

F B V A - B E R I C H T E
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt

Nr. 63

1992

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

FDK 160.201:181.45:174.7:176.1:(436)

von
A. Fürst

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



Copyright by
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

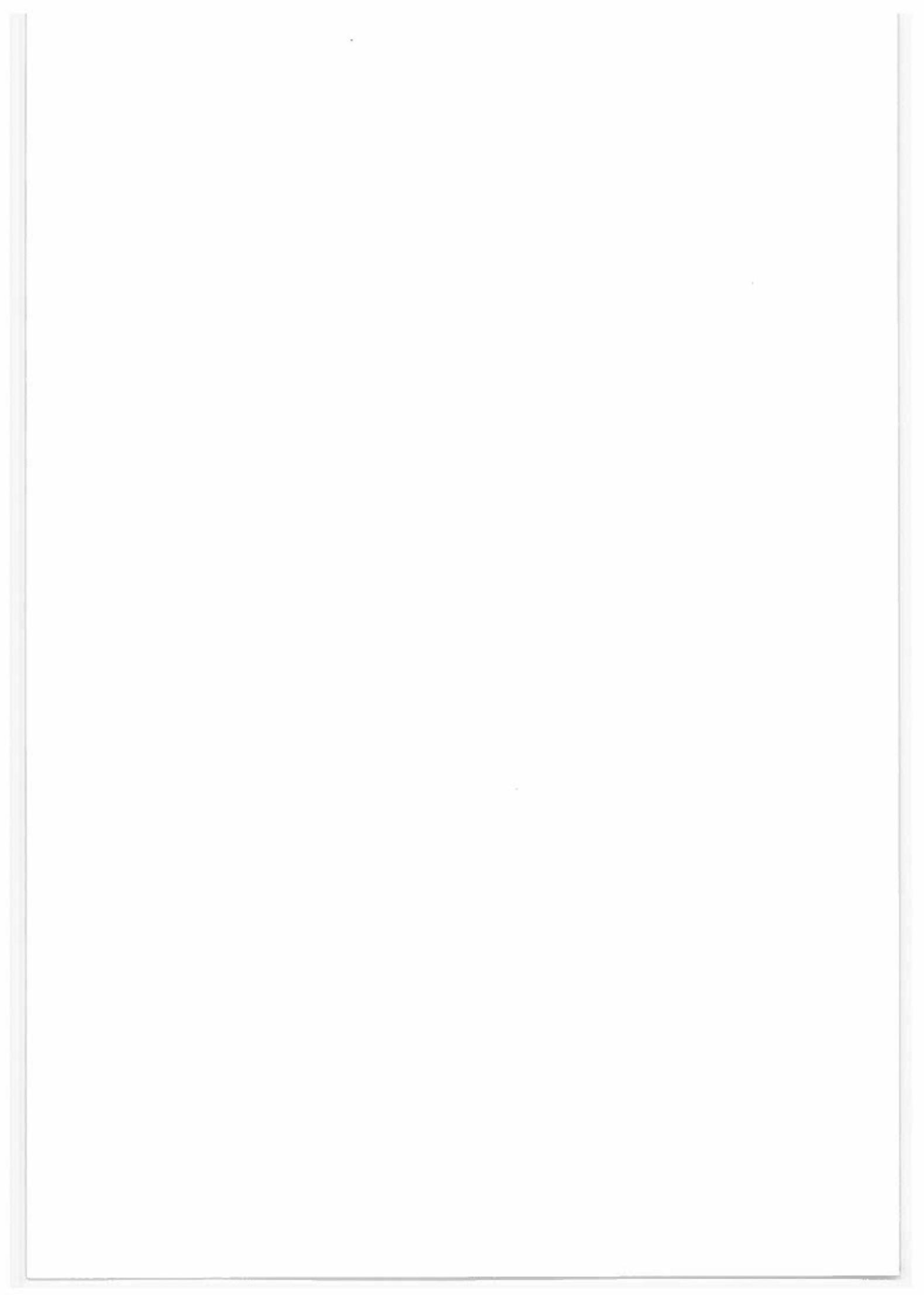
Nachdruck mit Quellenangabe gestattet

Printed in Austria

Herstellung und Druck
Forstliche Bundesversuchsanstalt
A - 1131 Wien

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

| | Seite |
|--|-----------|
| 1 EINLEITUNG | 5 |
| 2 METHODIK | 6 |
| 2.1 Auswahl der Blatt- und Nadelprobetypen | 6 |
| 2.2 Probenahme | 6 |
| 2.3 Probenvorbereitung und Analyse | 7 |
| 3 ERGEBNISSE UND DISKUSSION | 7 |
| 3.1 Schwefel | 7 |
| 3.2 Makronährstoffe | 11 |
| 3.2.1 Stickstoff | 11 |
| 3.2.2 Phosphor | 13 |
| 3.2.3 Kalium | 15 |
| 3.2.4 Calcium | 15 |
| 3.2.5 Magnesium | 18 |
| 4 ZUSAMMENFASSUNG | 18 |
| 5 AUSBLICK | 19 |
| 6 LITERATUR | 21 |
| ABBILDUNGEN | 23 |



1 Einleitung

Zur Beurteilung des Waldzustandes im allgemeinen und speziell hinsichtlich der potentiellen Gefährdung wurden in den Jahren 1987 und 1988 auf dem Jahresnetz 1981 der Österreichischen Forstinventur (ÖFI) auf allen auf Wald gelegenen Trakthauptpunkten permanente Dauerbeobachtungsflächen eingerichtet. Das Österreichische Waldschaden-Beobachtungssystem (WBS) orientiert sich am "International Cooperative Programme for the Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests in the ECE-Region". Auf 534 Flächen werden, je nach den örtlichen, bestandesstrukturellen Gegebenheiten, möglichst viele Einzeluntersuchungen kombiniert. Das WBS umfaßt derzeit (NEUMANN 1991):

- periodische bodenkundliche und vegetationskundliche Erhebungen (Ersterhebung 1988/89; Wiederholung alle 5-10 Jahre),
- Kronenzustandserhebung und Erfassung der Bestandesschäden auf allen Probeflächen sowie Kronenzustandserfassung und Erhebung spezieller Merkmale an identifizierbaren Einzelbäumen in Beständen mit einsehbaren Kronen (Ersterhebung 1988; jährliche Wiederholung),
- forstpathologische Untersuchungen auf ausgewählten Beobachtungsflächen (ab 1989),
- das Studium von Zeitreihen meteorologischer und klimatologischer Parameter aus forstökologischer Sicht (ab 1989),
- Grundlagenlagenuntersuchungen zu Fragen der Zuwachsveränderung (ab 1989),
- eine regionale integrale Schadstoffmessung (SO_2 , NO_x und O_3) mit Meßkerzen bzw. Papieren (ab 1990),
- gebietsweise flächendeckende Luftbildinventuren (ab 1991; Wiederholung alle 5 Jahre) und

- die Analyse von Blatt- und Nadelproben auf den Gehalt von Schwefel und Hauptnährälementen (Ersterhebung 1989; jährliche Wiederholung).

Die Schwefel-, Stickstoff-, Phosphor-, Kalium-, Calcium- und Magnesiumergebnisse der blatt- und nadelanalytischen Untersuchung der Proben der Ersterhebung 1989 werden in diesem Bericht dargestellt.

2 Methodik

2.1 Auswahl der Blatt- und Nadelprobetäume

Auf allen 534 Waldtrakten des systematischen ÖFI-Netzes 1981 ($8,7 \times 8,7$ km Raster) wurden WBS-Flächen eingerichtet. Davon wurden bei 320 Flächen je 3 Bäume für die Blatt- und Nadelprobennahme markiert. Um die Lage der permanenten Aufnahmepunkte der ÖFI nicht sichtbar zu machen und um die Ergebnisse der Beobachtungsflächen nicht durch die jährliche Probenahme zu beeinflussen, wurden Bäume außerhalb der WBS-Fläche mit einem Mindestabstand von 17,9 m und einem Maximalabstand von 50 m vom jeweiligen Flächenmittelpunkt ausgewählt. Weitere Auswahlkriterien waren:

- gleiche Exposition und gleiche Standortsbedingungen für die Indikatorbäume und den Flächenmittelpunkt;
- vorherrschende oder herrschende Bäume;
- älter als 60 Jahre;
- keine Randbäume;
- keine Bäume mit groben mechanischen Schäden;
- Erreichbarkeit und Besteigbarkeit der Bäume.

2.2 Probenahme

Die Probenahme erfolgte durch die Landesforstdienste gemäß den

Bestimmungen der zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen. Von den ursprünglich 320 ausgewählten Probe flächen konnte im Jahr 1989 nur auf 289 Flächen Probenmaterial entnommen werden (s. Abbildung 1), davon waren 257 Fichten-, 18 Kiefern-, 4 Tannen-, 4 Buchen-, 4 Eichen- und 2 Zirbenflächen. Die Probetäume der 31 nicht beernteten Flächen konnten nicht bestiegen oder von den Entnahmegruppen nicht aufgefunden werden. Insgesamt wurden 1989 1686 Blatt- und Nadelproben entnommen.

2.3 Probenvorbereitung und Analyse

Die Proben wurden ungewaschen bei 80°C im Umlufttrockenschrank getrocknet, von den Holzteilen befreit, anschließend gemahlen und vor der Analyse bei 105°C nachgetrocknet.

Die Schwefelanalysen wurden nach einem Verbrennungsverfahren mit nachfolgender IR-Absorptionsmessung durchgeführt (FÜRST 1987). Die Bestimmung des Stickstoffgehaltes erfolgte nach Kjeldahl. Für die Bestimmung von Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium wurde die Probe mit einem Schwefelsäure/Salpetersäuregemisch (HENSCHLER 1988) aufgeschlossen. Phosphor wurde als Molybdänblau photometrisch (ZIMMERMANN 1953), Kalium, Calcium und Magnesium mittels FAAS bestimmt. Die Richtigkeit der Analyse wurde mit dem Standardreferenzmaterial CRM 101 "Spruce Needles" des Eichamtes der EG (MAIER et al. 1989) - für die Elemente Schwefel, Stickstoff, Phosphor, Calcium und Magnesium - und mit dem NIES Material "Tea Leaves" der Environment Agency of Japan (OKAMOTO und FUWA 1987) - für das Element Kalium - überprüft und bestätigt.

