden konnten. Zusätzliche Argumente dafür sind die einfache Berechnungsart und die einfache Weiterverarbeitbarkeit der "quasi-stetig" verteilten Kennziffer. "Trotz der Bedenken dem Vitalitätsindex (= durchschnittlicher Verlichtungsgrad) gegenüber liefert das praktische Arbeiten mit dieser Maßzahl brauchbare Ergebnisse" (MANDL, 1986). Diese auf die Auswertung von Luftbilddaten bezogene Aussage, wurde durch die Erfahrungen bei

der WZI vollständig bestätigt.

3.2.2 Kriterien für die Bildung der Verlichtungskategorien

Zur Abschätzung des Flächenausmaßes ist das Vorliegen von Häufigkeiten von Alternativmerkmalen notwendig (z.B. wie unter 3.2.1 beschrieben), diese Häufigkeiten können anschließend auf die repräsentierte Fläche hochgerechnet werden. Eine feinere Abstufung erhöht den Informationsgehalt, dazu wurden die stetig verteilten DVGs in 6 Klassen geteilt (Abbildung 2). Diese "Verlichtungskategorien" (= VK) genannten Klassen werden bei POLLANSCHÜTZ (1985b) sowie bei POLLANSCHÜTZ und NEUMANN (1987) näher beschrieben.

POLLANSCHÜTZ (1986a) weist daraufhin, daß die Lage der Grenzen (insbesondere die von 1,50) in Abhängigkeit von der Witterung der Vorjahre, aber auch vom Bestandesalter und der Standortsgüte gesehen werden sollte. Mit Rücksicht auf eine von Jahr zu Jahr einheitliche Auswertung wurden bei der WZI jährlich die gleichen Grenzwerte verwendet. Auf klimatische Besonderheiten des Aufnahmejahres wurde bei der Interpretation der Resultate hingewiesen.

Werte unter 1,20 werden als VK I zusammengefaßt und als "eindeutig innerhalb des natürlichen Rahmens" beschrieben. Als "natürlicher Übergangsbereich" wird VK II bis 1,50 bezeichnet, während DVGs über 1,50 eine "über das natürliche Maß hinausgehende Verlichtung der Baumkronen" in den Beständen kennzeichnen. Da diese Grenzziehung willkürlich erscheint, die Lage der Grenze jedoch entscheidende Auswirkung auf das davon abgeleitete Ausmaß der als geschädigt (bzw. über das natürliche Maß hinausgehend verlichtete) anzusehende Waldfläche hat, war sie Ausgangspunkt zahlreicher Diskussionen (z.B. MAUSER, 1987). Um die Sinnhaftigkeit der gewählten Grenzwerte zu überprüfen werden nachfolgend auch andere Verfahren angewandt und die sich ergebenden Resultate verglichen (siehe unter 3.3).

3.2.3 Andere Möglichkeiten von Bestandeskennwerten

Andere praktikable Verfahren, die den Zustand einer Probefläche (eines Kleinbestandes) flächenhaft beschreiben und qualifizieren können, werden nachfolgend beschrieben. Zwei beruhen auf den Häufigkeitsverteilungen nach einzelbaumbezogenen Verlichtungsstufen und eines auf der Berechnung eines durchschnittlichen Flächenzuwachswertes.

- Bestandesschadniveau: ausgehend von der Feststellung, daß ein Bestand in seiner Gesamtstruktur gefährdet ist, wenn mehr als ein Drittel des Bestandes stark geschädigt ist, definiert SCHMIDTKE (1987) auf Grund der Häufigkeiten in vier Schadstufen (= Verlichtungsstufen) vier Bestandesschadniveaus (= BSN) bezogen auf eine 20 Baum-Stichprobe. Nach SCHMIDTKE gelten die Bestandschadniveaus für alle Baumarten und Altersklassen, es werden von ihm aber auch andere Einteilungen durch zusätzliche Parameter für denkbar erachtet.

BSN 0: keine oder nur unbedeutende Schäden.

Mindestens 75% keine Verlichtung und
nicht mehr als 5% mittlere/starke Verlichtung

BSN 2: Bestände mit mittleren Schäden.

Mindestens 25% mittlere und starke Verlichtung
und weniger als 20% starke Verlichtung

BSN 3: Bestände mit schweren Schäden.

Mehr als 33,3% mittlere/starke Verlichtung
und mehr als 10% starke Verlichtung; oder
mindestens 20% starke Verlichtung

BSN 1: Bestände mit leichten Schäden.

Restklasse

- Bestandesverlichtungsniveau (= BVN) wurde hier in Anlehnung an das Bestandesschadniveau definiert. Es geht in gleicher Weise von den Häufigkeiten in den einzelnen Verlichtungsstufen der Einzelbäume aus, inkludiert jedoch auch die Stufe 5 (= abgestorben). Die Definition der BVN wurde an Hand der durchschnittlichen Verteilung in Abbildung 2 bewußt im nachhinein so gewählt, daß sich möglichst ähnliche Resultate wie nach dem DVG in der Klasseneinteilung der Verlichtungskategorien ergeben.

Entscheidend für die Einstufung ist der Anteil der Bäume ohne Verlichtung der Kronen und die Anteile der Bäume mit mittlerer und starker Verlichtung der Kronen. Der Anteil der Bäume mit leichter Verlichtung hat keinen direkten Einfluß. Im Gegensatz zum BSN erscheint die Stufe 1 sehr weit gefaßt, bedenkt man aber, daß maximal 1 Baum (bezogen auf die bei der WZI übliche Probestaumzahl von 30 je Fläche) mittlere Verlichtung hat, und somit 29 Bäume nicht oder nur leicht verlichtet sind, so erscheint dies wieder relativiert. Auch gilt die obige Feststellung, wonach erst die Interpretation über die Zulässigkeit einer Grenzziehung entscheidet.

BVN 1: mindestens 50% keine Verlichtung und
weniger als 5% mittel/stark oder abgestorben

BVN 2: weniger als 50% aber mehr als 20% keine
Verlichtung; oder mehr als 50% keine Verlichtung
und mehr als 5% mittel/stark oder abgestorben

BVN 3: weniger als 20% keine Verlichtung und
weniger als 50% mittel/stark oder abgestorben

BVN 4: weniger als 20% keine Verlichtung und
mehr als 50% mittel/stark oder abgestorben

- Zuwachsverlustklassen (= ZVK) wurden unter Verwendung der Ergebnisse von ECKMÜLLNER (1988) definiert. Auf die entscheidende Indikatorfunktion des Zuwachses für den Zustand eines Bestandes

wurde schon in der Einleitung hingewiesen, Zuwachsparemeter können allerdings nur mit höherem Aufwand ermittelt werden. In der Dissertation von ECKMÜLLNER werden durchschnittliche Zuwachsleistungen für die einzelnen Verlichtungsstufen von Fichte angegeben und mit diesen Ergebnissen kann modellhaft vom erhobenen Merkmal der Verlichtungsstufe auf die Zuwachsleistung rückgeschlossen werden. ECKMÜLLNER verwendet dabei nicht unverlichtete Bäume als Vergleichskollektiv (Pärchenvergleich), sondern ermittelt unter Anwendung der von (VINŠ und POLLANSCHÜTZ, 1977) beschriebenen Methode einzelbaumweise die relative, alterstrendbereinigte Zuwachsleistung der letzten 5 Jahre in Vergleich zur Vorperiode. ECKMÜLLNER findet bei Fichte für die Verlichtungsstufe 1 eine Zuwachsleistung von 103%, also eine Mehrleistung in den letzten Jahren. Für die Stufe 2 werden 89% der Zuwachsleistung, für Stufe 3 72% und für Stufe 4 von 45% festgestellt.

Selbstverständlich können diese Zahlen nur durchschnittliche Verhältnisse wiedergeben und gelten nur für den untersuchten Zeitraum von 5 Jahren. Das umfangreiche Untersuchungsmaterial mit fast 500 Bäumen und die gute Verteilung der Untersuchungsorte lassen doch weitgehend sichere Resultate erwarten, die für eine modellhafte Betrachtung ausreichen. Unter der vereinfachenden Annahme, daß sich die nicht aufgenommenen Bäume (soziale Stellung, grobe mechanische Schäden, Mischbaumart) in der Zuwachsleistung gleich verhalten wie das Probebaumkollektiv, kann damit die durchschnittliche Zuwachsleistung des Kleinbestandes abgeschätzt werden und so ein weiterer flächenbezogener Zustandskennwert ermittelt werden. Der durchschnittlicher Flächenzuwachs wird einzelflächenweise in gleicher Weise wie der DVG ermittelt, nur werden statt der Verlichtungsstufe (1-5) selbst die oben angeführten Zuwachsleistungen mit Werten zwischen 103% für Stufe 1 und 0% für tote Bäume als Gewichtungsfaktor verwendet. Die Einzelflächenresultate können in folgende Klassen der Zuwachsleistung zusammengefaßt werden, wobei auch andere Gliederungen denkbar sind.

ZVK 1: ermittelter Flächendurchschnittszuwachs größer als

100%, d.h. vergleichsweiser Mehrzuwachs in den letzten 5 Jahren

ZVK 2: Flächendurchschnittszuwachs zwischen 100 und 95%, d.h. weniger als 5% Zuwachsverminderung (vgl. ASSMANN, 1961 p. 224)

ZVK 3: Flächendurchschnittszuwachs zwischen 95 und 90%

ZVK 4: Flächendurchschnittszuwachs zwischen 90 und 75%

ZVK 5: Flächendurchschnittszuwachs geringer als 75%, d.h. Zuwachsverminderung größer als 25%.

3.3 Vergleich der verschiedenen Vorgangsweisen

Um die Auswirkungen der vier beschriebenen Vorgangsweisen sinnfällig zu demonstrieren, wurden die Einzelflächenergebnisse des Bundesgebietes der WZI für die Jahre 1985-88 entsprechend aufbereitet und in Abbildung 3 dargestellt. Da die Zuwachsrichtwerte für Fichte gelten, wurden auch die übrigen Verfahren nur für die Fichtenbeobachtungsflächen angewandt, die Resultate sind daher nicht direkt mit den Ergebnissen der WZI vergleichbar, die sich auf alle aufgenommenen Baumarten beziehen.

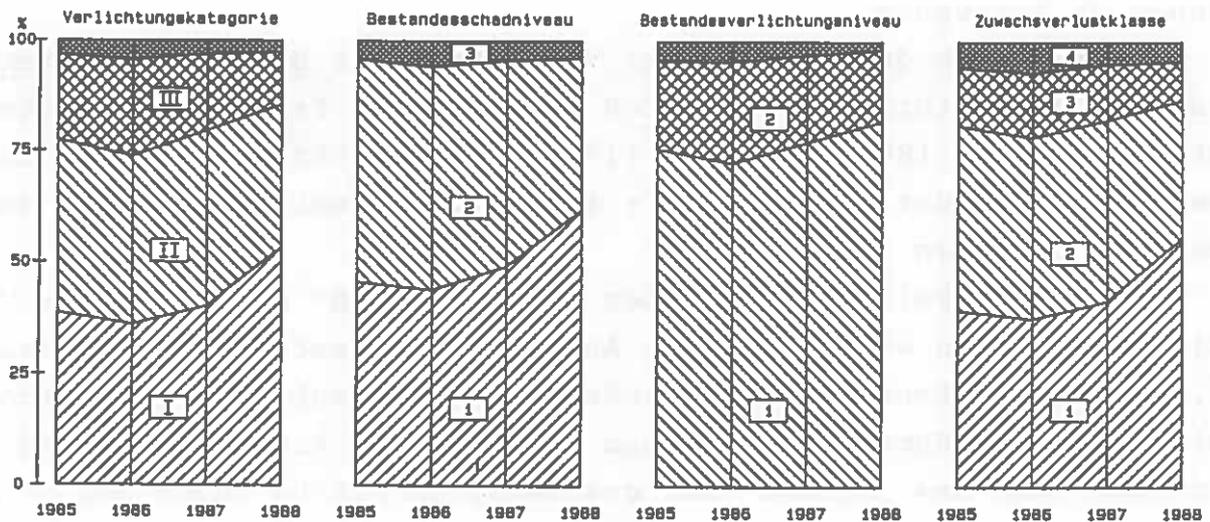


Abb. 3: Waldflächenbezogene Darstellung des Bundesergebnisses für ca. 1800 Fichtenbeobachtungsflächen für die Aufnahmen der WZI in den Jahren 1985 bis 1988 nach vier verschiedenen Berechnungsverfahren.

In der ersten Graphik von Abbildung 3 ist dabei die Verteilung aller Probeflächen nach den Verlichtungskategorien aufgetragen. Der Anteil von VK I variiert für die Aufnahmeergebnisse der vier Jahre zwischen 36 und 53%, derjenige von VK II zwischen 32 und 38%. Durchschnittliche Verlichtungsgrade unter 1,50 (also die Verlichtungskategorien I und II) werden als Weiserwerte für Bestände betrachtet, bei denen die Kronenverlichtungen noch im natürlichen Schwankungsbereich liegen. Demzufolge wurde z.B. für 1988 auf 85% der Fichtenbeobachtungsflächen keine über das natürliche Ausmaß hinausgehende Verlichtung festgestellt. Vereinfachend kann daraus gefolgert werden, daß 85% der Waldfläche als "gesund" zu betrachten ist, für alle Baumarten ist der Anteil 80,5% (NEUMANN und POLLANSCHÜTZ, 1989). Der Anteil von VK III beträgt zwischen 12 und 22%, hingegen ist der Prozentsatz von Flächen in VK IV mit 2,5 bis 4,5% ziemlich konstant. Der Anteil von VK V liegt stets unter 0,2%, die VK VI tritt nicht auf.

In der zweiten Graphik ist die Verteilung nach den Bestandes-schadniveaus angeführt, der Anteil von BSN 1 ist etwas größer als der von VK I, der Anteil von BSN 3 beträgt zwischen 4 und 6% und ist somit größer als der Anteil von VK IV. Nach SCHMIDTKE wären zwischen 56% (1986) und 38% (1988) der Bestände als geschädigt anzusehen.

Im Vergleich dazu werden bei Verwendung des Bestandesverlichtungsniveaus (Graphik 3), durch die weitere Fassung der ersten Stufe nur 27% (1986) bzw. 18% (1988) als geschädigt ausgewiesen. Der Anteil in der dritten Stufe ist wieder ziemlich konstant und beträgt zwischen 2 und 4%.

Die Häufigkeiten der Flächen mit einem DVG unter 1,20 (= VK I) entsprechen weitgehend den Anteilen im Bestandesschadniveau 1. Die erste Stufe des Bestandesverlichtungsniveaus entspricht hingegen der Summe von VK I und VK II (= DVG kleiner als 1,50). Schätzt man das Ausmaß der geschädigten Fläche nach den drei angeführten Verfahren, wobei der Definition der Grenze zwischen "gesund" und "krank" überwiegende bis ausschließliche Bedeutung zukommt, ergeben sich Differenzen im Ergebnis von bis zu 30%. Diese Unterschiede haben in der Öffentlichkeit Unsicherheit der

gesamten Methodik gegenüber bewirkt. Wie jedoch darzulegen versucht wurde, sind diese Unterschiede ausschließlich als Konsequenz der unterstellten Grenzwerte zu sehen. Die jeweils verwendeten Grenzwerte können besser oder schlechter abgesichert sein, willkürlich festgelegt sind alle. In der Einleitung wurde bereits darauf hingewiesen, daß gerade für forstliche Inventuren allgemein die Grenzwertfestsetzung schwierig ist. In noch stärkerem Maße gilt dies bei der Kronenverlichtung, einem von Natur aus starker Variation unterliegenden Merkmal.

Leichter erscheint es für die Zuwachsleistung Klassengrenzen festzusetzen, da der Zuwachs eine bestimmbare Größe ist und wesentlich weniger von Emotionen geprägt ist als die Begriffe "gesund" und "krank".

Aus dieser Überlegung heraus wurden in Graphik 4 die Anteile in den Zuwachsverlustklassen angeführt. Dabei sind in der ersten Stufe die Bestände ausgewiesen, die in den letzten 5 Jahren einen Mehrzuwachs verzeichneten. In der zweiten Stufe diejenigen, die im Vergleich zur Vorperiode weniger als 5% Zuwachsminderleistung hatten. In Stufe 3 diejenigen bis zu 10% Minderung und in Stufe 4 diejenigen mit Zuwachsverlusten bis zu 25%. Das Verteilungsmuster stimmt in allen Jahren überzeugend mit dem Verteilungsmuster der Verlichtungskategorien (Graphik 1 in Abbildung 3), sowohl hinsichtlich der absoluten Größe wie auch der Tendenzen, überein. Es ergibt sich, daß zwischen 78 und 86% aller Flächen einen Mehrzuwachs oder eine Zuwachsminderung von weniger als 5% aufwiesen und nur auf 14 bis 22% aller Flächen mit einer Zuwachsminderung von mehr als 5% zu rechnen ist. Dies stimmt mit der auf den Verlichtungskategorien basierenden Aussage überein, wonach für die vier Aufnahmejahre zwischen 74 und 85% der Flächen als gesund und 15 bis 26% als geschädigt eingestuft wurden. Damit wird auch der Grenzwert von 1,50 plausibel, der sich demzufolge mit der Grenze von weniger als 5% Zuwachsverlust deckt. Sicherlich sind für die Berechnung des Flächendurchschnittszuwachses viele vereinfachende Modellannahmen nötig, diese könnten gegebenenfalls auch noch in Einzelheiten korrigiert bzw. verbessert werden. Die gute Übereinstimmung des

DVG mit den auf diese Art ermittelten Zuwachswerten ergibt sich aus der analogen Berechnungsweise, bei der die bestehende Variation der Zuwachsleistung innerhalb der Verlichtungsstufen nicht beachtet wird. Dennoch erlaubt diese Kalkulation ein besseres Verständnis der für die WZI gewählten Grenzwerte in bezug auf den DVG.

Interessant ist auch, daß die sich ergebende Globalziffer für den Zuwachs, trotz der Veränderungen von Jahr zu Jahr hinsichtlich der Häufigkeitsanteile in den einzelnen Verlichtungsstufen, überraschend konstant wird: die durchschnittliche Zuwachsleistung aller Fichtenprobeflächen schwankt nur sehr gering und zwar zwischen 97,7% im Jahr 1986 und 99,0% im Jahr 1988.

4. FOLGERUNGEN

Da sich waldfächenbezogene Kennzahlen auf eine definierte Waldfläche beziehen müssen, erlauben die einzelbaumbezogenen Häufigkeiten in den Verlichtungsstufen keine Aussagen über den Zustand von Waldflächen. Nur eine ausreichende Flächengröße mit einer ausreichenden Probebaumanzahl ermöglicht eine flächenbezogene Zustandserfassung. Die Anzahl der Probebäume ist neben den Streuungsverhältnissen auch von den gewählten Grenzwerten abhängig. Optimierungsverfahren für zweistufige Stichproben hinsichtlich des günstigsten Verhältnisses von Stichprobenanzahl und Anzahl von Bäumen je Fläche (HRADETZKY, 1983) sind daher nur in bezug auf regionale Mittelwerte, nicht jedoch für die Erfassung des lokalen Waldzustandes anwendbar.

Der durchschnittliche Verlichtungsgrad (DVG) von 30 Bäumen vermag den Flächenzustand eines Kleinbestandes eindeutig zu charakterisieren (siehe Abb. 2) und ermöglicht problemlose graphische Darstellungen und andere Weiterverarbeitungsmöglichkeiten. Die Verwendung dieses flächenbezogenen Kennwertes ermöglicht Aussagen über den Zustand der repräsentierten Waldflächen. Von den vier untersuchten Verfahren, die auf den Verteilungsmustern jeder einzelnen Probefläche beruhen, liefern sowohl die von

SCHMIDTKE beschriebene Bildung von Bestandesschadniveaus wie auch das Bestandesverlichtungsniveau ausschließlich alternative Rangdaten. Die Bildung von Flächenmittelwerten hingegen ermöglicht eine Weiterverarbeitung von informationsreicheren, stetig verteilten Kennwerten. Die Mittelwerte sind dadurch besser für die flächenbezogene Auswertung von Kronenzustandsinventuren geeignet. Diese Eignung bezieht sich aber ausschließlich auf die Zustandscharakterisierung, hinsichtlich der möglichen Ursachen des aktuellen Zustandes kann weder vom DVG noch von den Einzelbaumergebnissen eine Aussage erwartet werden.