3 Ergebnisse und Diskussion

3.1 Schwefel

Die in der Tabelle 1 ausgewiesenen minimalen, maximalen und mittleren Schwefelgehalte der $n \leq 3$ Probetäume konnten auf den

Tabelle 1: minimalen, maximalen und mittleren Schwefelgehalte
der $n \leq 3$ Probetäume auf den 289 WBS-Indikatorflächen

Nadelbäume:

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

Laubbäume:

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

Tabelle 2: Grenzen für die Klassifizierung der Schwefelgehalte
der Nadeljahrgänge 1 und 2

| Klasse | % S im Nadeljahrgang | |
|--------|----------------------|----------------|
| | 1 | 2 |
| 1 | < 0.081 | < 0.101 |
| 2 | 0.081 - 0.110* | 0.101 - 0.140* |
| 3 | 0.111 - 0.150 | 0.141 - 0.190 |
| 4 | > 0.150 | > 0.190 |

* Grenzwerte der zweiten Verordnung gegen
forstschädliche Luftverunreinigungen

289 WBS-Indikatorflächen getrennt nach Baumarten festgestellt werden.

Zur Beurteilung, ob auf einzelnen Flächen Schwefelimmissions-einwirkungen vorliegen, wurden die Schwefelwerte der Fichten- und Kiefernflächen zuerst Klassen - analog zum Bioindikatornetz (STEFAN 1991a) - mit den in der Tabelle 2 angeführten Grenzen zugeordnet. Mit der Summe der Klassenwerte für den Nadeljahrgang 1 und den Nadeljahrgang 2 wurde dann die Gesamtklassifikation vorgenommen, wobei die in der Tabelle 3 angeführten Grenzen der Klassensummen verwendet wurden. Die Zuordnung in die Gesamtklassifikationen bei den Buchenflächen erfolgte nach dem in Tabelle 4 dargestellten Schlüssel.

Bei den Gesamtklassifikationen 3 und 4 ist eine SO₂-Immissions-einwirkung durch die Überschreitung der maximalen natürlichen Schwefelgehalte nachgewiesen. Für die Baumarten Eiche, Zirbe und Tanne ist derzeit eine Klassifizierung mangels Beurteilungswerten nicht möglich.

Die Häufigkeitsverteilung der Schwefelgesamtklassifikationen der 1989 bearbeiteten WBS-Flächen mit Indikatorbäumen (Fichte, Kiefer, Buche) in den einzelnen Bundesländern ist aus der Tabelle 5 ersichtlich. In den Bundesländern Burgenland (5 von 6), Kärnten (10 von 29), Niederösterreich (26 von 67), Oberösterreich (13 von 37), Steiermark (27 von 85) und Tirol (2 von 29) konnten Überschreitungen der Verordnungsgrenzwerte festgestellt werden. Von den 279 Flächen wiesen 29,7 Prozent die Gesamtklassifikationen 3 oder 4 (Schwefelgehalt größer Grenzwert), 68,1 Prozent die Gesamtklassifikation 2 und 2,2 Prozent die Gesamtklassifikation 1, bei der Schwefelimmissionseinwirkungen nach den Ergebnissen der Blatt- und Nadelanalysen auszuschließen sind, auf. Ein direkter Vergleich der prozentuellen Anteile der Punkte in den einzelnen Klassen mit den Ergebnissen des Bioindikatornetzes ist ebenso nicht möglich, wie eine direkte Umlegen dieses prozentuellen Ergebnisses zur Bestimmung der immissionsbeeinflußten Waldfläche (FÜRST 1991).

Die räumliche Verteilung der Punkte mit ihren Schwefelklassifikationen ist aus Abbildung 2 ersichtlich. Zu Schwefelgrenzwert-überschreitungen kam es vor allem im Bereich des Mühl- und Wald-

Tabelle 3: Grenzen für die Schwefel-Gesamtklassifikation anhand der Klassensummen der Nadeljahrgänge 1 und 2

| Gesamt-klassifikation | Summe der Klassenwerte der NJ 1 + 1 |
|-----------------------|--|
| 1 | 2 |
| 2 | 3 und 4 |
| 3 | 5 und 6 |
| 4 | 7 und 8 |

Tabelle 4: Grenzen für die Schwefel-Gesamtklassifikation der Buchenflächen

| Gesamt-klassifikation | % S |
|-----------------------|---------|
| 2 | < 0.080 |
| 3 | > 0.080 |

Tabelle 5: Häufigkeitsverteilung der Schwefel-Gesamtklassifikationen der 1989 bearbeiteten 279 WBS-Indikatorflächen

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

viertels, im Donauraum, in der Mur-Mürzfurche, im südsteirischen Hügelland, im Lavanttal und im Raum Arnoldstein. Diese Verteilung deckt sich zum Teil mit den Ergebnissen des wesentlich dichteren Bioindikatornetzes (STEFAN 1991a), einzelne Immisionsgebiete werden allerdings aufgrund des größeren Gitterabstandes beim WBS-Netz nicht oder nur teilweise erfaßt (z.B. Inntal oder Radenthein).

3.2 Makronährstoffe

Im Hinblick auf die Nährstoffversorgung und Störungen des Nährelementhaushalts in Zusammenhang mit Immissionseinwirkungen, z.B. auf Grund einer leichteren Auswaschbarkeit oder von erhöhten Stickstofffeinträgen (BOSCH et al. 1983; HÜTTL 1985 und 1987; REEMTSMA 1986; REHFUESS 1983; ZECH und POPP 1983; ZÖTTL und MIES 1983; ZÖTTL und HÜTTL 1985) – werden in den Proben des WBS-Netzes im jüngsten Nadeljahrgang auch die Hauptnährelemente Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium und Magnesium bestimmt.

Zur Beurteilung der Makronährstoffversorgung der Fichten und Kiefern ($n=275$ Flächen) wurden die in den Tabellen 6 und 7 dargestellten Beurteilungswerte des Nadeljahrganges 1 verwendet (GUSSONE 1964).

3.2.1 Stickstoff

Wie aus der Abbildung 3 ersichtlich kommt es bei über 91% aller untersuchten Fichten- und Kiefernflächen zu einer Stickstoffunterversorgung (nicht ausreichende Versorgung oder Mangel); über 45% wiesen sogar eine mangelhafte Versorgung auf. Stickstoff ist somit jener Makronährstoff, mit dem die Probearäume auf den untersuchten Flächen am schlechtesten versorgt sind. Bei Betrachtung der Bundesländergebnisse (s. Tabelle 8 und Abbildung 5) fällt auf, daß das Bundesland Oberösterreich den geringsten Anteil an Punkten mit mangelhafter Stickstoffversorgung aufweist (nur rund 17%). Die Bundesländer Burgenland, Tirol und Kärnten weisen hingegen die höchsten Anteile an Stickstoffmängelpunkten auf. In der Abbildung 7 ist die Stickstoffversorgung lagemäßig

Tabelle 6: Beurteilungswerte für die Nährstoffversorgung der Fichtenflächen nach GUSSONE 1964

| Versorgung | %N | %P | %K | %Ca | %Mg |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| mangelhaft | $\leq 1,30$ | $\leq 0,11$ | $\leq 0,33$ | $\leq 0,10$ | $\leq 0,07$ |
| nicht ausreichend | 1,31 - 1,50 | 0,12 - 0,13 | 0,34 - 0,42 | 0,11 - 0,36 | 0,08 - 0,11 |
| ausreichend | > 1,50 | > 0,13 | > 0,42 | > 0,36 | > 0,11 |

Tabelle 7: Beurteilungswerte für die Nährstoffversorgung der Kiefernflächen nach GUSSONE 1964

| Versorgung | %N | %P | %K | %Ca | %Mg |
|-------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--------|
| mangelhaft | $\leq 1,30$ | $\leq 0,11$ | $\leq 0,42$ | $\leq 0,05$ | - |
| nicht ausreichend | 1,31 - 1,60 | 0,12 - 0,13 | 0,43 - 0,50 | 0,06 - 0,29 | - 0,06 |
| ausreichend | > 1,60 | > 0,13 | > 0,50 | > 0,29 | > 0,06 |

Tabelle 8: Grad der Stickstoffversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Bundesländergebnisse 1989

| Versorgung (n) | B (6) | K (29) | N (64) | O (35) | S (21) | St (85) | T (29) | V (6) |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|
| mangelhaft (126) | 4 | 17 | 24 | 6 | 7 | 46 | 19 | 3 |
| nicht ausreichend (126) | 1 | 11 | 32 | 23 | 12 | 35 | 10 | 2 |
| ausreichend (23) | 1 | 1 | 8 | 6 | 2 | 4 | 0 | 1 |

dargestellt. Es zeigt sich, daß Punkte mit besserer Stickstoffversorgung gehäuft im Mühl- und Waldviertel im Donauraum und im Alpenvorland auftreten, während Punkte mit schlechterer Stickstoffversorgung südlich davon liegen.

Da nach der lagemäßigen Darstellung der Stickstoffgehalte zum Teil erhebliche Unterschiede zwischen Teilen des Bundesgebietes, aber auch innerhalb eines Bundeslandes bestehen (z.B.: Niederösterreich), die offenbar mit geologischen und teilweise mit klimatischen Gegebenheiten zusammenhängen, wurde das Datenmaterial auch nach Wuchsgebieten (s. Abbildung 4) ausgewertet (NATHER 1991). Diese Ergebnisse sind in der Tabelle 9 und prozentuell in der Abbildung 6 ausgewiesen. Sehr deutlich zeigen die Wuchsgebiete 5 und 6 (Alpenvorland bzw. Mühl- und Waldviertel) den höchsten Anteil an Flächen mit ausreichender Stickstoffversorgung, während die Wuchsgebiete 1 und 8 (Innenalpen bzw. SO-Alpenrand und Alpenzwischenzone Kärntens) den höchsten Anteil an Flächen mit Stickstoffmangel aufweisen.

Damit entspricht die räumliche Verteilung der Stickstoffversorgung der WBS-Erhebung im wesentlichen jener Verteilung, die bei der Bioindikatornetzuntersuchung festgestellt werden konnte (STEFAN 1991b).