In diesem Zusammenhang muß der Begriff "Zustand" auch vom Begriff "Schädigung" klar auseinander gehalten werden. Unter (Wald-)Zustand als übergeordneter Begriff ist die Summierung aller walddrelevanter Teilaspekte zu verstehen, während unter Schädigungen Einflüsse von negativ auf den Waldzustand wirkenden Faktoren verstanden werden sollen. Der Zustand wird nicht ausschließlich von Schädigungen bestimmt, sondern ganz wesentlich auch von Alter, Genetik, Standort und Klima beeinflusst. SCHÖPFER (1986) zeigt welche Fehlinterpretationen von kartographischen Schadensmustern möglich sind, wenn die entscheidenden Auswirkungen von unzureichenden Standardisierungsbedingungen (z.B. ungleiches Bestandesalter) mißachtet werden. Auch INNES und BOSWELL (1988) weisen daraufhin, daß die Berücksichtigung des zustandsverschlechternden Alterseffekts die Aussagekraft der Ergebnisse wesentlich erhöhen kann. Weitere Hinweise auf die entscheidende Bedeutung des Alterseffektes finden sich bei NEUMANN (1989). Daraus folgt, daß der Zustandskennwert (= DVG) von den angeführten Einflußfaktoren bereinigt werden müßte, um zum Indikatorwert für die Größe der Schadeinwirkung werden zu können. Da der DVG neben der Schädigung von sehr vielen anderen Einflüssen bestimmt ist, kann nur bei Berücksichtigung und Eliminierung dieser Einflüsse aus dem derzeitigen Zustand auf die in Vergangenheit (und Gegenwart) einwirkende Schädigung bzw. potentielle Gefährdung geschlossen werden. Waldzustandsinventuren gewinnen somit erst durch zusätzliche Aufnahmeparameter Aussagekraft bezüglich der Schadeinwirkung. Der Umstand, daß in luftbildge-

stützten Inventuren diese begleitenden Parameter im allgemeinen nur global bzw. teilweise überhaupt nicht erfaßbar sind, muß bei der Bewertung der Aussagekraft beachtet werden. Eine Möglichkeit diesem Mangel an notwendiger Information abzuhelpfen, besteht in der Einbindung von vorhandenen Daten aus anderen Erhebungen, soweit diese in der erforderlichen Genauigkeit und im benötigten Umfang vorhanden sind.

Der Vergleich der Resultate der vier geprüften Verfahren zeigt, daß das Bestandesschadniveau nach SCHMIDTKE (1987) den größten Anteil von geschädigten Flächen ausweist. Die anderen drei Verfahren erbringen für alle vier untersuchten Jahresergebnisse der WZI vergleichsweise geringe Unterschiede. Die informationsreicheren Flächenmittelwerte (durchschnittlicher Verlichtungsgrad bzw. mittlerer Flächenzuwachs) eignen sich besser für eine Weiterverarbeitung als die Alternativmerkmale des Bestandesverlichtungsniveaus und sind daher zu bevorzugen. Der DVG unterscheidet sich vom mittleren Flächenzuwachs nur durch die abweichenden Gewichtungsfaktoren und einer demzufolge zahlenmäßig, nicht jedoch in der Auswirkung unterschiedlichen Grenzwertfestlegung.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von den Möglichkeiten okularer Inventuren wurde die Zielsetzung an Waldzustands- bzw. Waldschadensinventuren analysiert. Sowohl Aussagen über die Verteilung von Einzelbäumen auf Verlichtungsstufen wie auch Aussagen über das Flächenausmaß der von Kronenverlichtungen betroffenen Waldfläche sind durch Großrauminventuren möglich. Für jede der beiden Fragestellungen ist aber ein geeignetes Aufnahme- und Auswertungsverfahren vorzusehen. Es wurde zu zeigen versucht, daß die Hochrechnung von Einzelbaumergebnissen auf die Waldfläche zu irreführenden Resultaten führt. Nur flächenbezogene, am Einzelbestand orientierte Erhebungen ermöglichen Aussagen über das Flächenausmaß, dafür ist eine entsprechende Größe jeder einzelnen Probefläche notwendig.

Zur Charakterisierung des Bestandeszustandes wurden verschiedene Verfahren an Hand des Datenmaterials der Waldzustandsinventur der Jahre 1985 bis 1988 einer Vergleichsauswertung unterzogen. Das Vorliegen von mittleren Zuwachsleistungen nach Verlichtungsstufen aus den Untersuchungen von ECKMÜLLNER (1988) ermöglicht nunmehr eine Modellberechnung. Diese zeigt, daß sich im Vergleich zur bisherigen Vorgangsweise der Klassifizierung nach durchschnittlichen Verlichtungsgraden bzw. nach Verlichtungskategorien in den Resultaten keine wesentlichen Unterschiede ergeben. Es erscheinen damit sowohl die ursprünglich für die WZI gewählte Methodik, wie auch die festgesetzten Grenzwerte bestätigt zu sein. Im Sinne einer besseren Anschaulichkeit wäre auch der Übergang auf Zuwachsbezogene Flächenaussagen durchaus möglich.

- NEUMANN M., 1986: Diagnoseprofile: Erfassung der Waldzustandsänderungen und begleitende Untersuchungen.
In: Forschungsinitiative gegen das Waldsterben. Bericht 1985. Universität für Bodenkultur/Wien.
- NEUMANN M., 1989: Einfluss von Standortfaktoren auf den Kronenzustand. Air Pollution and Forest Decline, Proc. 14th IUFRO Meeting in Interlaken, Birmensdorf 1989, p. 209-214.
- NEUMANN M. und STOWASSER S., 1987: Waldzustandsinventur: Zur Objektivität von Kronenklassifizierungen.
In: Jahresbericht 1986 der FBVA-Wien.
- NEUMANN M. und POLLANSCHÜTZ J., 1988: Taxationshilfe für die Kronenzustandserhebungen.
Österr. Forstzeitung 99 Jg., p. 27-37.
- NEUMANN M. und POLLANSCHÜTZ J. 1989: Ergebnisse der Waldzustandsinventur 1988 in Österreich.
Forst und Holz 44 Jg., p. 8-9.
- PELZ E. und MATERNA J., 1964: Beiträge zum Problem der individuellen Rauchhärte von Fichte.
Archiv für Forstwesen Nr. 13, p. 177-210.
- POLLANSCHÜTZ J., 1966: Methodik der Rauchschaadensfeststellung wie sie gegenwärtig von der Forstlichen Bundesversuchsanstalt angewandt wird.
In: Mitt. der FBVA-Wien Nr. 73, p. 81-99.
- POLLANSCHÜTZ J., 1981: Großräumige Immissionszonenkartierung in Steiermark und Tirol mit Falschfarbenluftbildern.
In: Mitt. der FBVA-Wien Nr. 135, p. 125-133.
- POLLANSCHÜTZ J., 1985a: Zur Frage der Nadelverluste und Kronenverlichtung bei Fichte.
Allgem. Forstzeitung 96 Jg., p. 110-114.
- POLLANSCHÜTZ J., 1985b: Waldzustandsinventur 1984, Ziele-Inventurverfahren-Ergebnisse. FBVA-Berichte Nr. 8.
- POLLANSCHÜTZ J., 1986a: Problematik der Waldschäden.
In: Mitt. der FBVA-Wien Nr. 157, p. 21-26.
- POLLANSCHÜTZ J., 1986b: Zur Kritik an der Waldzustandsinventur.
Holzkurier 41 Jg., Nr. 13.
- POLLANSCHÜTZ J., 1987: Periodische Luftbildinventur - ein Teilprojekt des österreichischen Waldschadenbeobachtungssystems. Österr. Forstzeitung 98 Jg., p. 74-76.
- POLLANSCHÜTZ J., KILIAN W., NEUMANN M. und SIEGEL G., 1985: Instruktion für die Feldarbeit der Waldzustandsinventur

ZUR FRAGE DER KORRIGIERBARKEIT
TERRESTRISCHER KRONENTAXATIONEN

von

Klemens SCHADAUER

1. EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Nach vier Jahren bundesweiter Erhebungen der Waldzustandsinventur (WZI) ist nun eine umfassende Überprüfung der Qualität bzw. Homogenität der Kronenansprache möglich. Bislang wurde die Qualität der Jahresansprache an Hand der Ergebnisse der Einschulungen und der Kontrolltaxationen bewertet (NEUMANN und STOWASSER 1986). Nun kann die Qualität der Ansprachen auf allen WZI-Probeflächen überprüft werden, indem die vier Jahresergebnisse auf den einzelnen Probeflächen verglichen werden. Es soll ein Verfahren entwickelt werden, mit Hilfe dessen die "Ausreißer" als solche erkannt und korrigiert werden können.

In der Literatur finden sich zwar Hinweise auf die Korrektur von Ergebnissen von Kronentaxationen (z.B. KUBLIN 1987), die entsprechende Methodik ist dabei jedoch nicht angeführt. In diesem Fall handelt es sich aber nicht um vergleichende Untersuchungen mehrerer Jahre, und so muß hierfür eine neue Methode erarbeitet werden.

Da sich die wesentlichen Aussagen der WZI auf den durchschnittlichen Verlichtungsgrad (DVG, Index) beziehen, der sich aus den Anteilen in den Verlichtungsstufen als mit den Werten 1-5 gewichtetes Mittel ergibt, wurde dieser für die Korrektur herangezogen und nicht die Einzelbaumklassifikationen der Feldansprache.

Die Variation der Indices der vier Aufnahmejahre auf einer Probefläche setzt sich aus drei Komponenten zusammen:

+) tatsächliche Veränderungen

- +) zufällige Einflüsse (z.B. Wetter, Sonnenstand, usw.)
- +) gruppenbedingte Einflüsse (möglicherweise systematischer Fehler)

Im folgenden sind einige Beispiele angeführt, die über die Qualität des Ansprachefehlers Auskunft geben sollen. Vergleicht man z.B. die Flächenindices von zwei aufeinander folgenden Jahren, so ergeben sich teilweise Differenzen, die in ihrer Größe nicht ausschließlich durch die tatsächlichen Veränderungen erklärt werden können. Betrachtet man z.B. die Veränderungen von 1986 auf 1987 für Fichte, so zeigt sich, daß 40% der Probeflächen innerhalb von $\pm 0,10$ Indexstufen und 39% innerhalb von $\pm 0,10$ bis $\pm 0,30$ zu liegen kommen bzw. auf 21% der Flächen Differenzen von mehr als $\pm 0,30$ in einem Jahr auftreten. Zumindest letztere sind wahrscheinlich in dieser Größenordnung nicht auf tatsächliche Veränderungen des Kronenzustandes, sondern auf unausgeglichene Kronentaxationen zurückzuführen. Da sich österreichweit in den vier Aufnahmejahren im Durchschnitt nur sehr geringe Veränderungen im Kronenzustand ergaben, erscheint z.B. eine Verschlechterung von 20 Bäumen je Fläche um eine Verlichtungsstufe, was einer Veränderung des DVG's von 0.6 entsprechen würde, in dieser Häufigkeit als unwahrscheinlich.

Aufschlußreich sind Korrelationsanalysen, wobei flächenweise die Kontingenz (Pearson'scher Kontingenzkoeffizient, LIENERT 1973) der Indices von jeweils zwei Jahren berechnet wird. Da es sich um verbundene Stichproben handelt, ist eine hohe Korrelation zu erwarten, wenn die Veränderungen des Kronenzustandes nur eine geringfügige Rolle spielen oder sich der Kronenzustand von Jahr zu Jahr gleichmäßig verändert (dieser linear von dem Ausgangszustand abhängig ist). Läßt sich keine oder nur eine geringe Kontingenz nachweisen, so ist das sehr wahrscheinlich auf eine mangelhafte Taxation zurückzuführen.

Eine Übersicht der Kontingenzkoeffizienten an den Beispielen Bundesgebiet, Tirol und Steiermark zeigt Tabelle 1. Als extremes Beispiel sei noch der Vergleich zweier Bezirksforstinspektionen (BFI) angeführt. So beträgt der Kontingenzkoeffizient der BFI

Reutte 0,91 (Vergleich 1986-1987) während derselbe in der BFI Scheibbs nur 0,07 erreicht. Hier ist die nicht vorhandene Korrelation sicher mit einer fehlerhaften Ansprache zu begründen. Zumindest für Schlußfolgerungen bezogen auf kleinere Befundeinheiten (z.B. Standortsstratifizierungen) erweist sich dieser "Ansprachefehler" als unüberwindliches Hindernis, womit die Auswertungen der WZI-Daten unter Verwendung multivariaten Verfahren in Frage gestellt ist (NEUMANN 1989). Daher ergibt sich das Problem, fehlerhafte Ansprachen aufzufinden und zu korrigieren.

BUNDESGBIET

	1986	1987	1988
1985	0.62	0.66	0.65
1986		0.70	0.67
1987			0.73

TIROL

STEIERMARCK

	1986	1987	1988	1986	1987	1988
1985	0.89	0.90	0.89	0.39	0.39	0.42
1986		0.92	0.90		0.40	0.42
1987			0.93			0.47

Tabelle 1: Pearson'scher Kontingenzkoeffizient für den Vergleich der Jahre 1985-1988 für Fichte

2. METHODIK

Vorweg sei festgestellt, daß sich die Auffindung offensichtlich fehlerhafter Ansprachen mit den Maßstäben, welche die Statistik für "Ausreißer" festlegt, wegen der wenigen Wiederho-

lungsaufnahmen nicht durchführen läßt. Die folgenden Überlegungen gehen davon aus, daß der Mittelwert der Indices der Jahre 1985-1988 als Bezugsgröße für die Festlegung von "Ausreißern" verwendet werden kann. Ein "Ausreißer" liegt dann vor, wenn die Abweichung vom Mittelwert eine festgelegte Toleranz überschreitet. Die Verwendung einer linearen Regression über die vier Werte wurde als nicht zielführend erachtet, da der Ansprachefehler auf der Einzelfläche größer ist als die Zustandsveränderung, die überdies durch eine Linearisierung wahrscheinlich verfälscht würde. Es stehen zwei unterschiedliche Verfahren zur Diskussion.

- +) Feststellung des "Gruppeneffektes" und danach Korrektur der Flächenergebnisse

- +) Feststellung des Gesamtfehlers (zufälliger und gruppenbedingter Fehler) einer Fläche und danach Korrektur der Flächenergebnisse (Es wird unterstellt, daß keine tatsächlichen Kronenzustandsveränderungen eingetreten sind.)

Die erste Methode führt zu einer unterschiedlichen Korrektur der "Ausreißer", je nachdem von welchem Aufnahmeteam sie taxiert wurden. Sie würde für die Korrektur den Bezug auf den statistisch recht unsicheren Mittelwert aus nur vier Werten durch einen Gruppeneffekt untermauern, was eine solche Vorgangsweise als gerechtfertigt erscheinen ließe.

Es wurde nun eine Kennzahl für den Gruppenfehler entwickelt, die als Quatifizierung das Vorhandensein eines persönlichen Trends bestätigen und eine Korrektur ermöglichen soll. Anhand der Ergebnisse eines Auswertungsprogrammes, welches durch den Vergleich der vier Jahresergebnisse einer Probefläche sogenannte Ausreißer bestimmt, wurde die Kennzahl (K_n) für das Ansprechverhalten einer Gruppe wie folgt berechnet:

$$Kn = \frac{a \cdot 100}{A} \cdot \frac{a}{N} = \frac{a^2 \cdot 100}{A \cdot N}$$

- a ... Anzahl der Ausreißer einer Gruppe auf einer ÖK
A ... Gesamtanzahl der Ausreißer auf einer ÖK
N ... Anzahl der Flächen auf einer ÖK

Da im Normalfall die Aufteilung der Probeflächen österreich-kartenweise (ÖK 1:50 000) auf die einzelnen Gruppen erfolgte, wurde die Auswertung des Anspracheverhaltens einzelner Gruppen zunächst nach einzelnen Österreichkarten getrennt vorgenommen. Die Kennzahl entspricht also dem prozentuellen Anteil der Ausreißer einer Gruppe an den gesamten Ausreißern auf einer Österreichkarte - gewichtet mit dem Verhältnis der Ausreißer dieser Gruppe zur Gesamtanzahl der Flächen auf dieser Österreichkarte. Je größer die Kennzahl ist, desto eindeutiger ist der Gruppentrend. Gilt $a = A = N$, dann ist Kn gleich 100, es liegt ein eindeutiger Gruppentrend vor. Hat eine Gruppe keine Ausreißer auf einer Österreichkarte, so nimmt die Kennzahl den Wert 0 an.

Die Festlegung der Ausreißer erfolgte je nach dem Ausmaß der Abweichung vom Mittelwert der vier Jahre getrennt für zwei Toleranzgrenzen für diese Abweichung. Diese Kennzahlen für die zwei Toleranzstufen geben Auskunft über die Häufigkeit der Ausreißer und über das mögliche Vorhandensein anderer Ausreißer auf der Österreichkarte (Eindeutigkeit des Gruppentrends - qualitative Aussage). Durch die Berechnung des Mittels dieser beiden Kennzahlen wird auch Information über die Größe der Ausreißer in diesem Wert komprimiert (quantitative Aussage). Die Kennzahlen der beiden Toleranzstufen werden dafür durch die Berechnung der Quadratwurzel linearisiert, da die Anzahl der Ausreißer einer Gruppe mit dem Quadrat eingeht.

$$Kn(\text{ÖK}) = \frac{\sqrt{Kn(t_1)} + \sqrt{Kn(t_2)}}{2}$$

t_1, t_2 ... Toleranzen für die Bestimmung der Ausreißer

Durch die Berechnung eines mit der Flächenanzahl gewichteten Mittels aus den Österreichkarten - weisen Ergebnissen können Kennzahlen für die einzelnen Gruppen ermittelt werden.

$$\text{Kn}(\text{Gruppe}) = \frac{\Sigma(\text{Kn}(\text{ÖK}) * \text{Flächen}(\text{ÖK}))}{\text{Flächen}(\text{Gruppe})}$$

Diese Berechnung wird - so vorhanden - für positive und negative Ausreißer getrennt durchgeführt.

Beispiel (siehe auch Tabelle 2):

Auswertung der Gruppe der Österreichkarte 20 des Jahres 1985

für Toleranz = 0.13 a = 4, A = 5, N = 5

$$\text{Kn}(0.13) = \frac{4^2 * 100}{5 * 5} = 64$$

für Toleranz = 0.18 a = 4, A = 4, N = 5

$$\text{Kn}(0.18) = \frac{4^2 * 100}{4 * 5} = 80$$

$$\text{Kn}(\text{ÖK 20}) = \frac{\sqrt{64} + \sqrt{80}}{2} = 8.5$$

Dieses Ergebnis von $\text{Kn}(\text{ÖK 20}) = 8.5$ weist bei möglichen Werten von 0 - 10 auf einen ziemlich eindeutigen Gruppentrend auf dieser Österreichkarte hin. Alle anderen Österreichkarten - weisen Gruppenkennzahlen lagen deutlich unter diesem Wert, abgesehen von Österreichkarten mit sehr wenigen Flächen. Es konnte also nur bei wenigen Gruppen ein konstanter Trend festgestellt werden. Eine Korrektur mit einem konstanten Wert ist daher nicht sinnvoll. Einige Gruppen liefern starke Abweichungen in positiver wie auch in negativer Richtung, was eine ausschließlich gruppenweise Korrektur im vorhinein vereitelt. Daher konnte keine ausschließlich auf dem Gruppentrend basierende Korrektur durchgeführt werden.

Diese theoretischen Überlegungen mögen nun auch anhand von

Beispielen veranschaulicht werden. In Tabelle 2 sind beispielhaft für ein relativ konstantes bzw. nicht konstantes Ansprechverhalten mehrerer Gruppen ihre DVGs und die Abweichungen vom Mittelwert aufgelistet. Die maximalen Abweichungen der vier Aufnahmejahre sind hervorgehoben. Es zeigt sich, daß auf der Österreichkarte 20 bis auf die Fläche 4 die Abweichungen relativ konstant sind, die Ergebnisse 1985 sind deutlich höher als in den übrigen drei Jahren; d.h. die Gruppe des Jahres 1985 hat den Kronenzustand zu pessimistisch beurteilt. Hingegen ist auf der Österreichkarte 55 kein Gruppentrend feststellbar. Die Maxima sind auf alle Jahre (Gruppen) aufgeteilt und teilweise nicht deutlich ausgeprägt. In den einzelnen Jahren sind sowohl negative als auch positive Maxima vorhanden.

Nun steht noch die zweite Methode zur Diskussion. Sie betrachtet ebenfalls die Abweichung der Indices auf einer Fläche von ihrem Mittelwert. Für eine Aussage über die Qualität des Mittelwertes wird die Standardabweichung bzw. der Variationskoeffizient errechnet. Die "falsche Ansprache" wird durch die Abweichung größer s bzw. größer eines Vielfachen von s definiert. Dieser Ansatz stimmt zwar in seinem Wesen mit der statistischen Ermittlung der "Ausreißer" überein (z.B. SACHS 1971), jedoch fordert dieser eine Abweichung um mindestens vier s . Diese Spanne ist für die Ermittlung fehlerhafter Indices zu groß, da durch die geringe Anzahl von Wiederholungen die Streuung im Verhältnis zur Spreitung hoch ist (siehe auch Tabelle 2). Für die vorliegende Betrachtung wurden in den vier Durchläufen als Faktoren von s Werte zwischen 1.0 - 1.4 gewählt.