3.2.2 Phosphor

Phosphor ist jener Makronährstoff mit der zweithöchsten Anzahl an Mangelpunkten, insgesamt weisen 10% der untersuchten Flächen Phosphormangel auf (s. Abbildung 3); hingegen zeigt Phosphor auch den zweitbesten Versorgungsgrad der fünf Makronährstoffe, weil fast 70% der untersuchten Punkte eine ausreichende Versorgung aufweisen. Die meisten Phosphormangelpunkte (s. Tabelle 10 und Abbildung 8) liegen im Bundesland Niederösterreich (13 Flächen), gefolgt von der Steiermark (8 Flächen). Betrachtet man die lagemäßige Verteilung der Phosphormangelpunkte (Abbildung 10) ist eine Häufung im Grenzgebiet zwischen Ober- bzw. Niederösterreich zur Steiermark erkennbar. Diese Häufung der Phosphormangelpunkte dürfte mit bodenchemischen Bedingungen (nördlicher Kalkalpenbereich) zusammenhängen.

Auch die Auswertung nach Wuchsgebieten (s. Tabelle 11 und Abbil-

Tabelle 9: Grad der Stickstoffversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Ergebnisse 1989 nach Wuchsgebieten

| Versorgung (n) | 1 (71) | 2 (68) | 3 (30) | 4 (18) | 5 (8) | 6 (33) | 7 (22) | 8 (25) |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| mangelhaft (126) | 40 | 37 | 13 | 5 | - | 3 | 10 | 18 |
| nicht ausreichend (126) | 30 | 28 | 14 | 12 | 4 | 23 | 9 | 6 |
| ausreichend (23) | 1 | 3 | 3 | 1 | 4 | 7 | 3 | 1 |

Tabelle 10: Grad der Phosphorversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Bundesländergebnisse 1989

| Versorgung (n) | B (6) | K (29) | N (64) | O (35) | S (21) | St (85) | T (29) | V (6) |
|------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|
| mangelhaft (30) | 0 | 3 | 13 | 2 | 1 | 8 | 2 | 1 |
| nicht ausreichend (54) | 1 | 5 | 12 | 5 | 4 | 16 | 9 | 2 |
| ausreichend (191) | 5 | 21 | 39 | 28 | 16 | 61 | 18 | 3 |

Tabelle 11: Grad der Phosphorversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Ergebnisse 1989 nach Wuchsgebieten

| Versorgung (n) | 1 (71) | 2 (68) | 3 (30) | 4 (18) | 5 (8) | 6 (33) | 7 (22) | 8 (25) |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| mangelhaft (30) | 1 | 14 | 8 | 1 | 1 | - | 3 | 2 |
| nicht ausreichend (54) | 8 | 16 | 9 | 4 | 1 | 3 | 5 | 8 |
| ausreichend (191) | 62 | 38 | 13 | 13 | 6 | 30 | 14 | 15 |

dung 9) zeigt - wie erwartet - eine Häufung der Phosphormangelpunkte in den Wuchsgebieten 2 und 3 (nördliche Alpenzwischenzone bzw. NO-Alpenrand).

3.2.3 Kalium

Über 92% der untersuchten Flächen weisen eine ausreichende Kaliumversorgung auf; nur auf vier Flächen konnte ein Kaliummangel festgestellt werden. Auf Bundesländerebene ergab sich die in Tabelle 12 und Abbildung 11 dargestellte Verteilung. Bei einer wuchsgebietsweisen Auswertung konnte festgestellt werden (s. Tabelle 13 und Abbildung 12), daß die vier Flächen mit Kaliummangel in den Wuchsgebieten 1, 2 und 5 (Innenalpen; nördliche Zwischenalpenzone; Alpenvorland) liegen, wobei die prozentuell schlechteste Kaliumversorgung im Wuchsgebiet 5 festzustellen war, wo 3 von 8 Punkten eine Kaliumunterversorgung (nicht ausreichende Versorgung oder Mangel) aufweisen. In der Abbildung 13 ist die räumliche Verteilung der Kaliumversorgung dargestellt.

3.2.4 Calcium

Im Gegensatz zu den übrigen Nährlementen kam es bei Calcium auf den untersuchten Flächen zu keinem Mangel. Auf rund 64% der untersuchten Flächen konnte eine ausreichende Calciumversorgung nachgewiesen werden. Auf Bundesländerebene zeigte sich in Oberösterreich (60% nicht ausreichend) und in Salzburg (ca. 52% nicht ausreichend) die schlechteste Calciumversorgung. In den Bundesländern Burgenland (ca. 83% ausreichend), Vorarlberg (ca. 83% ausreichend) und Niederösterreich (ca. 78% ausreichend) konnte die beste Calciumversorgung nachgewiesen werden (s. Tabelle 14 und Abbildung 14).

Die Auswertung nach Wuchsgebieten ergab folgendes Ergebnis (s. Tabelle 15 und Abbildung 15):

Das Wuchsgebiet 5 (Alpenvorland) ist zu rund 63% ($n=8$) nicht ausreichend versorgt und die Wuchsgebiete 1 und 6 (Innenalpen; Mühl- und Waldviertel) sind zu rund 48% ($n=71$ bzw. $n=33$) nicht ausreichend versorgt. Diese Reihung nach Wuchsgebieten dürfte wie bei Phosphor geogen bedingt sein, weil die Bodentypen in

Tabelle 12: Grad der Kaliumversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Bundesländerergebnisse 1989

| Versorgung (n) | B (6) | K (29) | N (64) | O (35) | S (21) | St (85) | T (29) | V (6) |
|------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|
| mangelhaft (4) | - | 1 | 1 | 1 | - | 1 | - | - |
| nicht ausreichend (16) | - | 3 | 4 | 2 | 2 | 5 | - | - |
| ausreichend (255) | 6 | 25 | 59 | 32 | 19 | 79 | 29 | 6 |

Tabelle 13: Grad der Kaliumversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Ergebnisse 1989 nach Wuchsgebieten

| Versorgung (n) | 1 (71) | 2 (68) | 3 (30) | 4 (18) | 5 (8) | 6 (33) | 7 (22) | 8 (25) |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| mangelhaft (4) | 1 | 2 | - | - | 1 | - | - | - |
| nicht ausreichend (16) | 3 | 6 | 1 | - | 2 | 1 | - | 3 |
| ausreichend (255) | 67 | 60 | 29 | 18 | 5 | 32 | 22 | 22 |

Tabelle 14: Grad der Calciumversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Bundesländerergebnisse 1989

| Versorgung (n) | B (6) | K (29) | N (64) | O (35) | S (21) | St (85) | T (29) | V (6) |
|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|
| mangelhaft (0) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| nicht ausreichend (100) | 1 | 12 | 14 | 21 | 11 | 31 | 9 | 1 |
| ausreichend (175) | 5 | 17 | 50 | 14 | 10 | 54 | 20 | 5 |

Tabelle 15: Grad der Calciumversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Ergebnisse 1989 nach Wuchsgebieten

| Versorgung (n) | 1 (71) | 2 (68) | 3 (30) | 4 (18) | 5 (8) | 6 (33) | 7 (22) | 8 (25) |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|----|----|----|----|---|----|----|----|
| mangelhaft (0) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| nicht ausreichend (100) | 34 | 21 | 6 | 7 | 5 | 16 | 3 | 8 |
| ausreichend (175) | 37 | 47 | 24 | 11 | 3 | 17 | 19 | 17 |

Tabelle 16: Grad der Magnesiumversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Bundesländergebnisse 1989

| Versorgung (n) | B (6) | K (29) | N (64) | O (35) | S (21) | St (85) | T (29) | V (6) |
|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|
|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|----------|

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|---|----|----|----|----|----|----|---|
| mangelhaft (1) | - | - | 1 | - | - | - | - | - |
| nicht ausreichend (121) | 3 | 9 | 21 | 24 | 9 | 42 | 10 | 3 |
| ausreichend (153) | 3 | 20 | 42 | 11 | 12 | 43 | 19 | 3 |

Tabelle 17: Grad der Magnesiumversorgung der 275 Fichten und Kiefernflächen - Ergebnisse 1989 nach Wuchsgebieten

| Versorgung (n) | 1 (71) | 2 (68) | 3 (30) | 4 (18) | 5 (8) | 6 (33) | 7 (22) | 8 (25) |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|

| | | | | | | | | |
|-------------------------------|----|----|----|----|---|----|----|----|
| mangelhaft (1) | - | 1 | - | - | - | - | - | - |
| nicht ausreichend (121) | 28 | 28 | 11 | 11 | 4 | 16 | 9 | 14 |
| ausreichend (153) | 43 | 39 | 19 | 7 | 4 | 17 | 13 | 11 |

diesen Wuchsgebieten eher geringere Calciumgehalte aufweisen. Die räumliche Verteilung der Calciumversorgung ist in der Abbildung 16 dargestellt.

3.2.5 Magnesium

Nach Stickstoff weist Magnesium mit ca. 56% den geringsten Anteil an ausreichend versorgten Flächen auf (s. Abbildung 3). Auf Bundesländerebene weist Oberösterreich mit ca. 31% ausreichend versorgten Flächen das schlechteste Ergebnis auf; das beste Ergebnis konnte in Kärnten mit rund 69% ausreichend versorgten Flächen festgestellt werden (s. Tabelle 16 und Abbildung 17). Bei der Auswertung der Ergebnisse nach Wuchsgebieten zeigten die Wuchsgebiete 4 (NW-Alpenrand) mit rund 61% und 8 (SO-Alpenrand und Alpenzwischenzone Kärntens) mit 56% den höchsten Anteil an nicht ausreichend versorgten Flächen (s. Tabelle 17 und Abbildung 18).

Die räumliche Verteilung der Magnesiumversorgung ist in der Abbildung 19 dargestellt.

4 Zusammenfassung

Zur Beurteilung des Waldzustandes wurden auf den Waldtrakten des ÖFI-Netzes 1981 534 WBS-Flächen eingerichtet. Auf 320 Flächen wurden in den Jahren 1987 bzw. 1988 je 3 Bäume für die Blatt- und Nadelprobenahme markiert. Bei der ersten Probenahme im Herbst 1989 konnten von 289 Flächen Blatt- und Nadelproben entnommen werden.

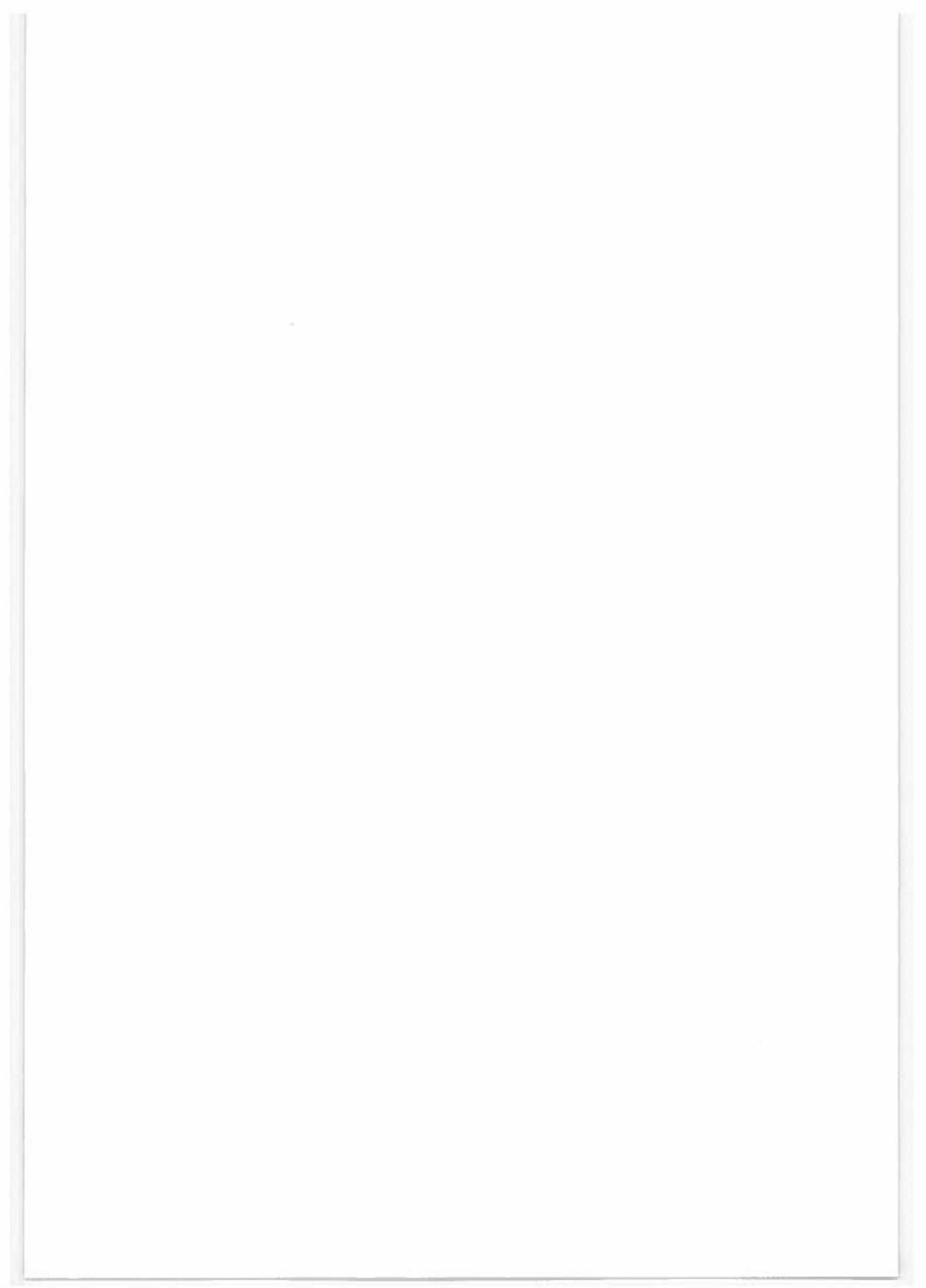
Bei Schwefel wiesen - von den 279 klassifizierbaren Fichten-, Kiefern- und Buchenflächen - 29,7 Prozent Grenzwertüberschreitungen nach der zweiten Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen auf (Gesamtklassifikationen 3 oder 4). 68,1 Prozent der Flächenmittelwerte lagen in der Klasse 2, und 2,2 Prozent zeigten die Gesamtklassifikation 1, bei der Schwefelimmissionseinwirkungen mit Sicherheit auszuschließen sind. Zu Schwefelgrenzwertüberschreitungen kam es vor allem im Bereich

des Mühl- und Waldviertels, im Donauraum, in der Mur-Mürzfurche, im südsteirischen Hügelland, im Lavanttal und im Raum Arnoldstein.

Beurteilungen der Nährelementversorgung konnten nur für die 275 Fichten- und Kiefernflächen vorgenommen werden. Bei Stickstoff waren nur rund 8%, bei Magnesium ca. 56% und bei Calcium ca. 64% der Flächen ausreichend versorgt. Stickstoffmangel (ca. 46%) war vor Phosphormangel (ca. 11%) der häufigste Mangeltyp. Die Kaliumversorgung lag bis auf wenige Ausnahmen im ausreichenden Bereich (ca. 93%). Bei Stickstoff konnte eine Häufung der ausreichend versorgten Flächen im Mühl- und Waldviertel im Donauraum und im Alpenvorland festgestellt werden. Bei Phosphor und Calcium konnte eine Verteilung festgestellt werden, die mit den Bodentypen zusammenhängen dürfte.

5 Ausblick

Die blatt- und nadelanalytischen Untersuchungen im Rahmen des WBS befinden sich erst im Stadium der aktuellen Beobachtung. Ein weiteres Ziel des WBS - neben der aktuellen Beobachtung und der zeitlichen Dokumentation - besteht darin, die Schädigungseinflüsse auch kausal zu erklären. Eine kausale Analyse ist im derzeitigen Erhebungsstadium noch problematisch, weil die Elementgehalte in Blatt- und Nadelproben jährlichen Schwankungen unterliegen, die eine exakte Beurteilung sowohl des Immissionseinflusses als auch des Ernährungszustandes des Baumes auf der Basis eines Einzeljahres erschweren. Es ist daher notwendig, einige Jahresergebnisse der blatt- und nadelanalytischen Untersuchungen abzuwarten, um die Qualität der Beurteilung verbessern zu können, bevor eine Verknüpfung dieser Daten mit den Ergebnissen von Bodenanalysen oder Kronenansprachen vorgenommen werden kann. Die Möglichkeit von kausalanalytischen Aussagen ist eine der Stärken der WBS-Erhebung, es ist daher zu erwarten, daß diese Verknüpfung von Einzelerhebungen künftig interessante Erkenntnisse liefern wird.



6 Literatur

- BOSCH Chr., PFANNKUCH E., BAUM U., REHFUESS K.E. (1983): Über die Erkrankung der Fichte (*Picea abies* Karst.) in den Hochlagen des Bayerischen Waldes. Forstw. Cbl. 102, 167-181
- FÜRST A., (1987): Schwefelbestimmung in Fichtennadelproben - ein Methodenvergleich - Fresenius Z.Anal.Chem. 328, 89-92.
- FÜRST A., (1991): Nachweis von Schwefelimmissionseinwirkungen auf Probeflächen des WBS mit Hilfe von Pflanzenanalysen. FBVA-Berichte Nr. 49/1991, 88-95.
- GUSSONE H.A. (1964): Faustzahlen für die Düngung im Walde. BLV-Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München-Basel-Wien 98S.
- HENSCHLER G. (1988): Analysen im biologischen Material. VCH Verlagsgesellschaft mbH Weinheim BRD, Bd.2, S 40- 42
- HÜTTL R.F. (1985): "Neuartige" Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen (*Picea abies* Karst.) in Südwestdeutschland. Freiburger Bodenkundl. Abh., 195 S.
- HÜTTL R.F. (1987): "Neuartige" Waldschäden, Ernährungsstörungen und Düngung. AFZ 12, 289-299
- MAIER E.A., MUNTAU H., GRIEPINK B. (1989): Certified reference materials - beech leaves and spruce needles - for the quality control in monitoring damage in forests by acid deposition - Fresenius Z. Anal. Chem. 335: 833-838.
- NATHER J. (1991): O.E.D.C. Scheme for the Control of Forest Reproductive Material in International Trade. O.E.D.C. Tagung Paris 1991.
- NEUMANN M., (1991): Waldschaden-Beobachtungssystem - einführender Überblick. FBVA-Berichte Nr. 49/1991, 7-13.
- OKAMOTO K., FUWA K. (1987): Preparation and certifikation of tea leaves reference material - Fresenius Z. Anal. Chem. 326: 622-626.
- REEMTSMA J.B. (1986): Der Magnesium-Gehalt von Nadeln niedersächsischer Fichtenbestände und seine Beurteilung. Allg. Forst- u. Jagdztg. 157, 10, 196-200
- REHFUESS K.E. (1983): Walderkrankungen und Immissionen - eine Zwischenbilanz. AFZ 38, 601-610

- STEFAN K., (1991a): Räumliche Verteilung der Schwefel-Immissionseinwirkungen nach den Ergebnissen des Österreichischen Bioindikatornetzes. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Nr. 166/1991, 213-223.
- STEFAN K., (1991b): Hinweise zur Ernährungssituation der Fichte in Österreich. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Nr. 166/1991, 225-247.
- ZECH W., POPP E. (1983): Magnesiummangel, einer der Gründe für das Fichten- und Tannensterben in NO-Bayern. Forstw. Cbl. 102, 50-55
- ZIMMERMANN M. (1953): Photometrische Metall- und Wasseranalysen. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH. Stuttgart BRD, B-a4(61)
- ZÖTTL H.W., MIES E. (1983): Die Fichtenerkrankung in den Hochlagen des Südschwarzwaldes. Allg. Forst- u. Jagdztg. 154, 110-114.
- ZÖTTL H.W., HÜTTL R.F. (1985): Schadsymptome und Ernährungszustand von Fichtenbeständen im südwestdeutschen Alpenvorland. AFZ 40, 197-199

ABBILDUNGEN

—
—

Abbildung 1:

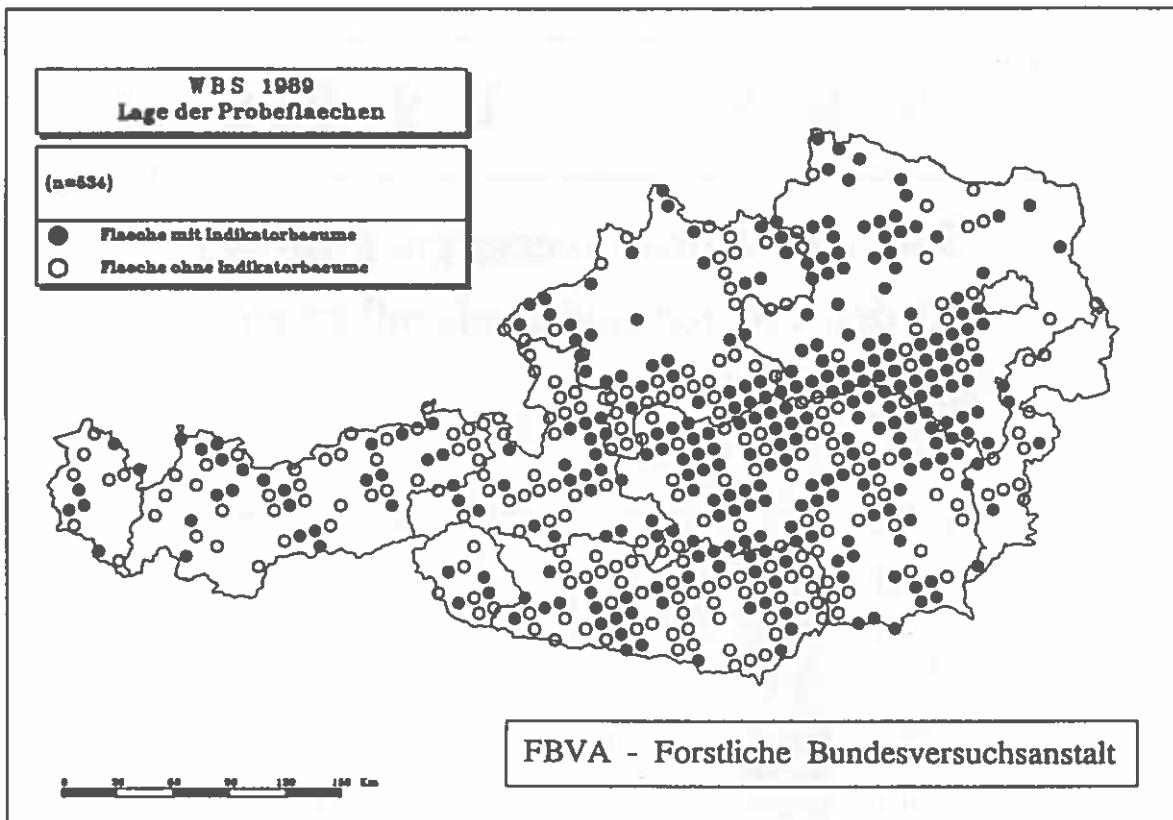


Abbildung 2:

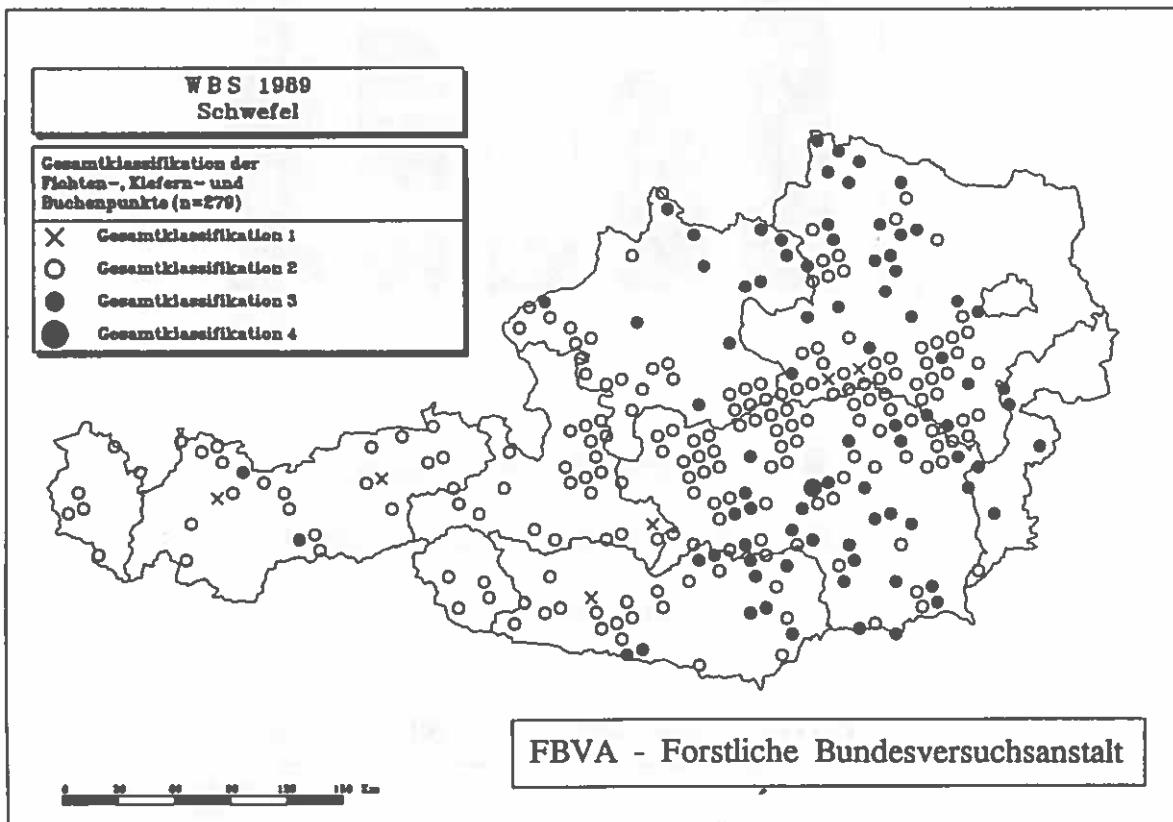


Abbildung 3:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Nährstoffversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen
(n=275)

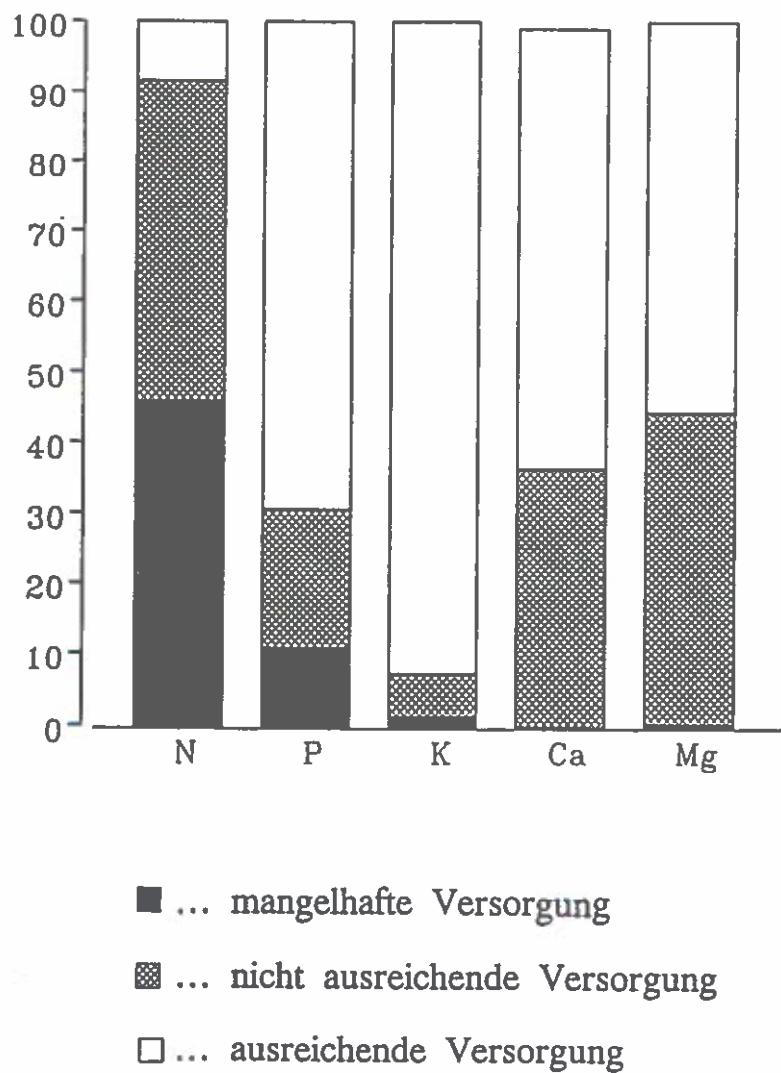


Abbildung 4:

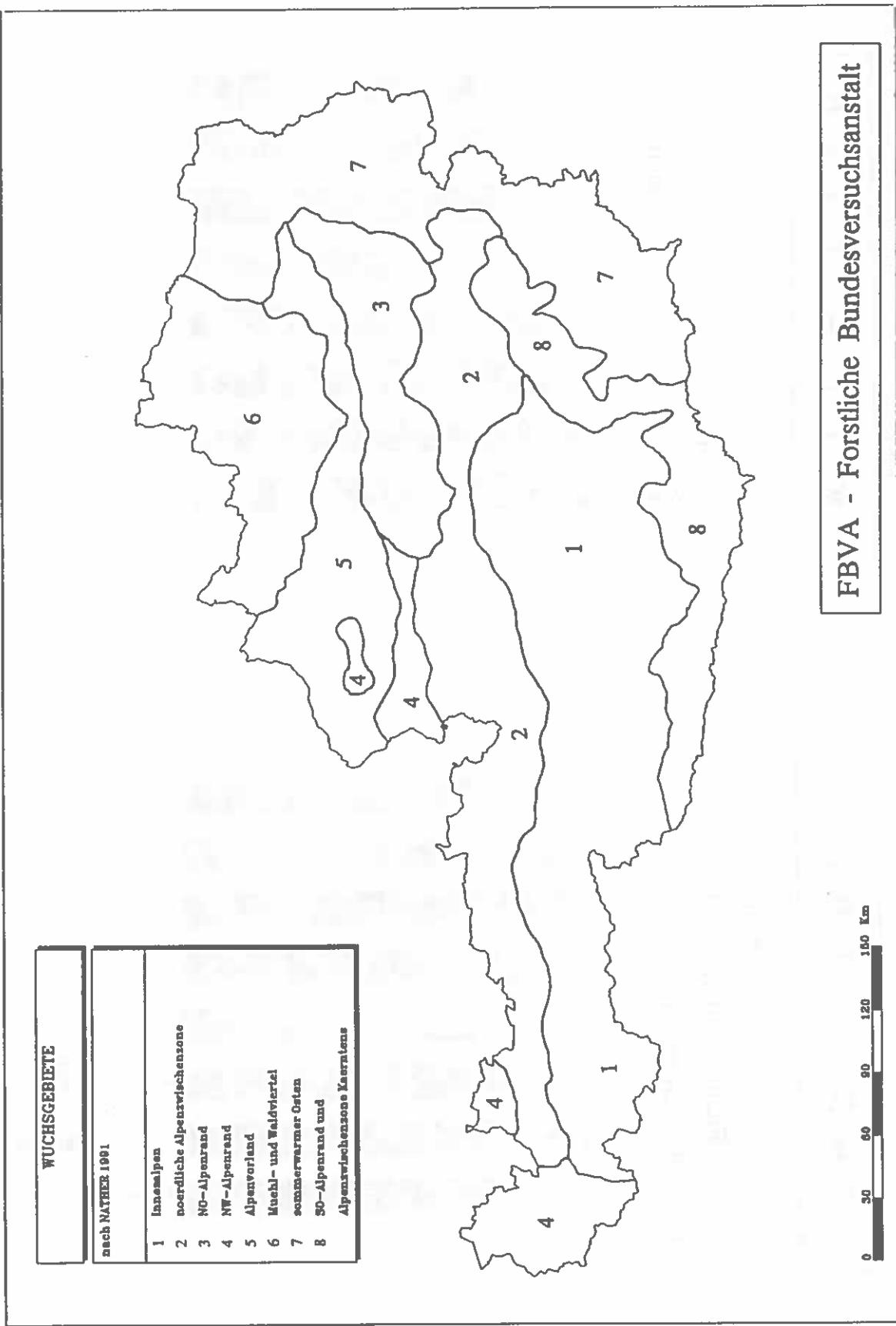


Abbildung 5:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Stickstoffversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Bundesländergebnisse

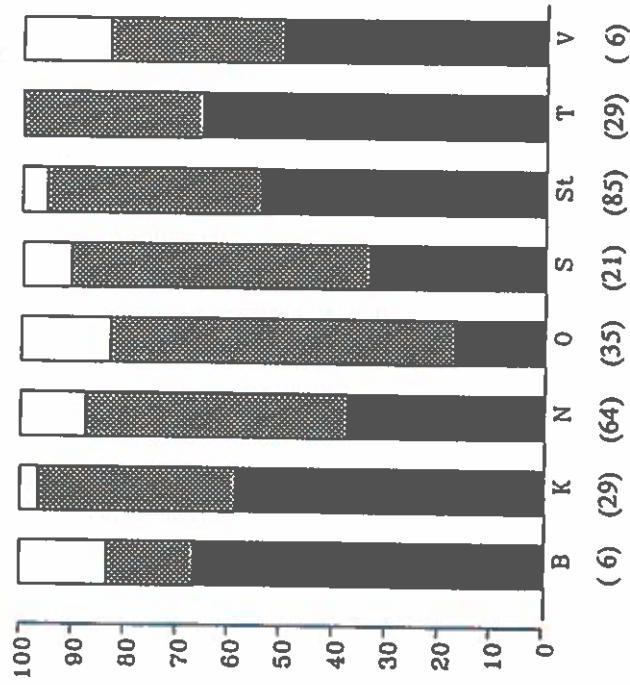
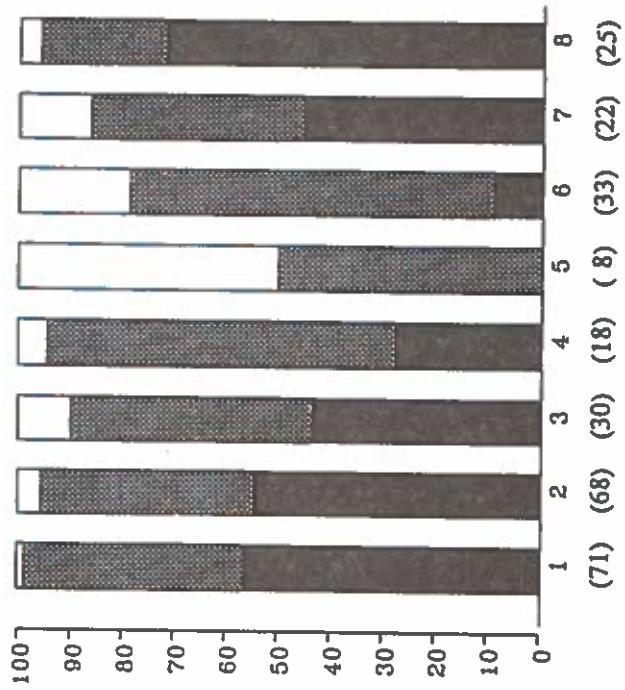


Abbildung 6:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Stickstoffversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Ergebnisse nach Wuchsgebieten



- ... mangelhafte Versorgung
- ... nicht ausreichende Versorgung
- ... ausreichende Versorgung

FBVA - Forstliche Bundesversuchsanstalt

Abbildung 7:

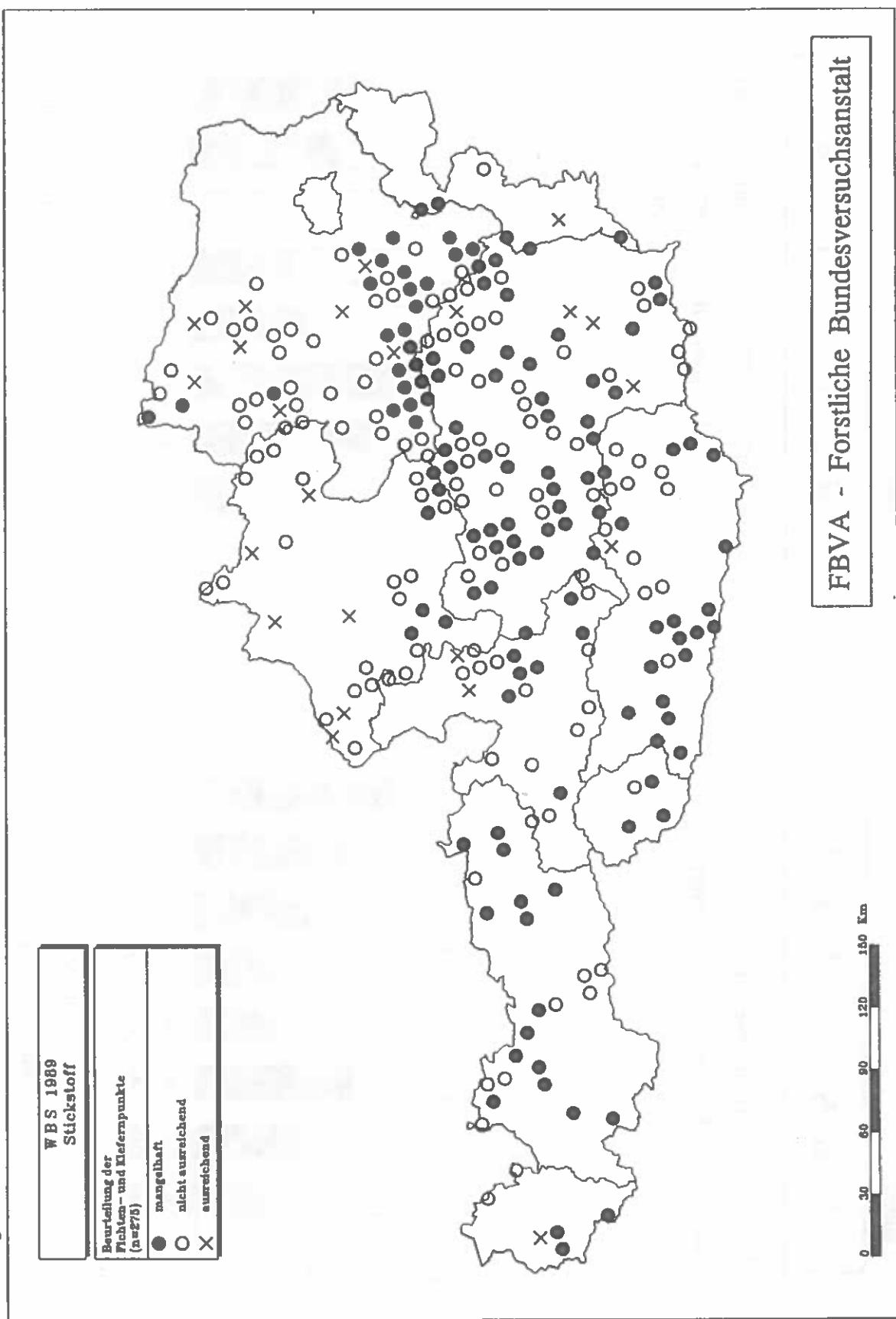
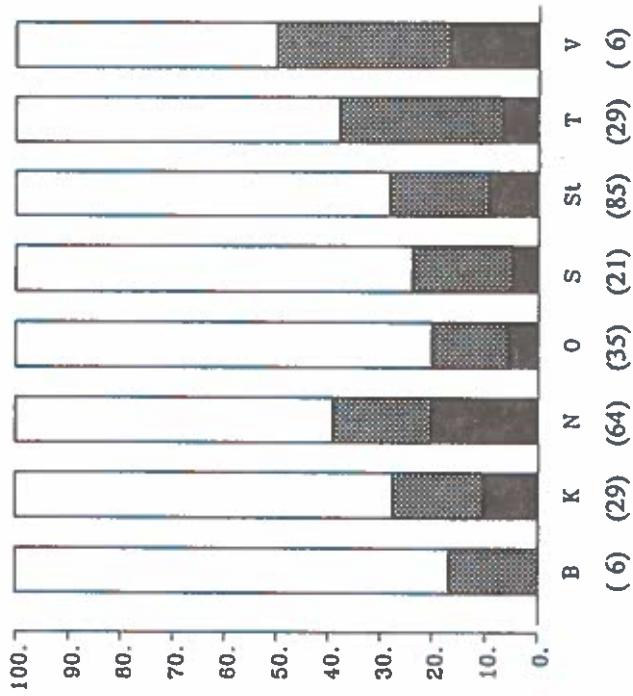