Eine Übersicht des Ablaufes der nun gewählten Korrekturmethode gibt ein Flußdiagramm (Abbildung 1). Die Korrektur wurde also im wesentlichen an Hand der zweiten Methode durchgeführt, wobei die "Ausreißer" durch den Mittelwert der vier Werte (unter Einbeziehung des Ausreißers) ersetzt wurden (Korrekturprogramm WZIP29). Für die Entscheidung, ob auf einer Fläche ein Jahresergebnis korrigiert wird oder nicht, gelten folgende Bedingungen:

ÖK	1985	Abw.	1986	Abw.	1987	Abw.	1988	Abw.	Mw.	s
20/1	<u>1.90</u>	-0.54	1.23	0.13	1.13	0.23	1.17	0.19	1.36	0.36
20/2	<u>1.67</u>	-0.31	1.30	0.06	1.26	0.10	1.19	0.17	1.36	0.21
20/3	1.80	-0.37	1.50	0.07	1.33	0.10	1.10	+0.33	1.43	0.29
20/4	1.37	0.14	1.33	0.10	1.17	0.06	<u>1.03</u>	+0.20	1.23	0.16
20/5	<u>1.97</u>	-0.51	1.44	0.02	1.22	0.24	1.19	0.27	1.46	0.36
55/1	1.41	-0.07	1.31	0.03	1.31	0.03	1.31	0.03	1.34	0.05
55/2	1.14	0.07	<u>1.38</u>	-0.17	1.17	0.04	1.14	0.07	1.21	0.12
55/3	1.10	+0.45	1.97	-0.42	1.66	0.11	1.45	0.10	1.55	0.37
55/4	1.12	0.14	1.31	0.05	1.19	0.07	<u>1.42</u>	-0.16	1.26	0.13
55/5	1.05	0.07	<u>1.21</u>	-0.09	1.06	0.06	1.17	0.05	1.12	0.08
55/6	1.66	0.15	1.59	0.08	1.62	0.11	<u>1.17</u>	+0.34	1.51	0.34
55/7	1.40	0.01	1.32	0.09	1.79	-0.38	1.11	+0.30	1.41	0.28
55/8	<u>1.37</u>	-0.23	1.17	0.03	1.00	0.14	1.00	0.14	1.14	0.18
55/9	1.70	0.01	1.66	0.03	1.66	0.03	1.75	-0.06	1.69	0.04
55/10	<u>1.48</u>	-0.19	1.24	0.05	1.14	0.15	1.31	0.02	1.29	0.14
55/11	2.21	-0.39	1.57	0.25	2.00	0.18	1.50	0.32	1.82	0.39

Tabelle 2: Beispiele für das Ansprechverhalten mehrerer Gruppen für zwei Österreichkarten mit 5 bzw. 11 Flächen

1.) Erscheint der Mittelwert abgesichert und Ausreißer sind als solche überhaupt erkennbar, d.h.
 +) je Probefläche nur ein "Ausreißer" vorhanden ist,
 +) der Variationskoeffizient kleiner als eine obere Toleranz ist.

2.) Der Variationskoeffizient ist größer als eine untere Toleranz (um Korrekturen "guter Ansprachen" zu vermeiden)

3.) Alle anderen Ergebnisse wurden nicht korrigiert

ad 1.1 Ein Beispiel dafür ist die Fläche 2/1. Der Wert von 1985 wird durch den Mittelwert von 1,36 ersetzt. In einem wei-

teren Korrekturdurchlauf wird er auf 1.22 korrigiert. Flächen für die diese Bedingung nicht erfüllt ist wären z.B. 55/3 (Ausreißer 85 und 86) und 55/7 (Ausreißer 87 und 88). → keine Korrektur

ad 1.2 Auf der Fläche 55/11 ist der Variationskoeffizient zu groß. → keine Korrektur

ad 2 Bei den Flächen 55/1 und 55/9 ist die Streuung und auch der Variationskoeffizient kleiner als die untere Toleranz → keine Korrektur

In der Tabelle 2 sind neben den maximalen Abweichungen auch die Streuungen hervorgehoben, wenn diese außerhalb des Toleranzbereiches liegen. Sind zwei Ausreißer vorhanden, dann sind beide fett gedruckt. Wird eine Korrektur durchgeführt, ist der zu korrigierende Index unterstrichen. Von den 16 in der Tabelle 2 angeführten Flächen wurden also 10 korrigiert, die Werte der anderen Flächen wurden aus genannten Gründen belassen. Die Korrektur wurde zunächst in vier Durchläufen des Programmes WZIP29 mit jeweils geänderten Toleranzgrößen durchgeführt. Eine Übersicht über die vier Durchläufe gibt Tabelle 3. Die für den ersten Durchgang relativ hoch angesetzten Werte für den Faktor für die Streuung bzw. für die obere Toleranz bewirken, daß zuerst die "Ausreißer" mit einer großen Abweichung korrigiert werden. Diese würden nämlich bei einer kleineren oberen Toleranz wegen des zu großen Variationskoeffizienten nicht korrigiert werden können. Bei einem Durchlauf mit einer hohen Toleranz für den Variationskoeffizienten sollte aber auch der Faktor für die Streuung höher gewählt werden, um den Mittelwert besser abzusichern. Bei den weiteren Korrekturen wurde nun sukzessive die obere Toleranz und der Faktor für s gesenkt, um auch "Ausreißer" mit geringeren Abweichungen vom Mittelwert korrigieren zu können.

	Fichte	Tanne	Kiefer	Buche	Ei/Ah	Toleranzen	
kein Ausreißer	1352	81	253	75	15	Faktor für s	1.4
ein Ausreißer	393	17	92	10	7	unt. Toleranz für Vk.	0.06
zwei Ausreißer	0	0	0	0	0	ob. Toleranz für Vk.	0.30
zu großer Vk.	4	0	19	1	1		
kein Ausreißer	983	56	139	26	12	Faktor für s	1.2
ein Ausreißer	663	33	163	33	7	unt. Toleranz für Vk.	0.06
zwei Ausreißer	24	2	3	4	1	ob. Toleranz für Vk.	0.20
zu großer Vk.	79	7	59	23	3		
kein Ausreißer	1097	52	150	33	6	Faktor für s	1.0
ein Ausreißer	332	23	92	12	8	unt. Toleranz für Vk.	0.06
zwei Ausreißer	201	15	54	17	4	ob. Toleranz für Vk.	0.17
zu großer Vk.	119	8	68	24	5		
kein Ausreißer	1355	71	223	44	13	Faktor für s	1.1
ein Ausreißer	190	11	48	9	3	unt. Toleranz für Vk.	0.06
zwei Ausreißer	60	6	16	5	0	ob. Toleranz für Vk.	0.14
zu großer Vk.	144	10	77	28	7		

Tabelle 3: Eingangsparameter und Ergebnisse der Korrektur des Programms WZIP29 ("ein Ausreißer = Korrektur)

Um die so erhaltenen Korrekturen zu verbessern, wurden auch die Ergebnisse der gruppenweisen Fehlerbestimmung miteinbezogen (siehe Abb.1). Außerdem wurden alle Korrekturen dahingehend überprüft, ob sie mit einem möglicherweise vorhandenen Gruppentrend (WZIP27) übereinstimmen. Flächen, die wegen eines zu großen Variationskoeffizienten oder aufgrund des Vorhandenseins von zwei "Ausreißern" nicht korrigierbar waren, wurden überprüft, ob an Hand eines deutlichen "Gruppeneinflusses" auf einer Österreichkarte doch eine sinnvolle Korrektur ermöglicht wird. In diesem Fall wurde eine solche Korrektur gutachtlich durchgeführt. Für den Fall, daß kein Gruppentrend vorhanden und der Mittelwert nicht deutlich abgesichert war, oder die Korrektur einem vorhandenen Gruppentrend zuwider gelaufen wäre, wurden die Ergebnisse der Flächen verworfen. (Eventuell wäre eine nochmalige Aufnahme durch "besonders geschultes Personal" notwendig.)

Abschließend wurde mit den gutachtlich korrigierten Werten (WZI.A.85-88.GK, siehe Abbildung 1) das Korrekturprogramm WZIP29 mit den in Tabelle 3 angeführten Toleranzen durchgeführt.

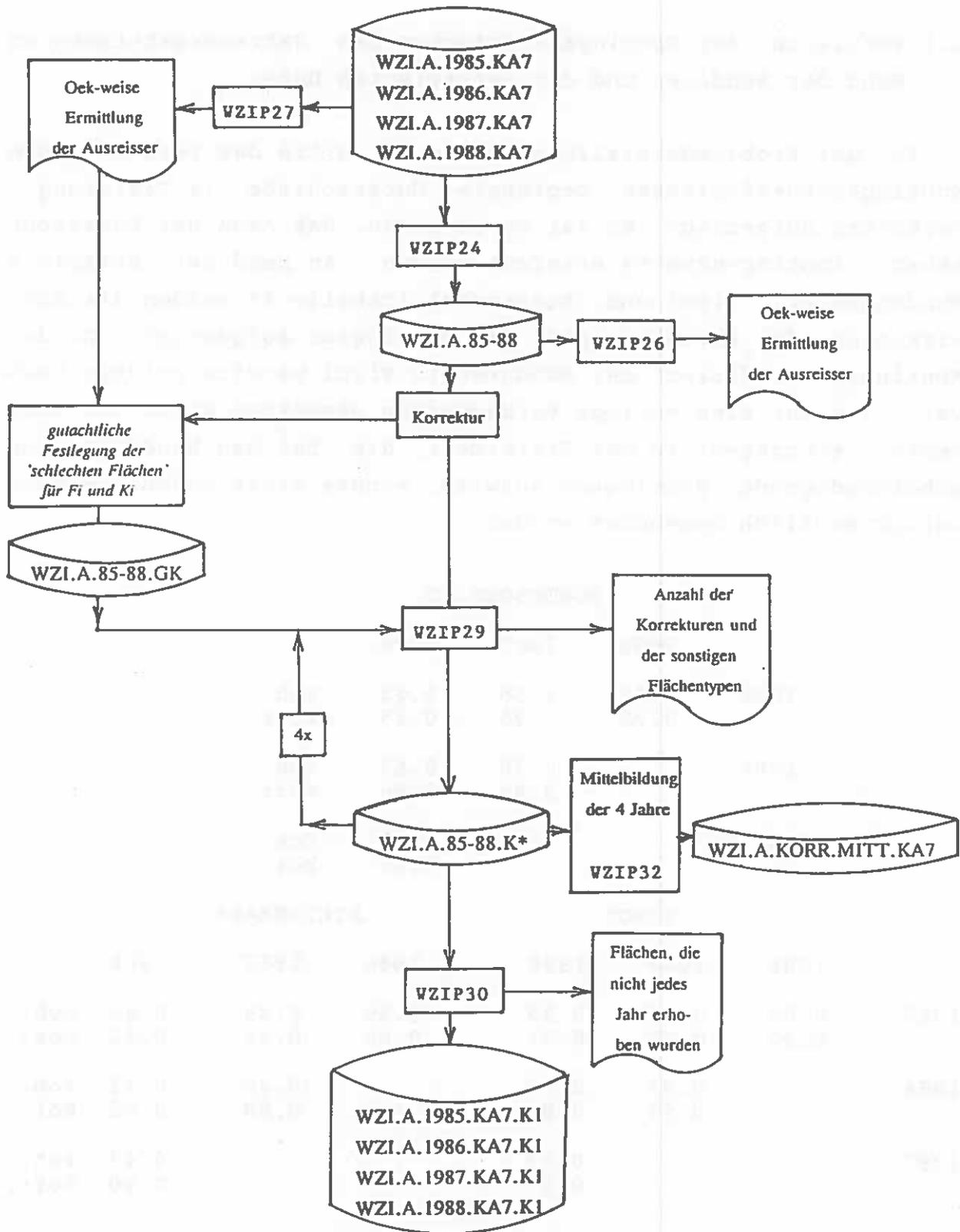


Abbildung 1: Flußdiagramm für den Ablauf der Korrektur

3. ERGEBNISSE

3.1 Vergleich der Kontingenz zwischen den Jahresergebnissen an Hand der Rohdaten und der korrigierten Daten

In der Problemdarstellung wurden mit Hilfe des Pearson'schen Kontingenzkoeffizienten regionale Unterschiede im Taxierungsverhalten aufgezeigt. Es ist zu erwarten, daß nach der Korrektur höhere Kontingenzwerte erreicht werden. An Hand der Beispiele Bundesgebiet, Tirol und Steiermark (Tabelle 4) werden die Auswirkungen der Korrektur auf die Kontingenz aufgezeigt. Da der Kontingenzkoeffizient der Rohdaten in Tirol bereits relativ hoch war, ist nur eine geringe Verbesserung desselben durch die Korrektur eintreten. In der Steiermark, die bei den Rohdaten eine unbefriedigende Kontingenz aufwies, konnte diese durch die Korrektur deutlich angehoben werden.

BUNDESGBIET							
1986 1987 1988							
1985	0.62	0.66	0.65	roh.			
	0.95	0.95	0.95	korr.			
1986	0.70		0.67	roh.			
	0.95		0.96	korr.			
1987				0.73	roh.		
				0.95	korr.		

TIROL				STEIERMARK			
1986 1987 1988				1986 1987 1988			
1985	0.89	0.90	0.89	0.39	0.39	0.42	roh.
	0.97	0.97	0.97	0.89	0.90	0.92	korr.
1986	0.92		0.90	0.40		0.42	roh.
	0.97		0.97	0.89		0.92	korr.
1987				0.47			roh.
				0.90			korr.

Tabelle 4: Kontingenzvergleich zwischen Roh- u. korr. Daten

Diese Kontingenzuntersuchungen sind nicht allzu aussagekräftig, da bei einer Korrektur, bei der die "Ausreißer" auf den Mittelwert gesetzt werden, sich die Kontingenz zwangsläufig erhöhen muß. Es bleibt lediglich die Aussage, daß der Kontingenzkoeffizient durch die Korrektur ein befriedigendes Ausmaß erreicht hat.

3.2 Überprüfung der Qualität der Korrektur an Hand des Zusammenhanges "Index - Alter"

Sowohl für die Rohdaten als auch für die korrigierten Werte wurden lineare Regressionen für die Beziehung "Index - Alter" für Fichte gerechnet. Die Korrelations- und Regressionskoeffizienten der einzelnen Jahre für die Rohdaten und für die korrigierten Daten sind in Tabelle 5 aufgelistet. Bei den Rohdaten ist eine deutliche Zunahme der Korrelation für die Jahre 1985-1988 erkennbar. Durch die Korrektur wurde der Korrelationskoeffizient erhöht, wobei die Unterschiede der einzelnen Jahresergebnisse ausgeglichen wurden. Der Korrelationskoeffizient überschreitet die ursprünglich in den Jahren 87 und 88 vorhandene Größe nur geringfügig, da im wesentlichen in die Korrektur nur die Information des Mittelwertes der vier Aufnahmejahre eingegangen ist und 1987 und 88 gegenüber den Jahren davor die Ansprachequalität höher war. Als zusätzliche Information wurde zwar der gruppenbedingte Fehler eingebracht. Da sich dieser Fehler aber nur in einem sehr geringen Ausmaß als systematischer Fehler erfassen ließ, ist die Steigerung des Korrelationskoeffizienten in den Jahren 1987 und 1988 gering.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß die Aufnahmequalität gemessen an der Korrelation der Rohdaten "Index - Alter" sich im Laufe der Jahre erhöht hat (Schulungseffekt?). Die Daten der Jahre 1985 und 1986 sind auf die Qualität der Jahre 1987 und 1988 gebracht worden.

ROHDATEN		JAHR	KORR. DATEN	
r	b		r	b
0.235	0.00213	1985	0.337	0.00273
0.259	0.00240	1986	0.348	0.00289
0.311	0.00269	1987	0.348	0.00286
0.345	0.00288	1988	0.365	0.00296

Tabelle 5: Lineare Regression für Index - Alter; Vergleich Rohdaten - korrigierte Daten

3.3 Einfluß der Korrektur auf die Jahresergebnisse

In diesem Zusammenhang wurden nur die Baumarten Fichte und Kiefer untersucht. Es ist zu beachten, daß 263 Fichten- und 109 Kiefernflächen ausgeschieden wurden. Diese Flächen weisen meist einen höheren Index als der Durchschnitt auf, da bei Flächen mit schlechtem Kronenzustand häufig auch größere Streuungen der Jahresergebnisse zu beobachten waren. Daher kommt es nach der Korrektur zwangsläufig zu einem niedrigeren mittleren DVG für Österreich. Um nun den Einfluß der Korrektur trotzdem überprüfen zu können, wurde ein Jahresindex für alle jene Flächen gerechnet, die dann schließlich für die Korrektur herangezogen wurden. Die diesbezüglichen Ergebnisse sind in Tabelle 6 aufgelistet. Es zeigt sich, daß sich die ursprüngliche Entwicklung des Kronenzustandes über die Jahre, die auch noch ohne die nicht korrigierbaren Flächen erkenntlich ist, durch die Korrektur ausgeglichen wurde. Bei Fichte bleibt lediglich eine geringe Verbesserung 1988 und bei Kiefer ein 2/10-Indexstufensprung im Jahre 1986 bestehen.

Jahr	Mittlerer DVG			Korrekturen in %		
	Roh- dat. ges.	Roh- dat. ohne	korr. Dat.	neg. Abw.	pos. Abw.	ges- amt
Fichte						
1985	1.346	1.328	1.295	19%	8%	27%
1986	1.367	1.334	1.298	19%	5%	24%
1987	1.330	1.308	1.294	11%	5%	16%
1988	1.270	1.252	1.274	6%	17%	23%
Kiefer						
1985	1.45	1.43	1.42	12%	13%	25%
1986	1.59	1.55	1.44	35%	8%	43%
1987	1.44	1.43	1.42	14%	13%	27%
1988	1.47	1.44	1.42	18%	19%	37%

Tabelle 6: Vergleich der mDVGs, Rohdaten - Rohdaten ohne verworfene Flächen - korrigierte Flächen

Von Interesse ist weiters das quantitative Ausmaß der Korrekturen. Darüber gibt die Abbildung 2 Auskunft. Daraus ist erkenntlich, daß die Verteilung nach Größenklassen in allen Jahren ungefähr gleich ist. Das Maximum ist jeweils bei Korrekturen zwischen 0.10 und 0.20 Indexstufen. In diese Klasse fallen jeweils über 50% der Korrekturen. Da Korrekturen in diesem relativ geringen Ausmaß nur dann durchgeführt wurden, wenn die Steuerung der vier Indices klein war, spricht das für die Qualität der Kronenansprache in den restlichen drei Jahren.

Insgesamt wurden bei Fichte für alle vier Jahre durch das Korrekturprogramm in Summe 1628 Korrekturen durchgeführt. Die Anzahl der korrigierten Flächen (1985: 448, 1986: 385, 1987: 285, 1988: 387) ist geringer, da es auf manchen Flächen zu Mehrfachkorrekturen gekommen ist.

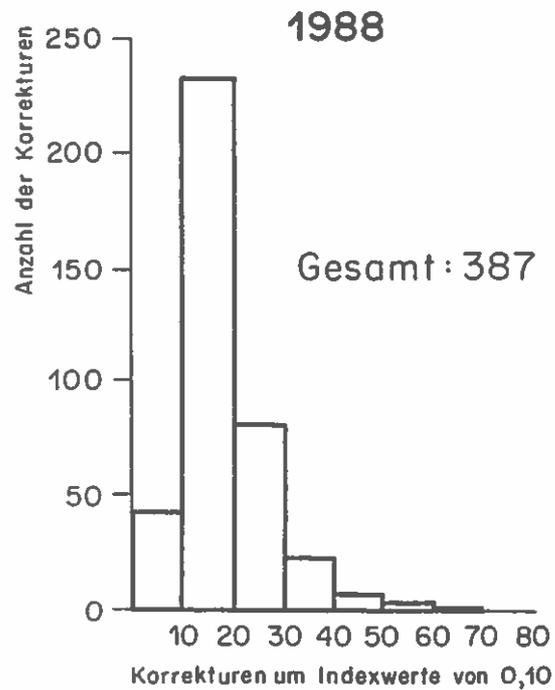
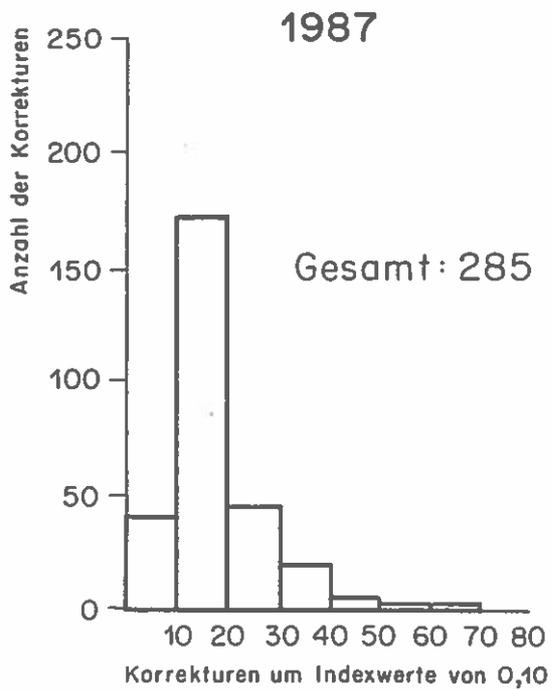
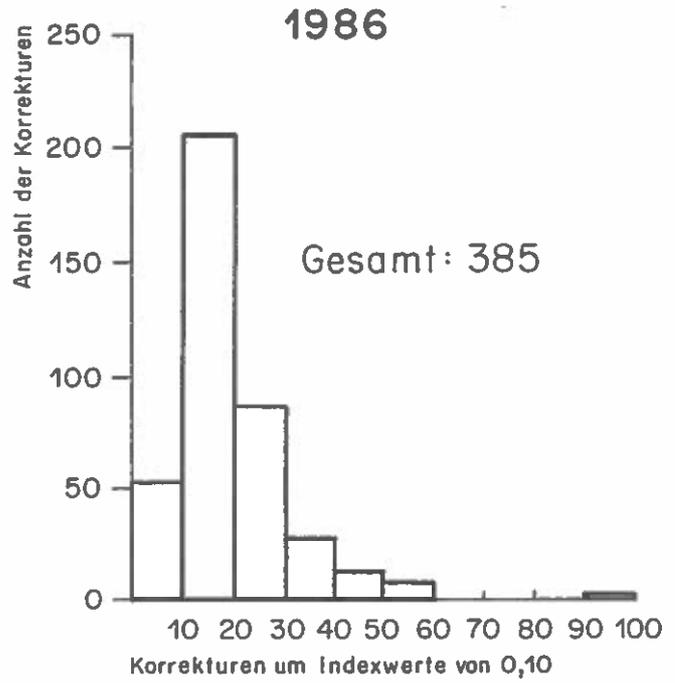
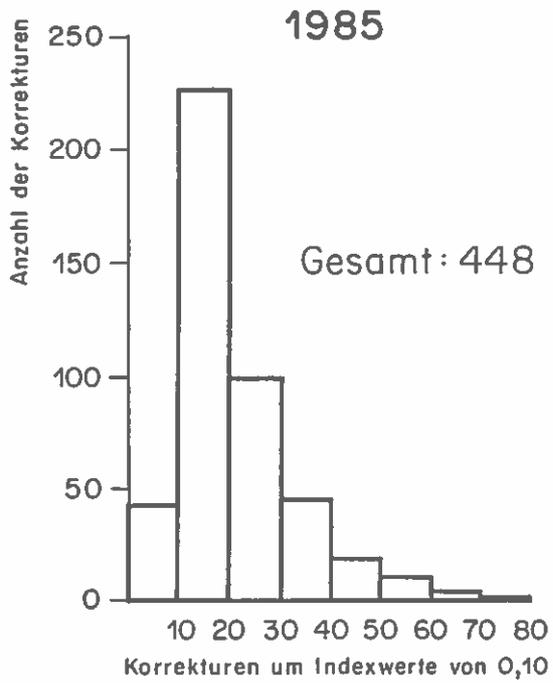


Abbildung 2: Verteilung der Korrekturen nach Größenklassen für Fichte

3.4 Unterschiedliche Ansprachequalität bei einzelnen Baumarten

An Hand der Tabelle 7 läßt sich feststellen, wie sich die Ansprachequalität bei den einzelnen Baumarten unterscheidet. Die geringste relative Häufigkeit von Korrekturen bzw. von nicht korrigierbaren Flächen weist die Fichte auf. Diese wird knapp von der Tanne gefolgt. Ungünstiger ist die Ansprachequalität bei Kiefer und Eiche zu beurteilen. Die Buche weist die größte relative Häufigkeit an nicht korrigierbaren Flächen auf.

	Fi	Ta	Ki	Bu	Ei
korrigierbar	20%	21%	27%	19%	27%
nicht korrigierbar	7%	12%	20%	30%	23%

Tabelle 7: Relative Häufigkeiten der korrigierbaren und der nicht korrigierbaren Flächen nach Baumarten

4. FOLGERUNGEN

Um die Korrektur von Anspracheergebnissen auf der Einzelfläche (DVG) statistisch absichern zu können, wäre eine bedeutend höhere Anzahl von Wiederholungsaufnahmen notwendig. Daher muß die angewandte Methodik infolge der relativ geringen Anzahl von Wiederholungen gewisse statistische Mängel aufweisen.

Bei der Beurteilung der Aufnahmequalität an Hand der Korrelation "Index-Alter" fällt auf, daß diese Beziehung mit zunehmender Dauer des Projekts straffer wird. Daraus kann man folgern, daß sich die Ansprachequalität durch mehrjährige Erfahrung der Taxatoren kontinuierlich steigert.

Beurteilt man die Aufnahmequalität für einzelne Baumarten getrennt, so zeigt sich, daß bei Fichte und Tanne die Übereinstimmung der Ansprachen am größten ist. Deutlich schlechter ist diese bei Kiefer und Eiche. Die geringste Aufnahmequalität ist für die Buche feststellbar. Dieses Ergebnis läßt einerseits den Schluß zu, daß jene Baumarten, die eine geringe Flächenanzahl

aufweisen, schlechter angesprochen werden (Ausnahme Tanne), andererseits entspricht dies den Erfahrungen bei den Einschulungen, wonach die Kiefer und die Laubbäume (speziell Buche, Problem der Einsehbarkeit) schwieriger zu taxieren sind als Fichte und Tanne. Da sich das Problem der Ansprache bei der Buche auch nicht durch intensivere Schulung des Taxationspersonals beheben läßt, wäre zu überlegen, ob man nicht Konsequenzen bei der Probebaumauswahl zieht. Als diesbezügliche Möglichkeiten bieten sich lockere Bestände oder Randbäume an. (Zustandsveränderungen lassen sich auch hier erkennen.)

Als weiterer Parameter bei der Beurteilung der Ansprachequalität wäre zu jedem einzelnen Probebaum die Einsehbarkeit der Krone von Interesse gewesen, da ein Zusammenhang zwischen dieser und der Ansprachequalität wahrscheinlich ist. Es wäre also günstig die Sichtbarkeit bei zukünftigen Kronentaxationen anzumerken, um damit a priori schlecht eingesehene Bäume erkennen zu können.

Es wäre zudem zu überlegen, ob nicht jene Flächen, die infolge "inhomogener Ansprachen" ausgeschieden wurden, noch einmal von einem "besonders geschulten Personal" taxiert werden sollten, um ein flächendeckendes Ergebnis mit plausiblen Werten zu erhalten, beziehungsweise um mögliche Ursachen für fehlerhafte Ansprachen zu finden (z.B. Sichtbarkeit, atypische Kronenausprägungen). Mit den Erkenntnissen über jene Flächen, die offensichtlich Probleme bei der Kronentaxation gebildet haben, könnten Schlüsse bezüglich zukünftiger Bestandes- und Probebaumauswahl und spezieller Schulungsmaßnahmen getroffen werden.

Die jährlichen Kronenzustandsveränderungen, die sich bei den Rohdaten (geringfügig) feststellen ließen, sind nach der Korrektur nahezu verschwunden. Dieses Ergebnis ist durchaus zu erwarten gewesen, da die Methode einer Korrektur, welche Außreiser zum Mittelwert hin korrigiert, zwangsläufig zu einer Homogenisierung der Jahresergebnisse führen muß. Ob nun die mittleren DVGs der korrigierten Daten die tatsächlichen Veränderungen des Waldzustandes besser widerspiegeln als dies durch die Rohdaten möglich ist, kann hier nicht mit Sicherheit beantwortet werden

und war auch nicht Thema dieser Arbeit. Hier galt es, die Möglichkeiten der Verbesserung der Kronendaten für die multivariate Statistik zu prüfen. Es ist daher wahrscheinlich, daß tatsächliche Veränderungen durch diese Korrekturmethode ausgeglichen wurden (vgl. SCHADAUER 1991, in Vorbereitung).

5. ZUSAMMENFASSUNG

Die Problematik der Subjektivität von terrestrischen Kronentaxationen wird in der Literatur häufig behandelt. Zumeist beschränken sich die Lösungsansätze auf die Hinweise nach Schulung und Kontrolle. In dieser Arbeit wurde nun der Versuch unternommen, auf der Basis einer vierjährigen Erhebung durch einen flächenhaften Vergleich der durchschnittlichen Verlichtungsgrade offensichtlich unrichtige Kronentaxierungen ("Ausreißer") zu erkennen und zu korrigieren mit dem Ziel, die Aussagekraft statistischer Auswertungsmodelle zu verstärken.

Zunächst wurde der Versuch unternommen, die Korrektur anhand persönlicher Ansprachetrends der einzelnen Taxatoren vorzunehmen. Dazu wurde eine Kennzahl entwickelt, die den Ansprachetrend quantifiziert. Diese Vorgangsweise erwies sich als nicht zielführend, da persönliche Trends nicht in jenem Ausmaß vorhanden sind - zumindest nicht über die gesamte Dauer der sommerlichen Kronenzustandsinventur, um eine Korrektur solcher Art durchführen zu können. So wurde die Korrektur der "Ausreißer" gruppenunabhängig vorgenommen.

Die Qualität der Ausreißer wurde an verschiedenen Parametern gemessen. Auf der einen Seite konnte die Pearson'sche Kontingenz für den Vergleich von jeweils zwei Jahren deutlich angehoben werden, andererseits führte die Korrektur zu einer Homogenisierung der Jahresergebnisse, was bei einer Korrektur der "Ausreißer" auf den Mittelwert hin zu erwarten war.

Hinsichtlich der statistischen Modelle wurde als einfache Beziehung die Auswirkung der Korrektur auf den stochastischen Zusammenhang von durchschnittlichen Verlichtungsgrad und Alter

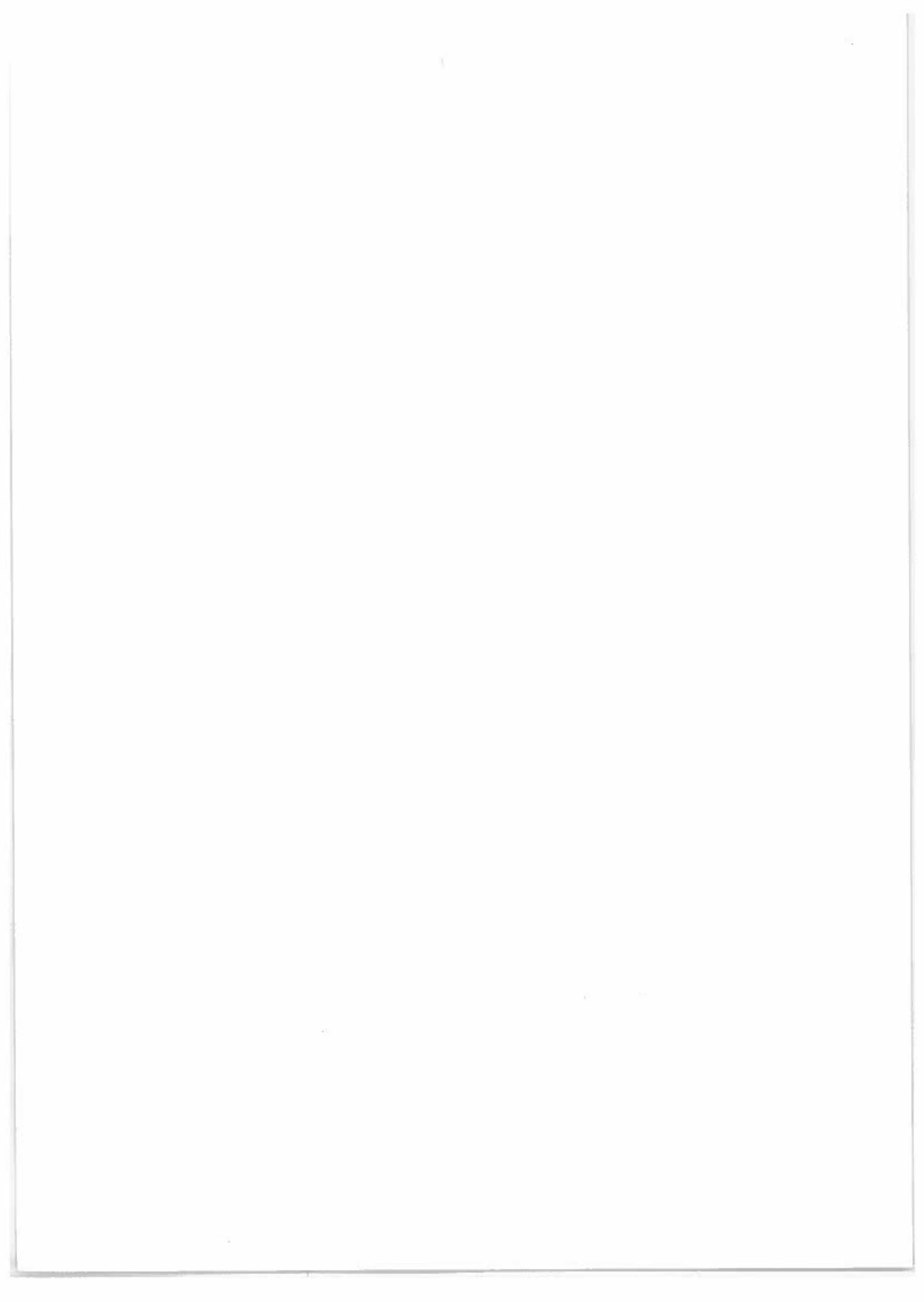
überprüft. Es zeigte sich, daß die Korrelationskoeffizienten jenes Maß, welches sie in den Jahren 87 und 88 auch ohne Korrektur erreicht haben, nach der Korrektur kaum überschreiten. Dies liegt in der Tatsache begründet, daß 85 und 86 die Ansprachequalität deutlich geringer war als in den Folgejahren, und die Korrektur sich daher meist an letzteren Werten (von 87 und 88) orientiert hat.

Die flächenweise Korrektur der durchschnittlichen Verlichtungsgrade führte zu keiner deutlichen Stabilisierung der multivariaten statistischen Modelle (vgl. Beitrag NEUMANN im selben Band), dennoch können die korrigierten Werte in manchen Fällen zu plausibleren Ergebnissen statistischer Analysen führen, als dies mit den Rohdaten möglich wäre.

Der Grund für die Labilität der statistischen Modelle für die kausalanalytische Auswertung der Daten von Kronenzustandsinventuren ist eher bei der Komplexität des Ökosystems Wald und der damit verbundenen Schwierigkeit, dieses in einem statistischen Modell zu erfassen, als in der Subjektivität der Kronenansprachen zu suchen.

6. LITERATUR

- KUBLIN, E. (1987): Statistische Auswertungsmodelle für Waldschadensinventuren - Methodische Überlegungen -. Forstw. Cbl. 106, 57-68.
- LIENERT, G. A. (1973): Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik. Verlag Anton Hain, Meisenheim an der Glan, 736 S.
- NEUMANN, M. (1989): Einfluß von Standortsfaktoren auf den Kronenzustand. Air Pollution and Forest Decline, Proceedings of the 14th International IUFRO Meeting at Interlaken, Birmensdorf 1989, p. 209-214.
- NEUMANN, M. und S. STOWASSER (1986): Waldzustandsinventur: Zur Objektivität von Kronenklassifizierungen. In: Jahresbericht 1986 der FBVA Wien.
- SACHS, L. (1971): Statistische Auswertungsmethoden. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 549 S.
- SCHADAUER, K. (1991): Die Ermittlung von Genauigkeitsmaßen terrestrischer Kronenzustandsinventuren im Rahmen der Österreichischen "Waldzustandsinventur". Zum Druck eingereicht: Cbl. f. d. ges. Forstwesen.



ZU FRAGEN DES EINFLUSSES VON STANDORTS- UND BESTANDESFAKTOREN AUF DEN KRONENZUSTAND

von

Markus Neumann

1. EINLEITUNG

Der Kronenzustand wird nicht nur durch äußere Einwirkungen in Form von Immissionen, klimatischer Effekte und biotischer Schädlinge beeinflusst, sondern auch durch den Standort und die Bestandesumgebung geprägt. Das den genetischen Anlagen entsprechende Aussehen des Genotyps wird durch die Standortverhältnisse und klimatische Einflüsse beeinflusst und führt zum Erscheinungsbild des Phänotyps. Zusätzlich können noch oben angeführte (Schad-)faktoren den Kronenzustand meist negativ verändern, d.h. zu Kronenverlichtung führen. Durch die vorliegende Untersuchung wird die Variabilität des Kronenzustandes bei verschiedenen Standortverhältnissen untersucht, um dadurch abklären zu können inwieweit für Einzelfaktoren oder Faktorengruppen der erhobenen Standort- und Bestandesmerkmale ein Einfluß auf den Kronenzustand feststellbar ist.

Bisher vorliegende Ergebnisse der Österreichischen Waldzustandsinventur (WZI) seit 1984 lassen keine eindeutigen Tendenzen in der Entwicklung der durchschnittlichen Kronenverlichtungsgrade für das Bundesgebiet erkennen (KRISTÖFEL et al. 1989). Geringfügige Veränderungen zwischen den einzelnen Aufnahmen sind zwar teilweise statistisch absicherbar: Verschlechterungen im Kronenzustand zwischen 1985 und 86, sowie 1988 und 89, Verbesserungen zwischen 1986 und 87, sowie 1987 und 88. (Die Aufnahmedaten von 1989 werden hier jedoch nicht weiter berücksichtigt). Eine allgemeine Tendenz über die letzten Jahre hinweg ist daraus jedoch nicht ableitbar. Das Muster der regionalen Verteilung der Kronenverlichtungen konnte bisher durch bekannte

oder vermutete Schadeinflüsse teilweise unzureichend bzw. gar nicht erklärt werden. Ebenso kann die unerwartete Häufung überdurchschnittlich starker bzw. schwacher Verlichtungen in bestimmten Regionen Österreichs bislang nicht zufriedenstellend gedeutet werden. Die vorliegende Arbeit soll nach einer ersten Darstellung (NEUMANN, 1989) einen weiteren, ausführlicheren Beitrag zur Diskussion der Zusammenhänge zwischen Kronenzustand und Standortfaktoren beziehungsweise ihren Wechselwirkungen liefern.

2. METHODIK

Hauptziel der 1984-1989 durchgeführten Waldzustandsinventur war es, Waldschädigungen und Waldkrankheiten in ihrer Entwicklung und Verteilung zu erfassen. Zu diesem Zweck wurde ein Aufnahmeschlüssel erarbeitet, um die Kronenverlichtung differenziert nach fünf Verlichtungsstufen erfassen zu können. Die Verlichtungsstufen und ihre Abgrenzung voneinander sind bei NEUMANN und POLLANSCHÜTZ (1988) im Detail beschrieben und mit Bildmaterial belegt. Für die Beobachtungen wurden Probeflächen auf einem 4x4km Raster eingerichtet, zusätzlich wurden in bestimmten ausgewählten Regionen Verdichtungsflächen eingerichtet, um Bundesländerergebnisse in ihrer Aussagefähigkeit besser abzusichern und allgemein eine höhere Informationsdichte zu schaffen. 1984 wurde mit der Einrichtung begonnen, wodurch für eine erste Beobachtung in diesem Jahr bereits 1333 Flächen zur Verfügung standen. 1985 wurde die Einrichtung abgeschlossen und bis 1988 standen dann mehr als 2200 Flächen in Beobachtung.

Die im Rahmen der WZI erfaßten Bestände sind nicht vollkommen repräsentativ für den österreichischen Gesamtwald, da WZI-Bestände nur aus einem reduzierten Stratum gewählt wurden:

- nur Bestände mit einem Alter von über 60 Jahren und nur vorherrschende bzw. herrschende Probebäume sollten berücksichtigt werden

- in der Realität sind rund 93% der Probebäume als herrschend bzw. vorherrschend eingestuft, der erfaßte Altersbereich reicht von 50 bis 295 Jahren
- sehr stammzahlreiche Bestände mit nicht einsehbaren Kronen ermöglichen keine Kronentaxierung, daher wurden solche Bestände ausgeschieden
- Probebäume mit erheblichen Stammschäden und Kronenbrüchen wurden nicht in die Aufnahme einbezogen
- Fichtenbestände wurden bei Auswahl bevorzugt, daher ist die Fichte etwas überrepräsentiert, dadurch ist die Datengrundlage erweitert
- Randflächen wurden nicht aufgenommen
- Schutzwälder außer Ertrag wurden außerhalb von Tirol und Vorarlberg nur selten erfaßt.

Eine detailliertere Beschreibung des Aufnahmeverfahrens und erste Aufgliederungen der Kronenzustandskennziffern nach Standorts- und Bestandesmerkmalen für zwei Jahre 1985 und 1986 finden sich bei POLLANSCHÜTZ und NEUMANN (1987b).

Nunmehr konnten die Ergebnisse aller vier Jahresaufnahmen von 1985 bis 1988 verwendet werden. Damit lag ein sehr umfangreiches und, wie die Ergebnisse der Kontrolltaxierungen zeigen, auch relativ homogenes Datenmaterial vor. Zur weiteren Verbesserung konnten auch "korrigierte" Flächenergebnisse herangezogen werden, über die Vorgangsweise der Korrektur informiert der vorstehende Beitrag von SCHADAUER. Durch die dabei notwendige Eliminierung nicht korrigierbarer Flächen verringerte sich der Datenumfang von rund 1800 Flächenwerten an Fichtenbeständen auf weniger als 1500 Beobachtungen pro Jahr. Für einzelne Faktoren ergaben sich dadurch differierende Aussagen im Vergleich zu den Ergebnissen aus den nicht korrigierten "Rohdaten", wo dies der Fall war, werden beide Ergebnisse angeführt. In den überwiegenden Fällen bewirkte die Korrektur jedoch keine wesentliche Veränderung der Gruppenbildung.

Es wurden ausschließlich die Erhebungsergebnisse der Fichtenflächen verwendet, um durch die Betrachtung einer einzelnen

Baumart mögliche Zusammenhänge besser erkennen zu können. Eine gemeinsame Betrachtung der Kronenzustandswerte verschiedener Baumarten erschien nicht sinnvoll, da der Kronenzustand baumartenspezifisch erhoben wird und nicht direkt gleichsetzbar ist. Außerdem sollten die verschiedenen Baumarten auf Standorts- bzw. Klimaeinflüsse unterschiedlich reagieren, eine Zusammenfassung würde daher mögliche Differenzierungen verringern.

Als Kennzahl für die Zielgröße "Kronenzustand" wurde der "Durchschnittliche Verlichtungsgrad" (DVG) je Fläche als arithmetisches Mittel der Verlichtungsstufenwerte (1-5) aller herrschenden bzw. vorherrschenden Probestämme gewählt. Da die Abstufungen der Verlichtungsstufen äquidistanten Entnadelungsprozenten entsprechen und die Häufigkeit in den Stufen 3, 4 bzw. 5 in Summe weniger als 5% beträgt, errechnet sich der DVG in den überwiegenden Fällen nur als Kombination der Stufen 1 und 2. Die Mittelbildung erscheint daher gerechtfertigt und damit ist eine sehr einfach zu handhabende Kennziffer für den Zustand einer Fläche gegeben. Ausführlich befaßt sich der vorangegangene Beitrag von NEUMANN mit dieser Problematik, wie darin beschrieben kann der DVG einer Probestfläche auch als durchschnittliche Flächenzuwachsleistung interpretiert werden und erhält somit zusätzlichen Informationsgehalt. Andere Erhebungsmerkmale (Zustand der Wipfelregion bzw. Verfärbung) traten so selten auf, daß sie außer Acht gelassen werden konnten. Als Gliederungskriterien wurden die im Feld erhobenen Standorts- und Bestandesparameter verwendet.

Versuche, das Zusammenwirken der Einzelfaktoren mit multiplen Regressionsmodellen unter Verwendung von Dummyvariablen (DRAPER und SMITH, 1981) - dem methodischen Ansatz von SCHÖPFER und HRADETZKY (1983) folgend - zu erklären, waren nicht zielführend. Wegen der großen Variablenanzahl - selbst ohne Berücksichtigung der Wechselwirkungen - erwiesen sich die entstehenden Modelle als wenig stabil. So beeinflussten zum Beispiel Art und Umfang der Auflösung in Dummyvariable das Berechnungsergebnis. Bei der Interpretation der Ergebnisse verschiedener Modelle kam es zu sich gegenseitig widersprechenden Aussagen, die an Hand der

Kennwerte jeweils als statistisch gesichert anzusehen waren. Bei der Deutung derartig hergeleiteter Globalmodelle sollte, dem Vorschlag von MÖSSMER (1986) folgend, darauf geachtet werden, daß mehrere Modelle zu koinzidierenden Ergebnissen führen sollen oder sich zumindest nicht gegenseitig ausschließen dürfen. Da dies nicht der Fall war, mußte auf eine Interpretation der gewonnenen Ergebnisse verzichtet werden. Auch die kartenmäßige Darstellung der Residuen, also die Lage von negativ bzw. positiv vom Modell abweichenden Flächenergebnissen, ermöglichte keine plausible Interpretation, daher wurde dieses Verfahren nicht weiterverfolgt.

Im Gegensatz dazu sind Ergebnisse aus einfacheren Varianzanalysen plausibler und weniger anfällig gegen Störeinflüsse (ungleiche Stufenbesetzung, mangelnde Normalverteilung). Wechselwirkungen sind dabei jedoch nicht berücksichtigt und beeinflussen somit das Ergebnis. So besteht bei Fichte ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Alter und Kronenzustand, für die anderen Baumarten besteht dieser Zusammenhang nicht oder deutlich weniger signifikant. Dieser "Alterstrend" wurde auch im Ausland durch anderen Arbeiten (KENNEL, 1983; SCHÖPFER und HRADETZKY, 1984; INNES und BOSWELL, 1988) gefunden bzw. bestätigt.

Die österreichischen Waldverhältnisse sind durch eine sehr große Altersspreitung der Bestände (Abb. 1) gekennzeichnet, der Zusammenhang von Alter und Kronenverlichtung ist deswegen auch besonders deutlich und dominiert vor allen anderen Faktoren. In den untersuchten vier Jahren ist diese Korrelation hochsignifikant und die Regressionskoeffizienten zwischen 0.0025 (1985) und 0.0029 (1988) sind signifikant von Null verschieden. Der Beitrag zur Streuungsreduktion (R^2) ist mit 9% (1985) bis maximal 12% (1988) dennoch gering.

Um zu überprüfen, ob die Reststreuung durch die Mitberücksichtigung der Höhenlage verringert werden kann, wurden sechs Straten nach Seehöhenstufen zu je 300m ausgeschieden. Es sollte damit geprüft werden, ob die seehöhenbedingten Veränderungen der Wuchsbedingungen auch Auswirkungen auf den Kronenzustand haben. Im Stratum über 1800m besteht kein signifikanter Zusammenhang

mehr, unter 600m und zwischen 1500 und 1800m ist die Korrelation etwa gleich der des Gesamtkollektivs. Hingegen ergeben sich durch die Stratifizierung im mittleren Höhenbereich zwischen 600 und 1500m wesentlich straffere Zusammenhänge mit Bestimmtheitsmaßen bis zu 0.31. Die Regressionskoeffizienten steigen bis 1200m auf Werte bis zu 0.0055 an, darüber nehmen sie bis auf weniger als 0.002 ab. Die berechneten Regressionsgeraden für die einzelnen Seehöhenstufen sind für das willkürlich gewählte Jahr 1985 in Abb. 2 dargestellt. Die Regressionskoeffizienten (Anstiege) sind zwar statistisch nicht voneinander verschieden, dennoch läßt die Tatsache, daß sie sich in allen vier untersuchten Jahren gleich verhalten, gewisse Gesetzmäßigkeiten vermuten. Diese können folgendermaßen interpretiert werden: die altersbedingte Kronenzustandsverschlechterung ist in Hochlagen wesentlich geringer, was durch die geringere Wachstumsdynamik (langsameres Jugendwachstum, geringere Zuwachsleistung, höheres Maximalalter) erklärt werden kann. Bis 600m könnten neben dem Alterstrend andere äußere Faktoren so große Bedeutung haben, daß der Alterseffekt etwas zurücktritt. Möglicherweise wirken in Tieflagen klimatische Einflüsse stärker auf die untersuchte Baumart Fichte als im optimalen Verbreitungsgebiet. Natürlich können auch/oder Immissionen und biotische Schadfaktoren einen bedeutenden Einfluß haben.

Bei der Betrachtung der durchschnittlichen Verlichtungsgrade nach einzelnen Merkmalsausprägungen kann eine mangelnde "Standardisierung" im Sinn von SCHÖPFER (1986) hinsichtlich des Bestandesalters aber auch eventueller anderer in den untersuchten Merkmalsgruppen ungleich verteilter "Störfaktoren" die Aussagen verfälschen. Die biologisch und forstwirtschaftlich bedingte ungleiche Altersverteilung nach Seehöhenstufen für alle 1794 Fichtenbeobachtungsflächen ist in Abbildung 1 dargestellt. Daraus ist deutlich zu erkennen, daß das durchschnittliche Alter mit zunehmender Seehöhe markant zunimmt, bis 600m beträgt es 79 Jahre und 143 Jahre über 1500m. Die zu untersuchenden Straten sind hinsichtlich des für den Kronenzustand mitentscheidenden Alters sehr inhomogen. Der Kronenzustand in den einzelnen Seehö-

henstraten wird also in unterschiedlicher Weise durch den Alterstrend beeinflußt und dadurch wird möglicherweise der Einfluß der Seehöhe überlagert.

Die Kronenzustandsverschlechterung mit zunehmenden Alter findet keinen Niederschlag in einer erhöhten Mortalität, ist also nicht als Auswirkung eines verstärkten Schadeinflusses zu sehen, wie neuere Untersuchungen gezeigt haben (NEUMANN und STEMBERGER, 1990). Dieser Hypothese folgend würde der durchschnittlich schlechtere Kronenzustand älterer Fichtenbestände nur auf einer dem Alter zu wenig angepaßten Referenz beruhen. Es erscheint daher in Analogie zur Kovarianzanalyse gerechtfertigt, diesen überlagernden altersabhängigen Effekt als Konkomitante zu betrachten und zu eliminieren. Dazu wurde der erfaßte Kronenzustand jeder Fläche (DVG) vor Beginn der Auswertung für ein willkürlich gewähltes, für alle Straten gleiches, hypothetisches Alter von 120 Jahren hochgerechnet. Durch diese Umrechnung ergeben sich im Mittel höhere DVGs, da das durchschnittliche Alter aller im Rahmen der WZI beobachteten Flächen mit Fichten bei etwa 100 Jahren liegt. Bei den folgenden Betrachtungen sollte, nicht der absoluten Höhe des DVGs, sondern dem Verhältnis zueinander verstärktes Gewicht beigemessen werden, wodurch die verzerrende Auswirkung dieser Umrechnung wenig entscheidend ist. Der Effekt dieser Bereinigung ist am Beispiel der Seehöhe in Abbildung 3 an Hand der Ergebnisse des Jahres 1987 dargestellt.

Das mittlere Alter aller Beobachtungsflächen nimmt mit steigender Seehöhe zu, oberhalb von 1700m tritt eine, durch die geringe Flächenanzahl wahrscheinlich zufällig bedingte, Abnahme ein. Die im Gelände erhobenen, mittleren durchschnittlichen Verlichtungsgrade betragen zwischen 1,28 (1500-1600m) im Minimum und 1,39 (1000-1100m) im Maximum, eine Tendenz ist nicht erkennbar und der Kronenzustand scheint von der Seehöhe unabhängig zu sein. Rechnet man jedoch alle Flächenmittelwerte auf 120 Jahre hoch, ist eine klare Abnahme der Verlichtungsgrade mit zunehmender Seehöhe erkennbar und der auffällig hohe mittlere DVG im Bereich von 1600-1700m wird durch Berücksichtigung des überdurchschnittlichen Alters in diesem Seehöhenstratum deutlich

Altersverteilung nach Seehöhenstufen (WZI 1984 - 88, Fichte)

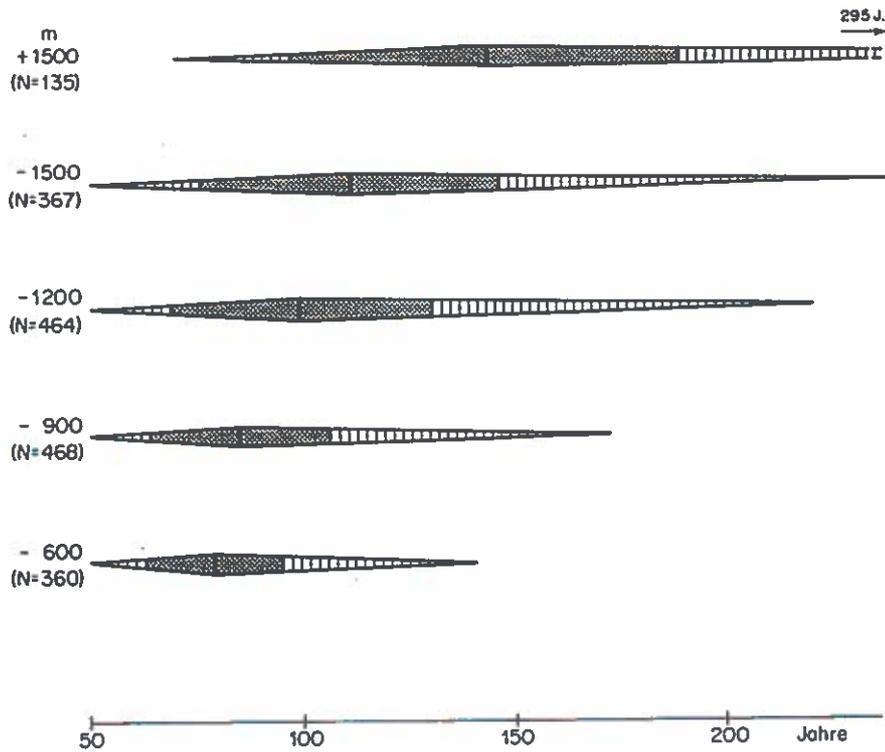


Abb. 1: Darstellung der Altersverteilung nach Seehöhenstufen aus den Aufnahmeergebnissen der Waldzustandsinventur für Fichte

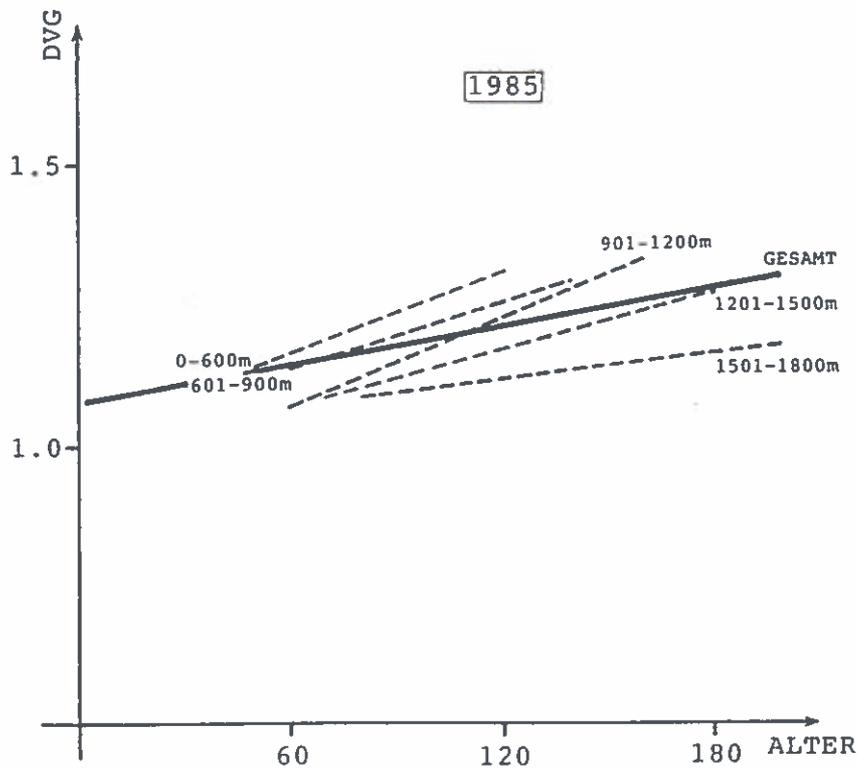


Abb. 2: Zusammenhänge zwischen Alter und Kronenzustand (DVG) nach Straten zu je 300m Seehöhe.

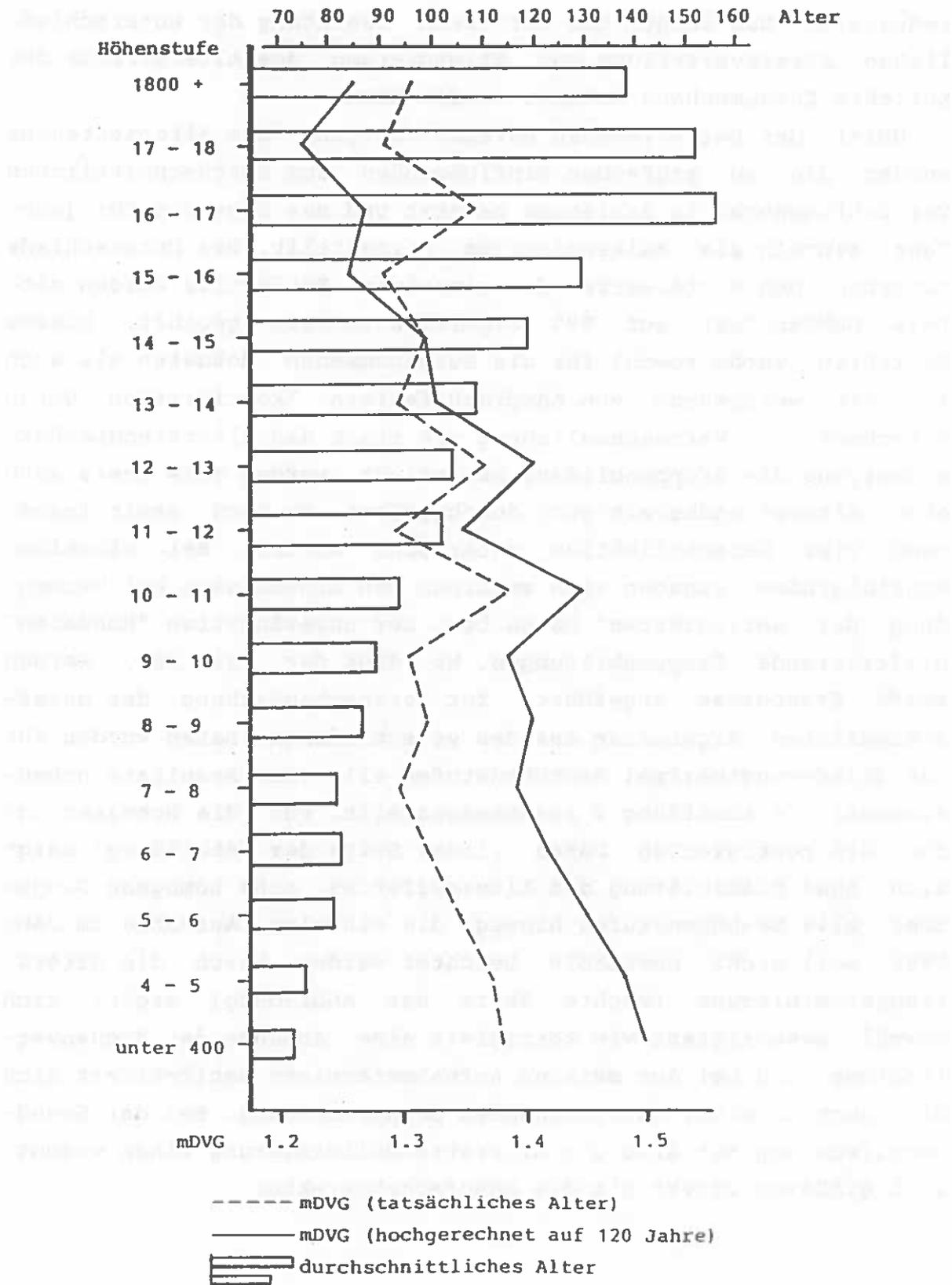


Abb. 3: Zusammenhang zwischen Seehöhe und Kronenzustand (DVG) bzw. Bestandesalter (Daten der WZI von 1987).

reduziert. Das zeigt, daß nur durch Beachtung der unterschiedlichen Altersverteilung und Eliminierung des Alterstrends der korrekte Zusammenhang erkannt werden kann.

Unter der beschriebenen Berücksichtigung des Alterseffektes wurden die zu prüfenden Einflußgrößen zum durchschnittlichen Verlichtungsgrad in Beziehung gesetzt und das Ergebnis für jedes Jahr einzeln als Balkendiagramm dargestellt. Die Unterschiede zwischen den Mittelwerten der einzelnen Kollektive wurden mittels DUNCAN-Test auf 99% Signifikanzniveau geprüft. Dieses Verfahren wurde sowohl für die aufgenommenen Rohdaten als auch für die weitgehend von Ansprachefehlern "korrigierten" Daten berechnet. Zur Veranschaulichung wie stark die Altertrendberücksichtigung die Gruppenbildung beeinflußt, wurden alle Tests auch ohne Alterstrendbereinigung durchgeführt. Es sind damit insgesamt vier Datenkollektive untersucht worden. Bei einzelnen Einflußgrößen ergaben sich zwischen den Ergebnissen bei Verwendung der "korrigierten" Daten bzw. der unveränderten "Rohdaten" differierende Gruppenbildungen. Wo dies der Fall war, werden beide Ergebnisse angeführt. Zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Ergebnisse aus den verschiedenen Daten wurden für das Gliederungsmerkmal Seehöhenstufen alle vier Resultate nebeneinander in Abbildung 4 zusammengestellt. Für die Rohdaten und für die korrigierten Daten (linke Seite der Abbildung) zeigt sich ohne Eliminierung des Alterseffektes eine homogene Gruppe über alle Seehöhenstufen hinweg, die einzelne Ausnahme im Jahr 1986 soll nicht übermäßig beachtet werden. Durch die Alterstrendeliminierung (rechte Seite der Abbildung) ergibt sich sowohl unkorrigiert wie korrigiert eine Abnahme der Kronenverlichtung und bei den meisten Aufnahmeterminen manifestiert sich dies auch in einer entsprechenden Gruppenbildung. Bei der Seehöhengliederung hat also die Alterstrendeliminierung einen wesentlich größeren Effekt als die Ansprachekorrektur.

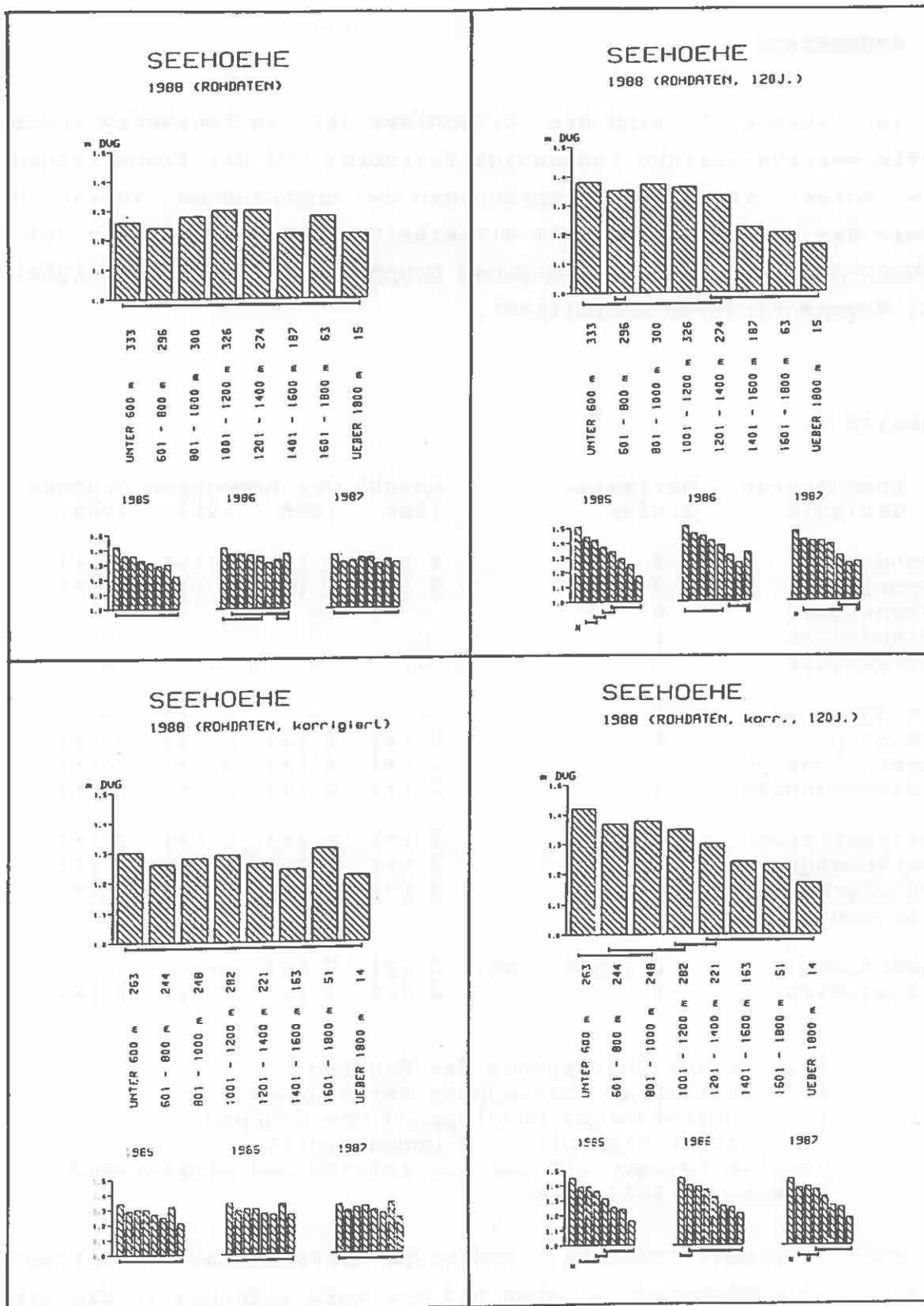


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Seehöhe und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (— homogene Gruppe) für alle vier Datenkollektive. Unbehandelte Rohdaten links oben, vom Aufnahmefehlern bereinigte Rohdaten links unten, Rohdaten auf 120 Jahre hochgerechnet rechts oben, vom Aufnahmefehlern bereinigte Rohdaten und auf 120 Jahre hochgerechnet rechts unten.

3. ERGEBNISSE

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der varianzanalytischen Mittelwertsvergleiche (abhängige Variable: DVG der Probeflächen) die Anzahl der Merkmalsausprägungen der unabhängigen Variablen, sowie die Anzahl der bei 99% Sicherheitswahrscheinlichkeit durch DUNCAN-Test gebildeten homogenen Gruppen und die Eindeutigkeit der Gruppentrennung aufgelistet.

Tabelle 1:

Unabhängige Variable	Merkmalsstufen	Anzahl der homogenen Gruppen			
		1985	1986	1987	1988
Seehöhe	8	4 (+)	2 (+)	3 (+)	4 (+)
Exposition	9	2 (*)	2 (±)	2 (±)	2 (*)
Hangneigung	6	-	-	-	-
Geländeform	6	-	-	-	-
Betriebsart	3	-	-	-	-
Grundgestein	6	-	-	2 (*)	-
Bodentyp	6	2 (+)	2 (+)	2 (+)	2 (+)
Vegetationstyp	7	2 (*)	2 (*)	2 (*)	2 (*)
Wasserhaushalt	4	2 (*)	2 (*)	2 (*)	2 (*)
Ertragsklasse	4	2 (*)	2 (*)	2 (*)	2 (*)
Bestandesgrundfl.	5	2 (+)	2 (+)	2 (+)	2 (+)
Schlußgrad	4	2 (*)	3 (*)	2 (*)	2 (*)
Pflegezustand	3	-	-	-	-
Bundesland	8 (ohne Wien)	2 (±)	2 (±)	-	-
Wuchsgebiet	8	4 (±)	4 (±)	4 (±)	2 (+)

* ... keine Überlappung der Gruppen
 + ... teilweise Überlappung der Gruppen
 ± ... überwiegende Überlappung der Gruppen
 - ... keine Trennung in Gruppen möglich
 jeweils bezogen auf das korrigierte und alterstrendbereinigte Kollektiv

Fünf Merkmale (Seehöhe, Bodentyp, Wasserhaushalt, Ertragsklasse und Schlußgrad) ergeben bei der Aufgliederung in die einzelnen Ausprägungen für die Zielgröße "Kronenzustand" eine weitgehend eindeutige Gruppengliederung. Vier (Geländeform, Hang-

neigung, Betriebsart und Pflegezustand) ergeben überhaupt keine Differenzierung. Auffallend ist, daß die Standortmerkmale im engeren Sinn (Grundgestein, Bodentyp, Vegetationstyp und Wasserhaushalt, sowie die Ertragsklasse als Kombination der anderen) eine deutlich bessere Differenzierung ergeben als Geländemerkmale oder Bestandesparameter.

Der Zusammenhang zwischen Kronenzustand und Seehöhe wurde bereits bei der Methodenbeschreibung dargelegt (Abb. 3 und 4). Überraschend ist, daß der Bereich der "typischen Nebelstaulagen" an der Inversionsschicht nicht hervortritt. Möglicherweise durch die regional unterschiedliche Höhenlage der Inversionsschicht erklärbar, oder aber ist der Kronenzustand in diesem Höhenbereich doch nicht so schlecht wie oftmals angegeben.

Die Exposition (Abb. 5) hat keinen sehr befriedigenden Stratifizierungseffekt. Bei den unkorrigierten Rohdaten ist keine Gruppentrennung möglich. Nach der Korrektur läßt sich jedoch für die Jahre 1985 und 1988 die Exposition "Nordwest" als besonders schlecht von den übrigen trennen. Die übrigen Ergebnisse sind sehr unterschiedlich und nicht interpretierbar. Bei Hangneigungen über 60% ist im Jahr 1988 durch die Rohdaten ein schlechterer Kronenzustand ausgewiesen. Durch die Berücksichtigung des durchschnittlich höheren Alters der (Schutz-)wälder in steileren Lagen gleichen sich die mittleren DVGs nach der Hochrechnung auf 120 Jahre so weitgehend an, daß keine Trennung durchgeführt werden kann (Abb. 6).

Für die Gliederung nach Betriebsart zeigt sich die Bedeutung der notwendigen Standardisierung besonders deutlich: vor der Bereinigung vom Alterstrend sind die Schutzwälder signifikant schlechter als der Wirtschaftswald (Abb. 7), erst nach Berücksichtigung des stark unterschiedlichen Alters ergibt sich das richtige Resultat in Abbildung 8.

Die Gliederung nach Geländeform (Abb. 9) ergibt nach keiner Methode signifikante Unterschiede im Kronenzustand, die Fichte auf Mittel- und Unterhängen weist zwar geringere Verlichtung auf als auf Kuppen, die Variabilität ist jedoch so groß, daß durch die Geländeform keine signifikant voneinander unterscheidbare

EXPOSITION 1988 (ROHDATEN, 120J.)

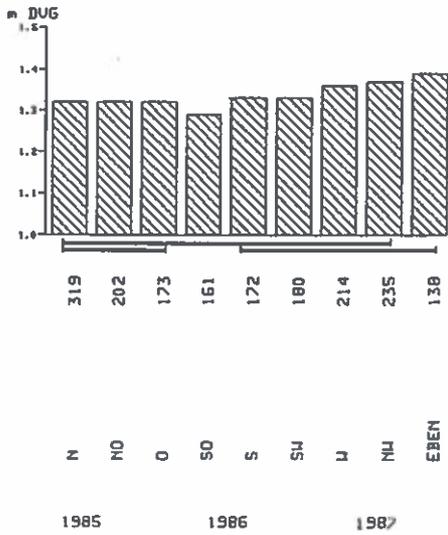


Abb. 5: Zusammenhang zwischen Exposition und durchschnittlichen Verlichtungsgrad (—= homogene Gruppe).

HANGNEIGUNG 1988 (ROHDATEN, korrr., 120J.)

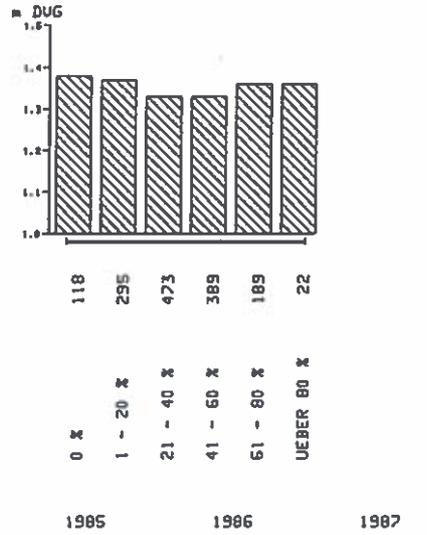


Abb. 6: Zusammenhang zwischen Hangneigung und durchschnittlichen Verlichtungsgrad (—= homogene Gruppe).

BETRIEBSART 1988 (ROHDATEN)

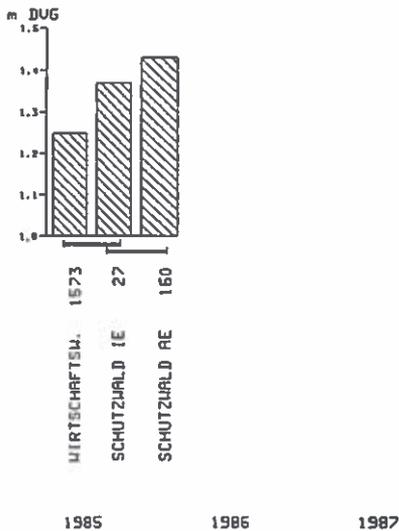


Abb. 7: Zusammenhang zwischen Betriebsart und durchschnittlichen Verlichtungsgrad (—= homogene Gruppe).

BETRIEBSART 1988 (ROHDATEN, 120J.)

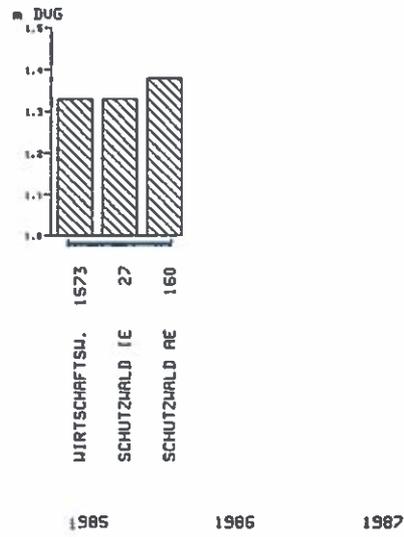


Abb. 8: Zusammenhang zwischen Betriebsart und durchschnittlichen Verlichtungsgrad (—= homogene Gruppe).

Gruppen gebildet werden können.

Bei der Variablen "Grundgestein" (Abb. 10) sind die mittleren DVGs für Bestände auf silikatischem Ausgangsmaterial in allen Jahren am niedrigsten, eine statistische Unterscheidung ist jedoch nur 1987 möglich. Auch die in allen Jahren vergleichsweise hohen DVGs auf schweren Sedimenten und auf Sandstein lassen sich nicht statistisch absichern. Ohne Alterstrendbereinigung ergeben sich deutlichere Gruppen (Abb. 11), die Unterschiede beruhen aber offensichtlich überwiegend auf der verzerrenden unterschiedlichen Altersverteilung.

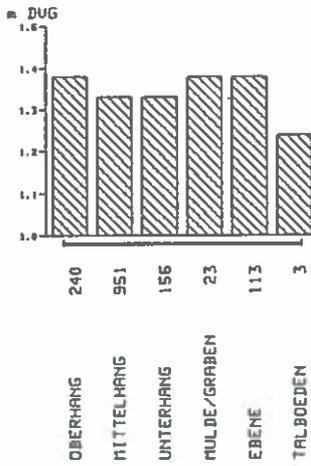
Bei den Bodentypen (Abb. 12) zeigt sich in allen vier Jahren eine recht stabile Gruppe der tiefgründigen und gleichmäßig wasserversorgten (Semi-)podsole, sowie der Gley- und Auböden mit niedrigem DVG auf der einen Seite und den flachgründigeren und wechselfeuchten Pseudogleyen bzw. Braun/Rotlehmen bis zu den zumindest zeitweise trockenen Rohböden auf der anderen Seite. Überraschenderweise gehören auch tiefgründige (Para-)Braunerden zu dieser Gruppe mit höherem Anteil an Kronenverlichtung. Die niedrigsten DVGs finden sich auf Semipodsolen bzw. Podsolen, die höchsten auf Rendsinen bzw. Ranker und Pseudogleyen. Ein Zusammenhang zwischen Bodentyp und Kronenzustand erscheint damit eindeutig.

Sehr deutlich ist auch die Unterscheidung nach Vegetationstypen auf Sauerkleestandorten bzw. Astmoos-Heidelbeer-Drahtschmiele Einheiten finden sich geringere Verlichtungsgrade als auf den anderen Vegetationstypen (Abb. 13). Extrem hohe Kronenverlichtung bei Fichte finden sich auf vergrasteten Standorten. Die Gruppentrennung erfolgt in allen vier Jahren in gleicher Weise.

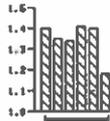
Beim Wasserhaushalt (Abb. 14) ist ein eindeutiger Gradient zu erkennen, je trockener der Standort desto schlechter der Kronenaspekt der Fichte (den hohen Werten auf feuchten Standorten kann auf Grund der geringen Probeflächenanzahl kein großes Gewicht beigemessen werden, oder aber führt überreichliche Wasserversorgung auch zu Verlichtung). Die Unterschiede nach Wasserhaushaltssklassen ergeben sich für alle Aufnahmejahre unabhängig von

GELÄNDEFORM

1988 (ROHDATEN, korr., 120J.)



1985



1986



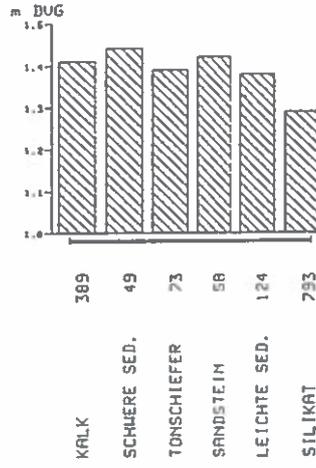
1987



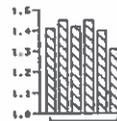
Abb. 9: Zusammenhang zwischen Geländeform und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (— homogene Gruppe).

GRUNDGESTEIN

1988 (ROHDATEN, korr., 120J.)



1985



1986



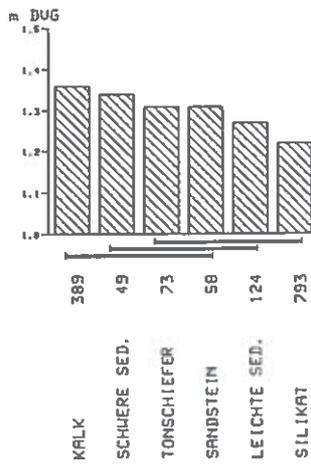
1987



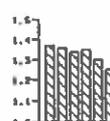
Abb.10: Zusammenhang zwischen Grundgestein und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (— homogene Gruppe).

GRUNDGESTEIN

1988 (ROHDATEN, korrigiert)



1985



1986



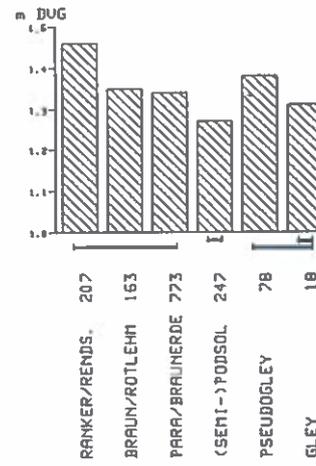
1987



Abb.11: Zusammenhang zwischen Grundgestein und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (— homogene Gruppe).

BODENTYP

1988 (ROHDATEN, korr., 120J.)



1985



1986



1987



Abb.12: Zusammenhang zwischen Bodentyp und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (— homogene Gruppe).

VEGETATIONSTYP

1988 (ROHDATEN, korr., 120J.)

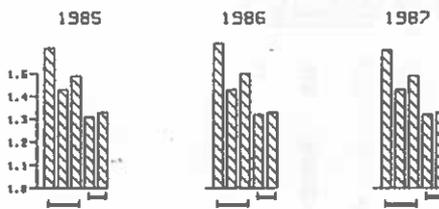
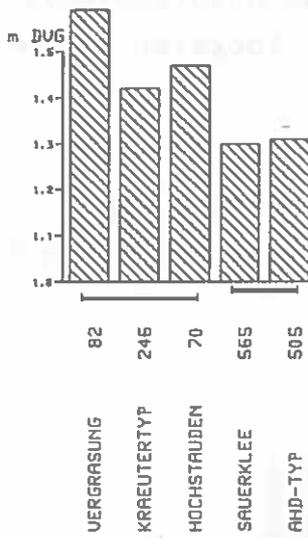


Abb.13: Zusammenhang zwischen Vegetationstyp und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (→ homogene Gruppe).

WASSERHAUSHALT

1988 (ROHDATEN, korr., 120J.)

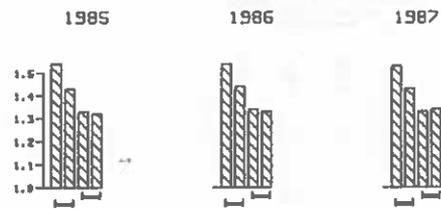
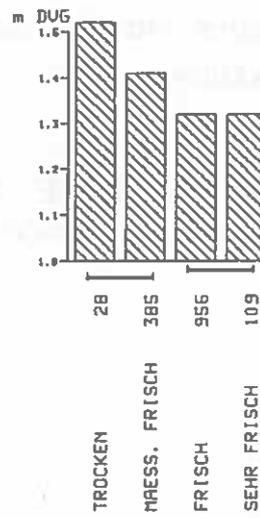


Abb.14: Zusammenhang zwischen Wasserhaushalt und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (→ homogene Gruppe).

der Datenvorbereitung stets in gleicher Weise. Es ist durch dieses Merkmal die stabilste Gruppenbildung durchführbar, die offensichtlich auch vom Alter nur unwesentlich beeinflusst wird.

Eine Gliederung nach Ertragsklassen zu je 5 dGZ-Bonitätsstufen (Abb. 15) zeigt für Bestände sehr geringer Bonität unter 5 signifikant schlechteren Kronenzustand, ohne Alterstrendeliminierung ist die Abnahme der Kronenverlichtung mit besserer Bonität noch deutlicher und es kann noch eine zweite Gruppe von 6. bis 10. Bonität abgetrennt werden.

Für den Schlußgrad gilt ein ähnlich straffer Zusammenhang wie beim Wasserhaushalt, je dichter der Bestand desto besser der Kronenzustand. Die Alterstrendberücksichtigung verringert zwar diese sehr markante Abnahme der Kronenverlichtung, dennoch

bleiben zwei (1986 sogar drei) unterscheidbare Gruppen (Abb. 16). Die Kronenzustandsverschlechterung mit abnehmendem Schlußgrad läßt sich also nicht ausschließlich auf das unterschiedliche Alter (dichte Jungbestände im Vergleich zu lockeren Altbeständen) zurückführen.

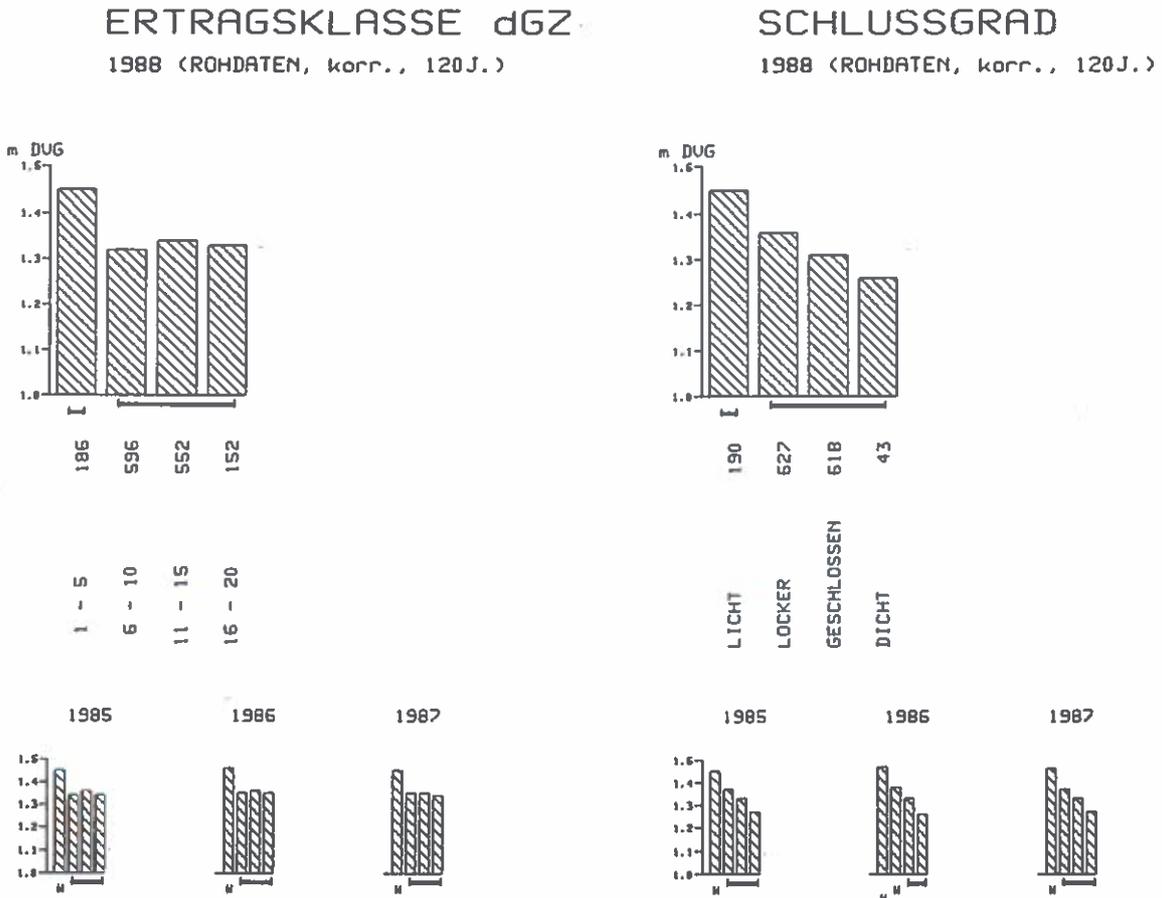


Abb.15: Zusammenhang zwischen Ertragsklasse und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (—= homogene Gruppe).

Abb.16: Zusammenhang zwischen Schlußgrad und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (—= homogene Gruppe).

Das Ergebnis könnte allerdings auch durch die schlechtere Einsehbarkeit der Kronen und dadurch bedingtes Übersehen von Verlichtung in geschlossenen und dichten Beständen verstärkt worden sein.

Die Bestandesgrundfläche ist eng mit dem Schlußgrad korreliert, es ergeben sich daher auch prinzipiell gleiche Tendenzen, eine Gliederung ist jedoch nicht oder nur teilweise möglich (Abb. 17), daß sehr gering bestockte Bestände unter 15m² Kreis-

fläche vom allgemeinen Trend abweichen, ist auf Grund der geringen Anzahl als zufällig zu bezeichnen.

Etwas überraschend erscheint, daß die drei unterschiedenen Klassen des Pflegezustandes in keinem der vier untersuchten Kollektive und in keinem Aufnahmejahr einen Stratifizierungseffekt haben (Abb. 18). Der Pflegezustand hat also keinen Effekt auf den Kronenzustand und Pflegeeingriffe haben keine "beschönigende" Auswirkung auf den Zustand des verbleibenden Bestandes.

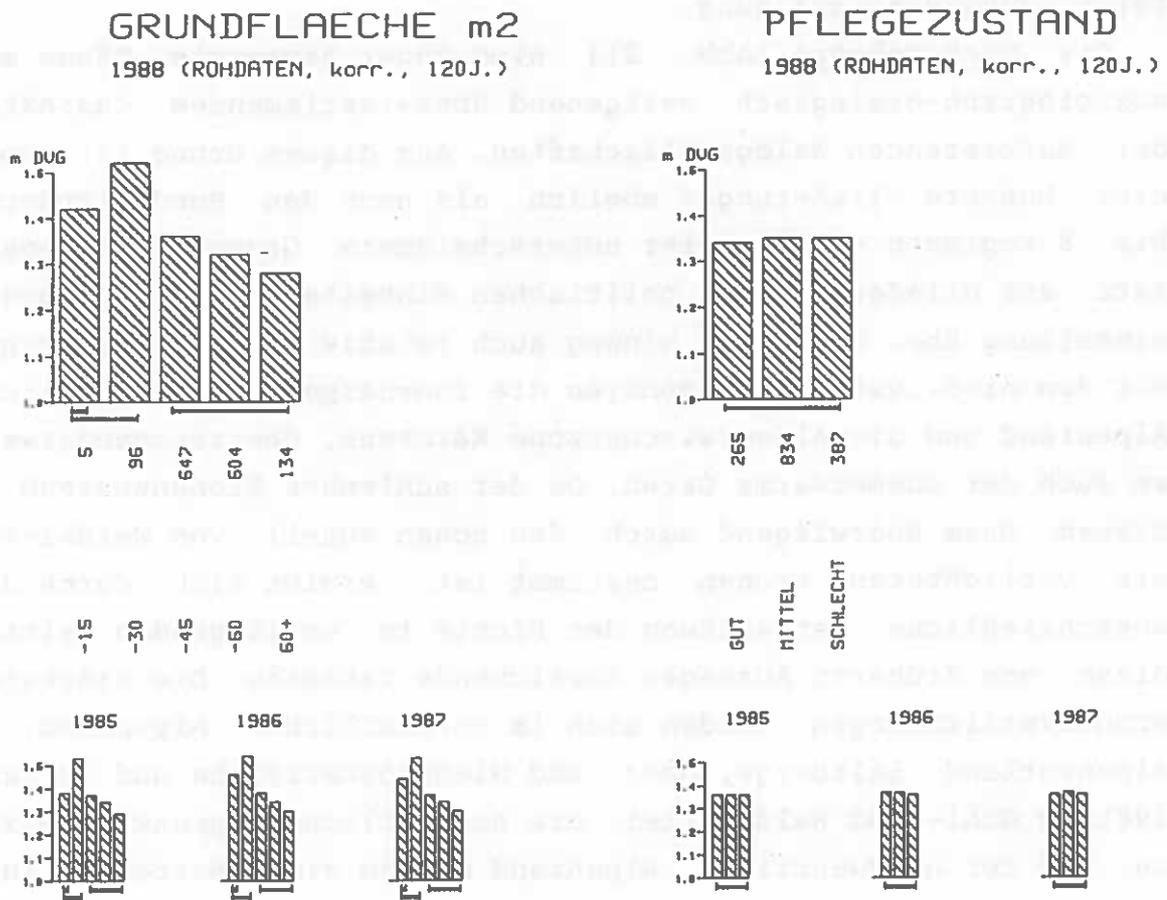


Abb. 17: Zusammenhang zwischen Bestandesgrundfläche und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (homogene Gruppe).

Abb. 18: Zusammenhang zwischen Pflegezustand und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (homogene Gruppe).

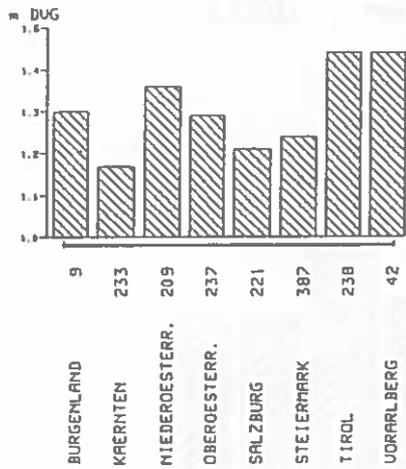
Die mangelhafte Stratifizierung nach den politischen Einheiten der Bundesländer (Abb. 19 und 20) hingegen überrascht nicht, da die politische Gliederung zu wenig Rücksicht auf ökologische Regionen nimmt und Regionen mit sehr unterschiedlichen Wuchsbedingungen zusammengefaßt sind. Kärnten, Salzburg und die Steier-

mark haben zwar niedrigere DVGs als die übrigen Länder und Niederösterreich und Vorarlberg vergleichsweise hohe Werte. Die Gruppeneinteilung wechselt jedoch von Jahr zu Jahr, möglicherweise auch durch die nur unvollständig gelungene Beseitigung der Ansprachefehler bedingt. Interessant ist, daß die starke Kronenverlichtung anzeigenden hohen DVGs in Tirol nach Berücksichtigung des hohen Durchschnittsalters der Tiroler Waldbestände sich auf durchschnittliche Werte reduzieren. Das Ergebnis von Niederösterreich hingegen verschlechtert sich sehr stark durch die Alterstrendberücksichtigung.

Die Wuchsgebiete (Abb. 21) sind enger begrenzte Räume mit soziologisch-ökologisch weitgehend übereinstimmendem Charakter der auftretenden Waldgesellschaften. Aus diesem Grund ist damit eine bessere Gliederungen möglich als nach den Bundesländern. Die 8 Regionen ergeben vier unterscheidbare Gruppen, im Gegensatz zur Gliederung nach politischen Einheiten ist die Gruppeneinteilung über die Jahre hinweg auch relativ stabil. Zur Gruppe mit den niedrigsten DVGs gehören die Innenalpen, der südöstliche Alpenrand und die Alpenzwischenzone Kärntens, überraschenderweise auch der sommerwarme Osten. Da der schlechte Kronenzustand in diesem Raum überwiegend durch den hohen Anteil von Weißkiefer mit verlichteten Kronen bestimmt ist, ergibt sich durch die ausschließliche Betrachtung der Fichte im vorliegenden Beitrag diese von früheren Aussagen abweichende Tatsache. Die stärksten Kronenverlichtungen finden sich im nordöstlichen Alpenrand, im Alpenvorland Salzburgs, Ober- und Niederösterreichs und im Jahr 1985 im Mühl- und Waldviertel. Die nordöstliche Alpenzwischenzone und der nordwestliche Alpenrand nehmen eine Mittelstellung ein.

Für das Mittel aller Aufnahmejahre 1985-1988 ist das Ergebnis der Gruppenbildung in Abbildung 22 wiedergegeben. Es können vier Gruppen unterschieden werden, die sich in ähnlicher Weise zusammensetzen wie nach den Einzeljahresergebnissen. Die räumliche Ausdehnung und die Überlappungen dieser vier Gruppen ist in Abbildung 23 dargestellt. Auf eine grafische Zuordnung des

BUNDESLAND
1988 (ROHDATEN, korrigiert)



BUNDESLAND
1988 (ROHDATEN, korr., 120J.)

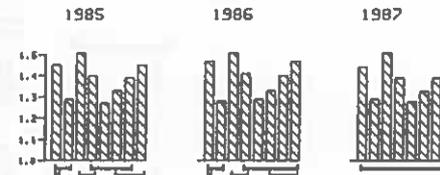
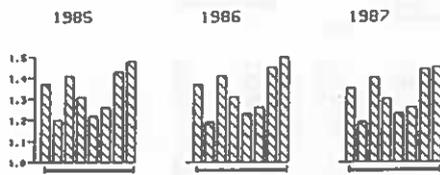
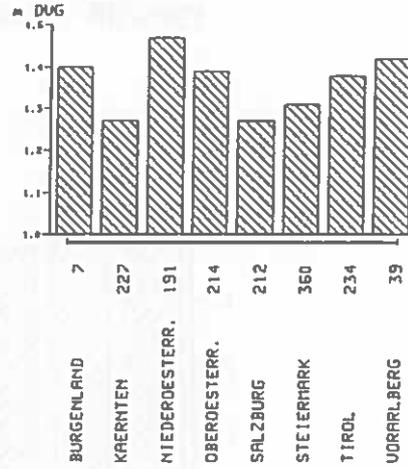


Abb. 19: Zusammenhang zwischen Bundesland und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (—homogene Gruppe).

Abb. 20: Zusammenhang zwischen Bundesland und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (—homogene Gruppe).

WUCHSGEBIET

1988 (ROHDATEN, korr., 120J.)

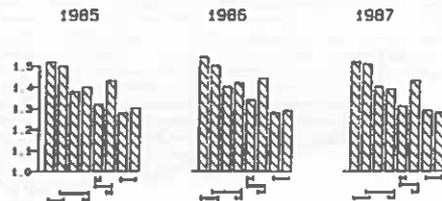
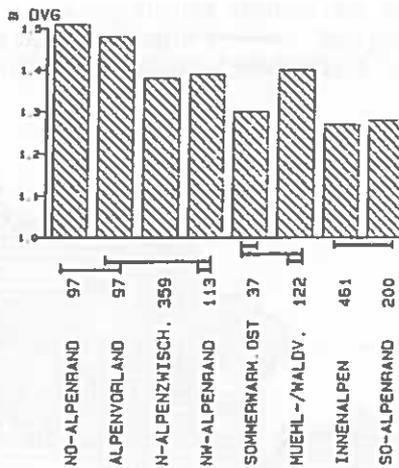


Abb. 21: Zusammenhang zwischen Wuchsgebiet und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (—homogene Gruppe).

nördlichen Teiles des Wuchsgebietes "Sommerwarmer Osten" (VII) wurde, wegen der geringen Anzahl von Fichtenbeobachtungsflächen im Gebiet des Marchfeldes, Wiener Beckens und im nördlichen Burgenland, verzichtet. Besten Kronenzustand weist der zentrale Innenalpenraum (I), der südöstliche Alpenrand (VIII) und der Sommerwarme Osten (Südteil) auf. Die Mittelwerte für diese Gruppe variieren von 1.28 bis 1.31. Die zwei mittleren Gruppen (DVG von 1.31 bis 1.40 bzw. 1.39 bis 1.42) umfassen den Randalpenbereich (II und IV), das Wald- und Mühlviertel (VI), sowie den Sommerwarmen Osten (VII), der also zu zwei verschiedenen Gruppen gehört. Den schlechtesten Kronenzustand findet man im Alpenvorland (V) und am nordöstlichem Alpenrand (III). Überlappung sind also in den Wuchsgebieten II, IV und VII gegeben, alle übrigen werden nur einer Gruppe zugeordnet.

Daß sich starke Immissionseinwirkung in Kronenverlichtung manifestieren kann, wurde von (PELZ und MATERNA, 1964) gezeigt. Die Auswirkungen von schwachen Immissionen auf die Benadelungsdichte von Fichte sind hingegen umstritten. Durch die in Steiermark durchgeführte Zonierung nach Immissionsbelastung (SCHÖGGL, 1989) ist es möglich damit die Auswirkungen zu untersuchen. Allerdings konnte bei der auf Bioindikation beruhende Belastungszonierung nur der Einwirkung von Schwefeldioxid Rechnung getragen werden. Die ausgeschiedenen fünf Zonen sind in Abb. 24 dargestellt, Grenzwertüberschreitungen im Sinne des Forstgesetzes (mehr als 0,11 bzw. 0,14% Schwefel im 1. bzw. 2. Nadeljahrgang), treten erst ab der "leicht belasteten" Zone auf. Die stärker belasteten Gebiete konzentrieren sich in der Nähe der Industriezentren in tieferen Lagen und umfassen knapp 10% der Landesfläche. Auffallend ist die große Ausdehnung der "im Grenzbereich" liegenden Zone (79.2% der Landesfläche), in der allerdings keine Grenzwertüberschreitungen auftreten, wodurch nur vergleichsweise geringe Gebiete (11.0%) als vollkommen unbeeinflusst ausgewiesen wurden.

Wird nun in gleicher Art und Weise wie bei den oben untersuchten Standortsfaktoren diese Zonierung als Gliederungskriterium verwendet, so ergibt sich das Resultat in Abb. 25, wobei

BIOINDIKATORNETZ 1985/86

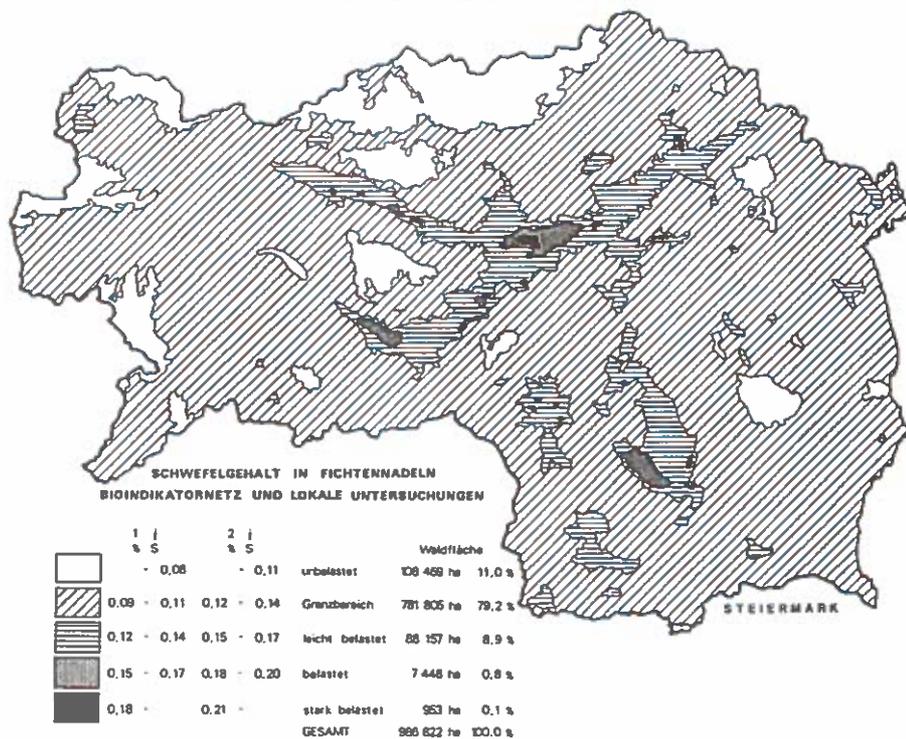


Abb. 24: Belastungszonierung der Steiermark nach dem Schwefelgehalt von Fichtennadeln (verändert nach SCHÖGGL, 1989).

STEIERMARK

1988 (ROHDATEN, korr., 120J.)

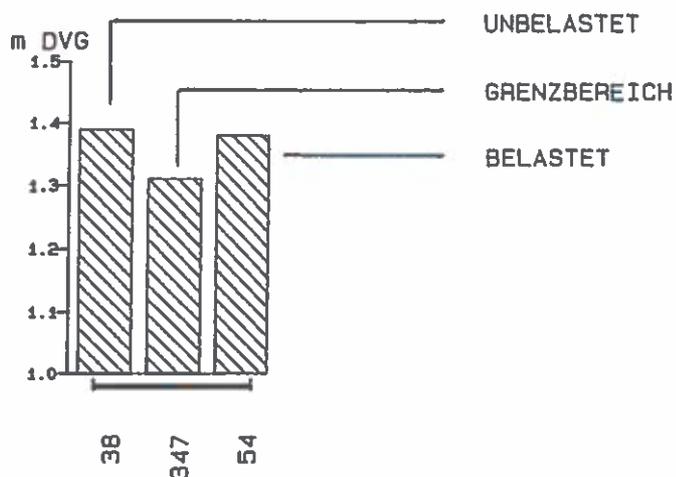


Abb. 25: Zusammenhang zwischen Schwefelbelastung und durchschnittlichem Verlichtungsgrad (homogene Gruppe).

wegen der geringen Probeflächenanzahl die belasteten Flächen zusammengefaßt wurden. Der Kronenzustand ist also von der Schwefeldioxidbelastung weitgehend unabhängig, der beste Kronenzustand ist in grenzwertig belasteten Gebieten zu finden.

Um die Auswirkung von Wechselwirkungen zumindest teilweise beurteilen zu können, wurden durch mehrfache Stratenbildung bestimmte Merkmalskombinationen aus Seehöhe, Wasserhaushalt und Vegetationstyp ausgefiltert. Dieses Verfahren findet allerdings durch die immer geringer werdende Besetzungsdichte relativ schnell seine Grenze. Die resultierenden Mittelwerte wurden anschließend in analoger Weise wie bei den Einzelmerkmalen geprüft, ob sie der gleichen Grundgesamtheit entstammen oder nicht.

Tabelle 2: Vergleich von drei Teilkollektiven

Kollektiv	mDVG	mDVG 120 J.	Anteil in den Verlichtungsstufen				
			1	2	3	4	5
A	1.49	1.58	57	38	4	1	0
B	1.29	1.39	72	27	1	0	0
C	1.29	1.31	72	27	1	0	0

In Tabelle 2 sind die aus dem gesamten Datenmaterial der Fichte gezielt gebildeten Straten und der mittlere DVG, der mittlere DVG nach Umrechnung auf 120 Jahre sowie die mittleren Häufigkeiten in den Verlichtungsstufen wiedergegeben. Das Kollektiv A (N=30) umfaßt dabei alle Fichtenbestände unter 600m Seehöhe, auf trockenen bis mäßig frischen Standorten und dem Schattenkräutertyp oder Vergrasungstyp angehörend. Das Kollektiv B (N=145) beinhaltet Fichtenbestände von 600-800m Seehöhe, Kräuter- oder Sauerkleetypen mit mäßig frischer bis frischer Wasserversorgung. Kollektiv C (N=95) umfaßt Bestände zwischen 1200 und 1500m auf frischen Standorten mit AHD-Typ. Bezüglich der DVGs ohne Alterskorrektur unterscheiden sich die Kollektive A und B,

sowie A und C hochsignifikant voneinander. Die auf 120 Jahre hochgerechneten DVGs unterscheiden sich für alle drei Gruppen vollständig und hochsignifikant voneinander.

4. DISKUSSION UND FOLGERUNGEN

Die dargelegten Ergebnisse der Aufgliederung des DVGs nach verschiedenen Gliederungsmerkmalen finden zu einem Teil ihre Bestätigung in früher gemachten Analysen zum anderen stehen sie aber auch dazu in Widerspruch. Dies mag in methodischen Unterschieden (Beschränkung auf die Fichte, Altersberücksichtigung, Verwendung des Flächenmittelwertes), wie auch in den ganz allgemein anderen Ausgangssituationen in Österreich (starke Höhengliederung, verschiedenste Grundgesteine, Täler mit unterschiedlichster Exposition) begründet sein.

Speziell bei der Darstellung des Einflusses der Seehöhe konnte gezeigt werden, daß durch die Berücksichtigung des Bestandesalters (wobei das Problem, ob 120 Jahre in Tieflagen mit 120 Jahren in Hochlagen vergleichbar sind, vorerst ausgeklammert wird) eine augenfällige Abnahme der Kronenverlichtung nachweisbar ist. Dies steht im klarem Widerspruch zu Ergebnissen aus der geomorphologisch ähnlichen Schweiz (SCHMID-HAAS, 1985) und stellt andererseits verschiedene Versuche, Ozonverteilungsmuster mit dem Auftreten von Waldschäden zu korrelieren, in Frage. Außerdem wird dadurch dem Einfluß lokaler Immissionseinflüsse größere Bedeutung vor Ferntransporten gegeben.

Ganz allgemein konnte gezeigt werden, daß die standortsbedingte Ausgangslage wesentlichen Einfluß auf das Ausmaß der Kronenverlichtung hat, während Faktoren, die SCHÖPFER und HRADETZKY (1984) als maßgeblich erkannt haben (Exposition, Geländeform, Hangneigung), in Österreich eine untergeordnete Rolle spielen. An Hand der regionalen Verbreitung der Kronenverlichtung (Abb. 23) soll gezeigt werden, wie leicht bei einseitiger

Betrachtung Fehlschlüsse entstehen können. Das Gebiet mit den höchsten DVGs liegt im Bereich zwischen dem Mühl- bzw. Waldviertel und den Alpen, fällt also mit dem Alpenvorland im geografischen Sinn zusammen. Das Verteilungsmuster der Immissionsbelastung (im wesentlichen auf den Ergebnissen der bundesweiten Nadelanalysen im Rahmen des BIN aufbauend) weist für diese Region auch eine Immissionsbeeinflussung aus (Abb. 26).

EINWIRKUNGSGBIETE FORSTSCHÄDLICHER LUFTVERUNREINIGUNGEN

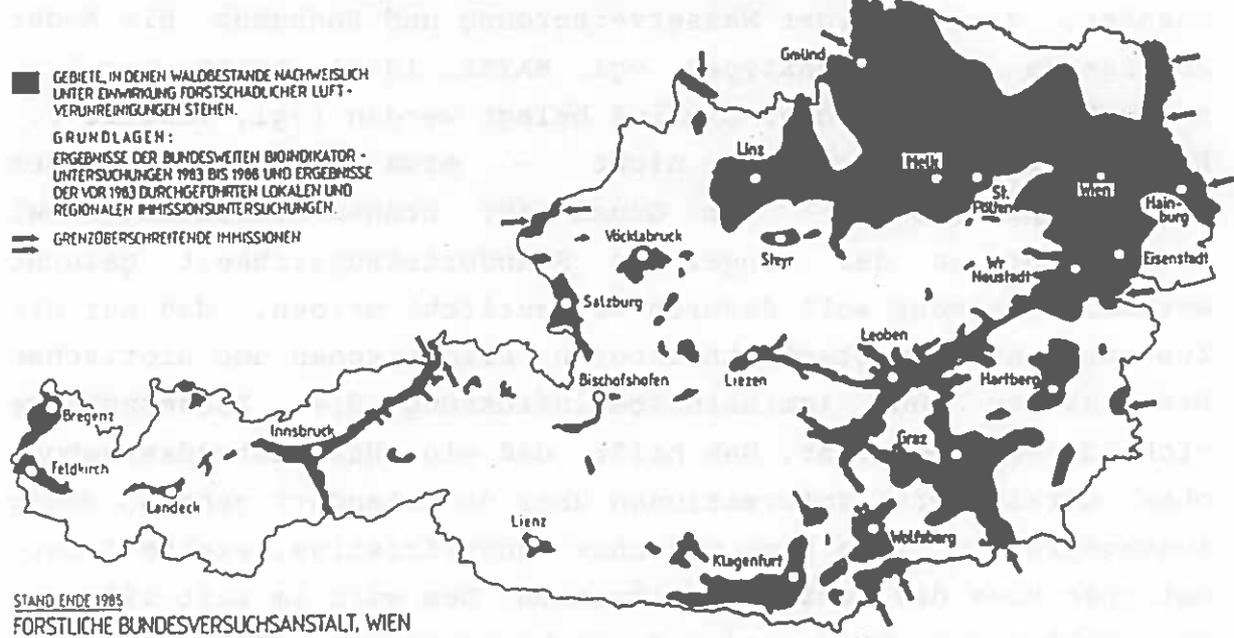


Abb. 26: Einwirkungsgebiete forstschädlicher Luftverunreinigungen - Stand 1986, (aus POLLANSCHÜTZ und NEUMANN, 1987a).

Eine Korrelation zwischen Kronenzustand und Immissionen scheint damit gegeben. Allerdings fallen die stark mit Schwefeldioxid und anderen Luftschadstoffen belasteten Regionen - aus siedlungsgeografischen und verkehrstechnischen Gründen - auch mit den Lagen unterhalb von 600m Seehöhe zusammen und liegen daher - außerhalb des eigentlichen Fichtenverbreitungsgebietes (MAYER, 1969) - im Bereich der kollinen bis submontanen Laubmischwaldgesellschaften. Ähnliches ergibt sich auch durch die Stratifizierung nach Immissionszonen in der Steiermark, da sich diese

Immissionszonen regional sehr ungleich verteilen, liegen die stärker belasteten Zonen in Tallagen, während die Gebiete mit grenzwertiger Belastung die typischen Fichtenstandorte umfassen. Es ist daher mit diesem Datenmaterial nicht eindeutig zu entscheiden auf welchen Ursachen die Differenzierung im Kronenzustand beruhen.

Für alle die Fichtenverbreitung fördernden Faktoren (saures Ausgangsgestein, tiefgründige z.T. podsolierte Böden mit ausreichender, gleichmäßiger Wasserversorgung und Rohhumus bis Moder anzeigende Vegetationstypen, vgl. MAYER, 1974) konnte ein kronenzustandsverbessernder Einfluß belegt werden (vgl. Tabelle 2). Es soll damit aber nicht - etwa in Form eines "Indizienprozesses" - der Grund für Kronenverlichtungen bei Fichte nur in der mangelnden Standortstauglichkeit gesucht werden. Vielmehr soll dadurch verdeutlicht werden, daß nur die Zusammenschau von Standortsfaktoren, klimatischen und biotischen Einwirkungen und Immissionsbeeinflussung die Zusammenhänge richtig erkennen läßt. Das heißt, daß eine Waldzustandserhebung ohne detaillierte Informationen über den Standort genauso wenig aussagekräftig sein kann wie ohne längerfristige, exakte Informationen über die Immissionssituation. Dem wird im seit 1988 die WZI ablösenden Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS) Rechnung getragen, bei dem auf weniger Flächen deutlich mehr Informationen gesammelt werden (POLLANSCHÜTZ, 1987). Im Rahmen des WBS werden auf den Trakthauptpunkten des Aufnahmenetzes der Österr. Forstinventur 1981 boden- und vegetationskundliche, immissionskundliche, forstpathologische und zuwachskundliche Untersuchungen konzentriert, um dadurch die Ursachen für festgestellte Kronenverlichtungen in Zukunft besser erklären zu können.

5. ZUSAMMENFASSUNG

Ausgehend von den Ergebnissen der landesweiten WZI wurden Untersuchungen über den Zusammenhang des Kronenzustandes der

Fichte und den Standort beeinflussende Faktoren sowie den Bestandskennwerten durchgeführt.

Als Maßzahl für den Kronenzustand wurde der ermittelte durchschnittliche Verlichtungsgrad nach einer möglichst weitgehenden Bereinigung von Ansprachefehlern mit Einflußvariablen der Standortparametern (Vegetationstyp, Bodentyp, Grundgestein und Wasserhaushalt) und den Geländemerkmale (Seehöhe, Exposition, Geländeform und Hangneigung) sowie den Bestandesdaten (Alter, Grundfläche, Pflegezustand) in Beziehung gesetzt.

Regressionsanalytische Untersuchungen zeigten, daß starke Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Merkmalen bestehen und daraus ergaben sich schwer interpretierbare Beziehungen zwischen den Einflußvariablen und dem Kronenzustand. Insbesondere der altersbedingte Einfluß auf den Kronenzustand bewirkte in vielen Fällen irreführende Ergebnisse. Wird dieser konkomitante Einfluß aber eliminiert, ergeben sich zum Teil sehr klare Beziehungen zwischen den Standortmerkmalen und dem Verlichtungsgrad. Von den Geländemerkmale erwies sich nur die Seehöhe als den Kronenzustand beeinflussend. Von den Bestandesdaten konnte für den Schlußgrad und für die Bestandesgrundfläche ein Einfluß nachgewiesen werden.

Alle diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß der z.T. schlechte Kronenzustand der Fichte durch Standortfaktoren wesentlich mitbestimmt ist. Fichten auf für sie weniger geeignetem Standort speziell am Arealrand haben größere Tendenz zu Nadelverlusten als auf typischen Fichtenwaldstandorten des Alpengebietes. Diese Ergebnisse sind aber auch durch die verstärkte Immissionseinwirkung am Arealrand mitgeprägt. Wenn auch Einflüsse des Standorts nachgewiesen werden konnten, so kann auf Grund dieser Untersuchung keine Aussage darüber gemacht werden inwieweit Immissionseinwirkungen ursächlich - ganz allgemein - mit den Kronenschäden in Verbindung zu bringen sind.

6. LITERATUR

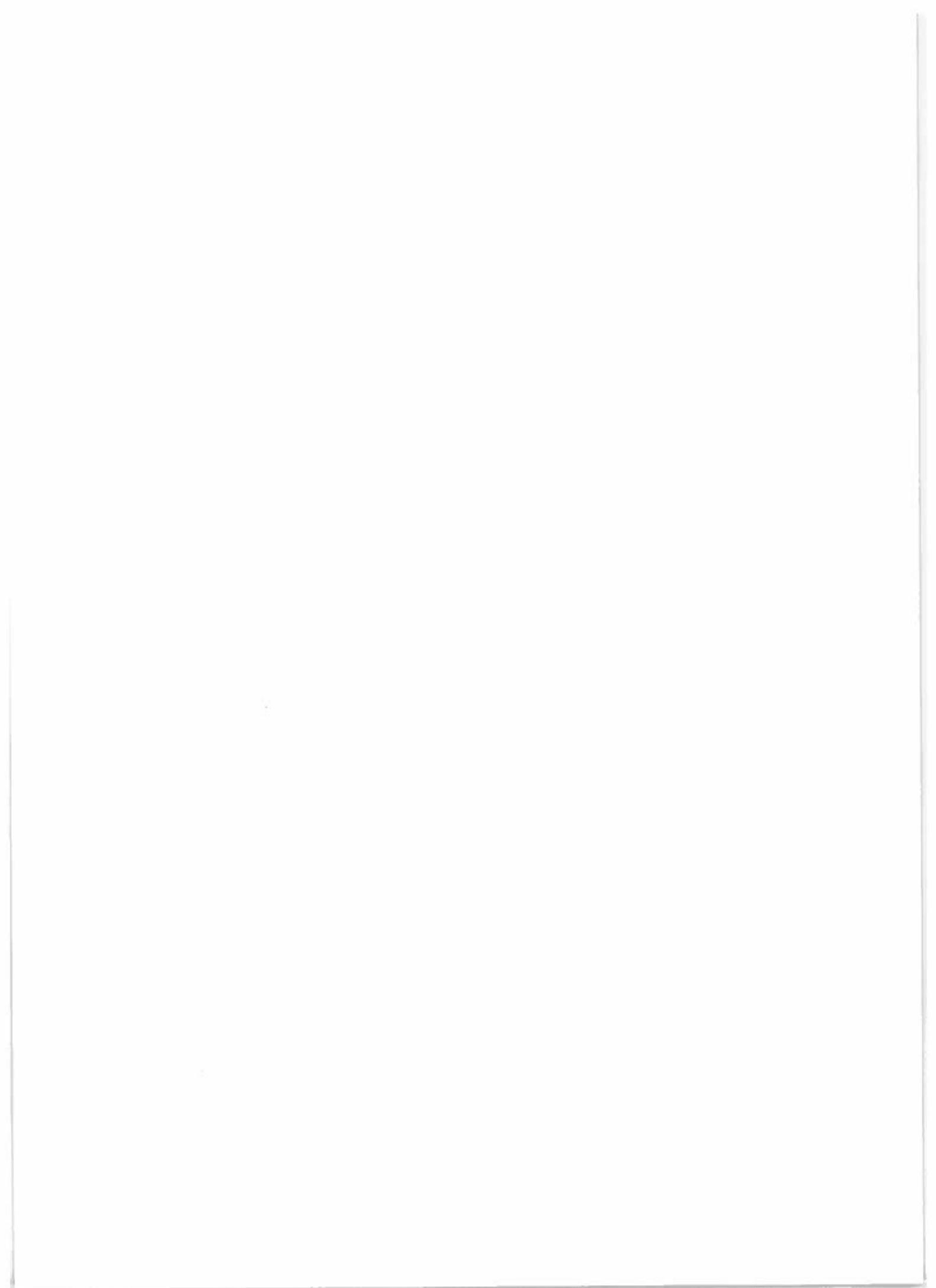
- DRAPER N. und SMITH H., 1981: Applied Regression Analysis, Second Edition. Wiley Series New York. pp 709.
- INNES J.L. und BOSWELL R.C., 1988: Forest Health Survey 1987. Part 2: Analysis and Interpretation. Forestry Commission. Bulletin 79, 52 pp.
- KENNEL E., 1983: Waldschadensinventur Bayern 1983 - Verfahren und Ergebnisse - Forstl. Forschungsber. München, Heft 57.
- KRISTÖFEL F., NEUMANN M. und POLLANSCHÜTZ J., 1989: Ergebnisse der Kronenzustandserhebung 1989 - Es war schon schlechter. Österr. Forstzeitung 100.Jg., Heft 11, p.51-53.
- MAYER H., 1969: Zur waldbaulichen Bedeutung der Fichte in den Ostalpen. Allgem. Forst- und Jagdzeitung 140.Jg. 204-209, 226-230.
- MAYER H., 1974: Wälder des Ostalpenraumes. Gustav Fischer Verlag 344 pp.
- MÖSSMER R., 1986: Verteilung der neuartigen Waldschäden an der Fichte nach Bestandes- und Standortmerkmalen in den Bayerischen Alpen. Forstl. Forschungsber. München, Heft 73.
- NEUMANN M., 1989: Einfluss von Standortfaktoren auf den Kronenzustand. Air Pollution and Forest Decline, Proc. 14th IUFRO Meeting in Interlaken, Birmensdorf 1989, p. 209-214.
- NEUMANN M. und STEMBERGER A., 1990: Über Ausmaß und Verteilung der Mortalität: Gegenüberstellung der Waldzustandsinventur mit früheren Untersuchungen. Centralblatt f.d. ges. Forstwesen 107.Jg., p.63-99.
- PELZ E. und MATERNA J., 1964: Beiträge zum Problem der individuellen Rauchhärte. Archiv f. Forstwesen Nr.13, p.177-210.
- POLLANSCHÜTZ J., 1987: Periodische Luftbildinventur - ein Teilprojekt des österreichischen Waldschaden-Beobachtungssystems. Österr. Forstzeitung 98.Jg. Heft 7, p.74-76.
- POLLANSCHÜTZ J. und NEUMANN M., 1987a: Leichte Besserung bei den Nadelbäumen. Österr.Forstzeitung 98.Jg., Heft 11, p.16-18.
- POLLANSCHÜTZ J. und NEUMANN M., 1987b: Waldzustandsinventur 1985 und 1986. Gegenüberstellung der Ergebnisse. FBVA-Berichte, Heft 23.
- POLLANSCHÜTZ J. und NEUMANN M., 1988: Taxationshilfe für Kronenzustandserhebungen. Österr. Forstzeitung 99.Jg. Heft 6, p.27-37.

SCHMID-HAAS, 1985: Der Gesundheitszustand des Schweizer Waldes 1984. Schweizer Zeitschrift Forstwesen 136.Jg., p. 251-273.

SCHÖGGL W., 1989: Zonierung der Schwefelbelastung aufgrund der Schwefelgehalte in Fichtennadeln unter Berücksichtigung der orografischen und meteorologischen Verhältnisse. In: Air Pollution and Forest decline, Volume II, Proc. 14th IUFRO-Meeting in Interlaken, Birmensdorf 1989, p. 514-516.

SCHÖPFER W. und HRADEZKY J., 1984: Analyse der Bestockungs- und Standortmerkmale der terrestrischen Waldschadensinventur Baden-Württemberg 1983. Mitteilungen der Forstl. Versuchs- und forschungsanstalt Baden-Württemberg, Heft 110.

SCHÖPFER W., 1986: Verstärkte Waldschäden durch Radioaktivität? Allg. Forstzeitschrift, 41.Jg., p.95-98.



FBVA-BERICHTE
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien

- 1988 27 **Smidt, Stefan:** Messungen der nassen Deposition in Österreich. Meßstellen, Jahresmeßergebnisse, Literatur.
Preis ÖS 80.-- 72 S.
- 1988 28 **Forum Genetik-Wald-Forstwirtschaft.** Bericht über die 5. Arbeitstagung von 6. bis 8. Oktober 1987. Innsbruck.
Preis ÖS 200.-- 192 S.
- 1988 29 **Krissl, Wolfgang; Müller, Ferdinand:** Mischwuchsregulierung von Fichte und Buche in der Jungwuchsphase.
Preis ÖS 50.-- 52 S.
- 1988 30 **Marcu, Gheorge; Tomiczek, Christian:** Eichensterben und Klimastress. Eine Literaturübersicht.
Preis ÖS 30.-- vergriffen 28 S.
- 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.