Abbildung 8:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Phosphorversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Bundesländergebnisse

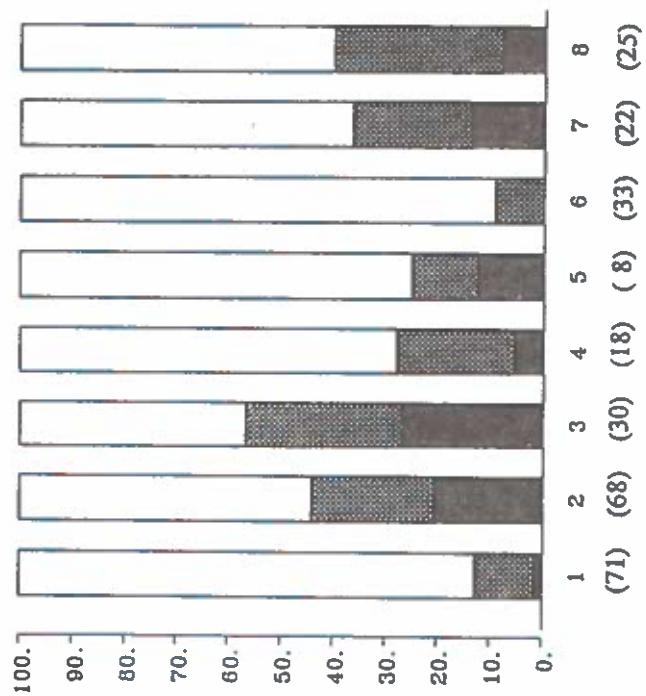


- ... ausreichende Versorgung
- ▨ ... nicht ausreichende Versorgung
- ... mangelhafte Versorgung

Abbildung 9:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Phosphorversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Ergebnisse nach Wuchsgebieten



FBVA - Forstliche Bundesversuchsanstalt

Abbildung 10:

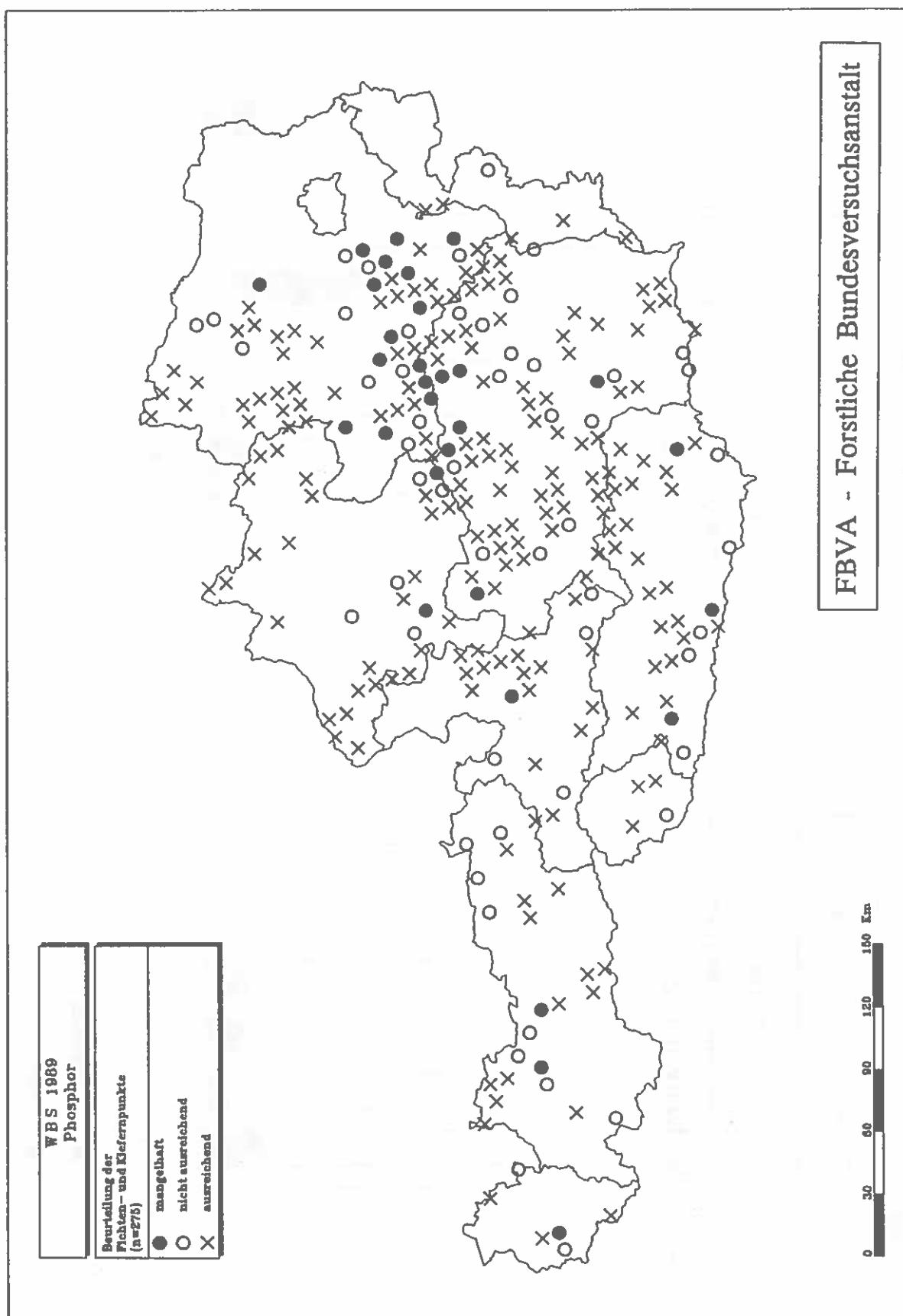


Abbildung 11:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Kaliumversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Bundesländergebnisse

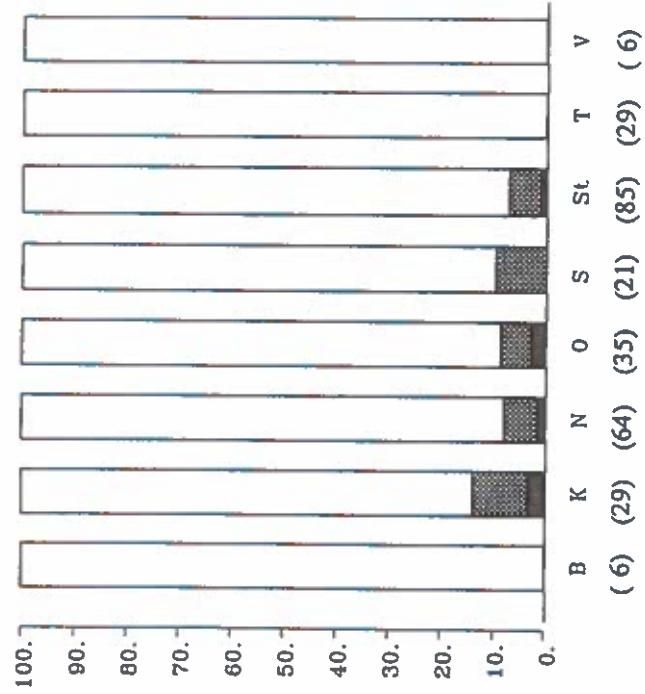
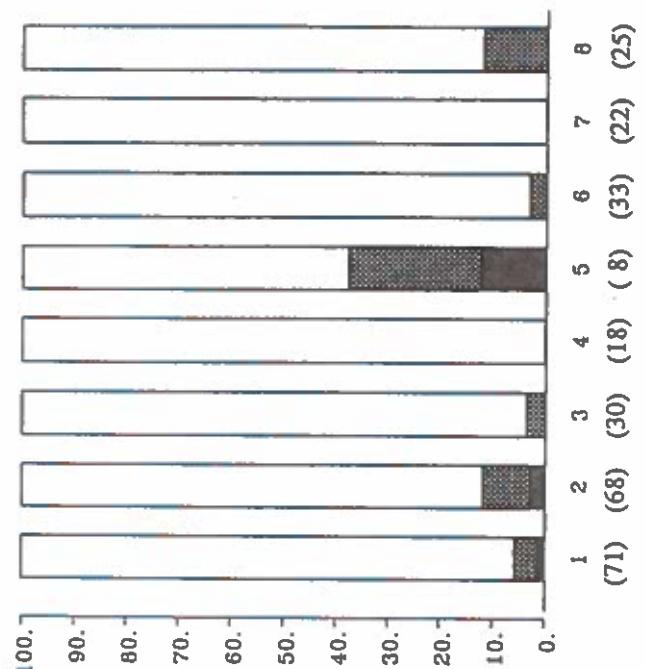


Abbildung 12:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Kaliumversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Ergebnisse nach Wuchsgebieten



- ... mangelhafte Versorgung
- ... nicht ausreichende Versorgung
- ... ausreichende Versorgung

FBVA - Forstliche Bundesversuchsanstalt

Abbildung 13:

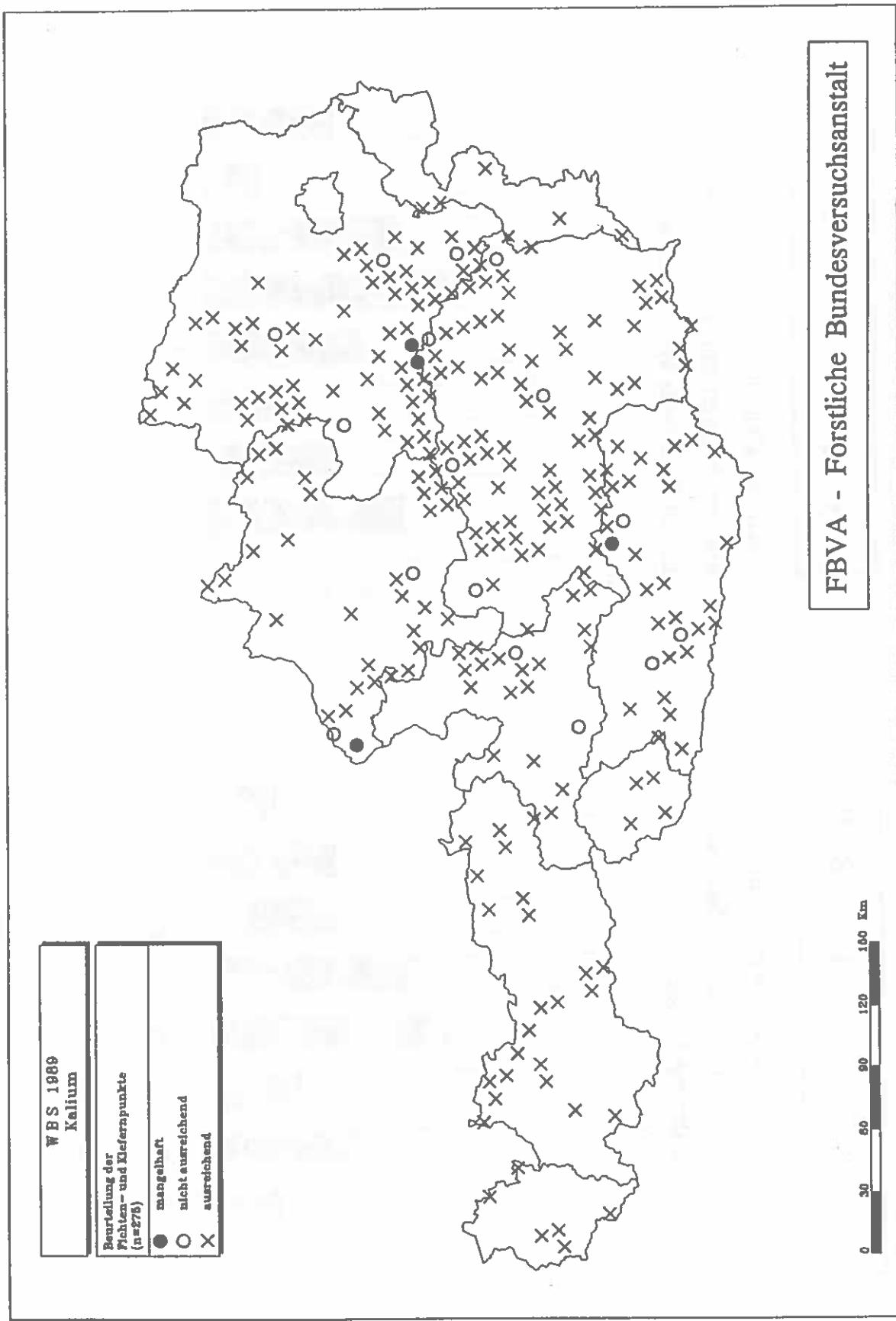


Abbildung 14:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Calciumversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Bundesländergebnisse

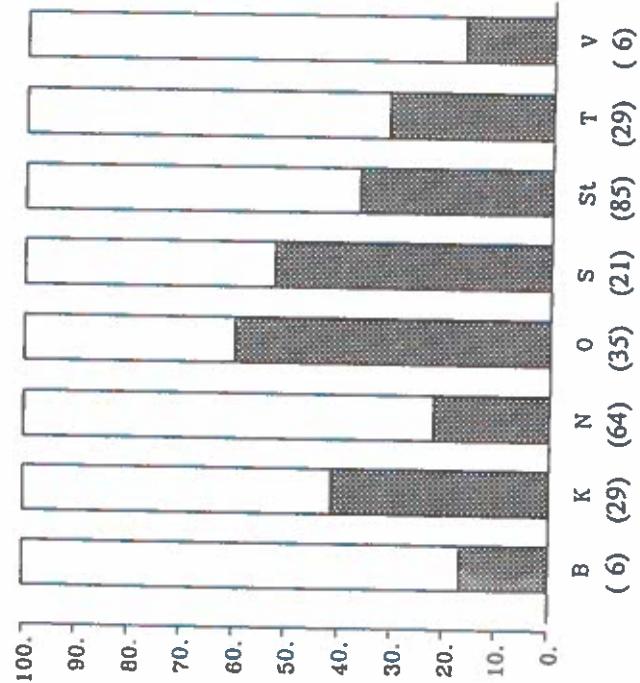
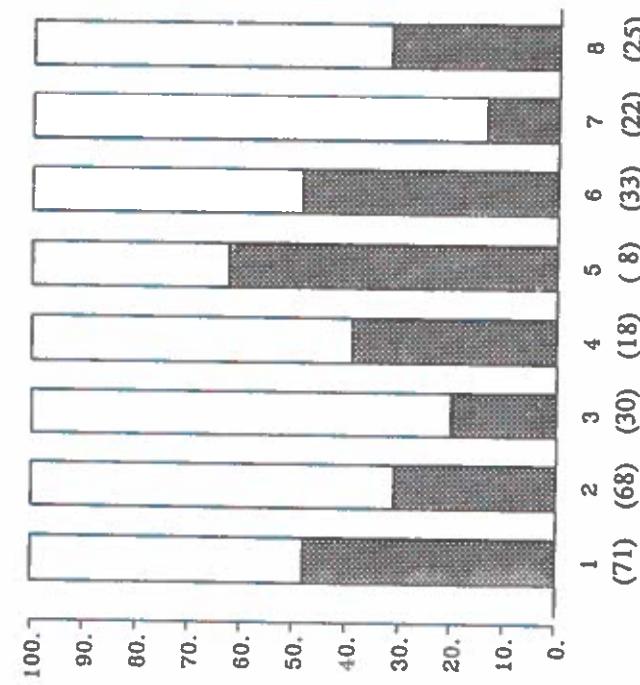


Abbildung 15:

W B S - 1 9 8 9

Grad der Calciumversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Ergebnisse nach Wuchsgebieten



- ... mangelhafte Versorgung
- ... nicht ausreichende Versorgung
- ... ausreichende Versorgung

FBVA - Forstliche Bundesversuchsanstalt

Abbildung 16:

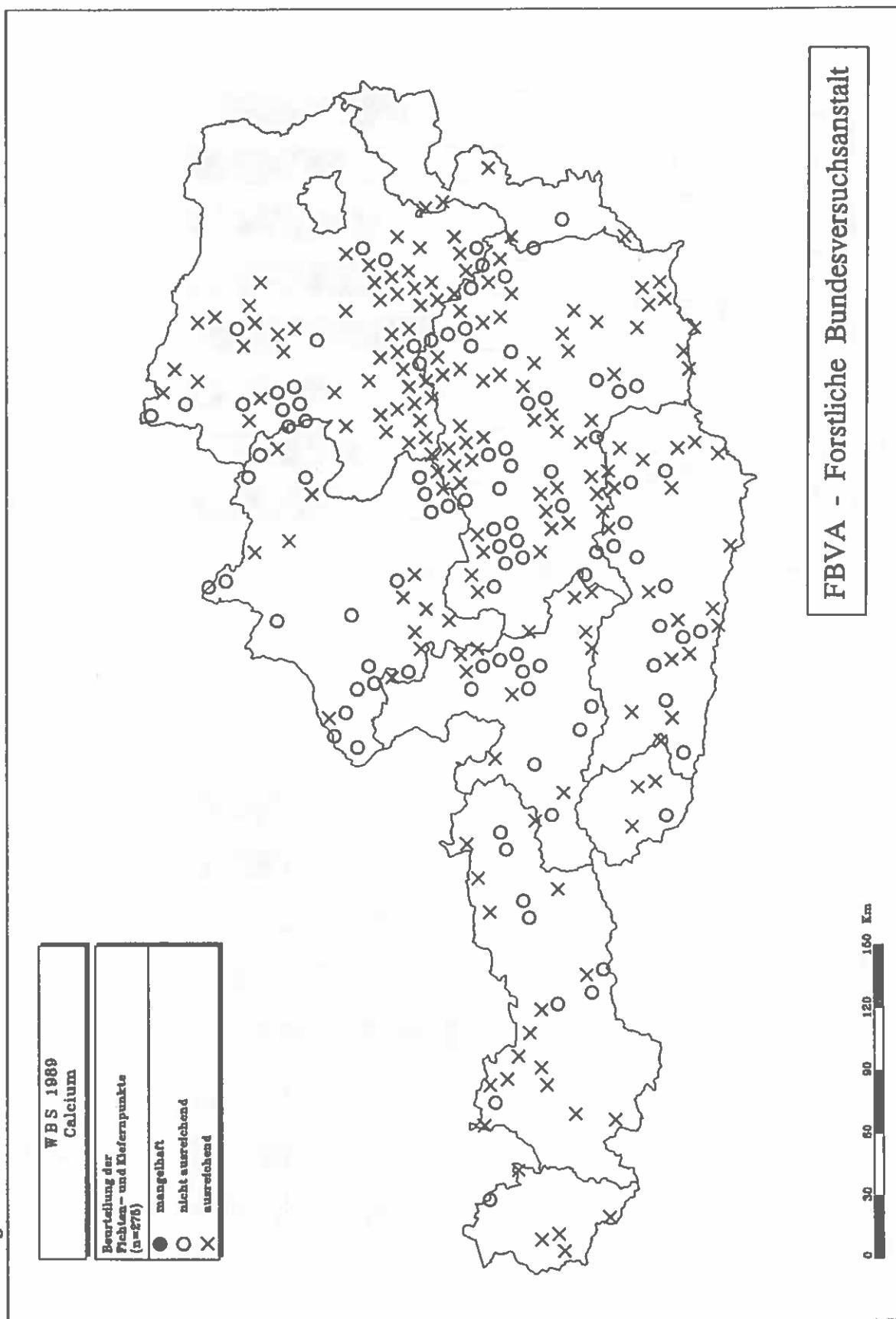


Abbildung 17:



Grad der Magnesiumversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Bundesländergebnisse

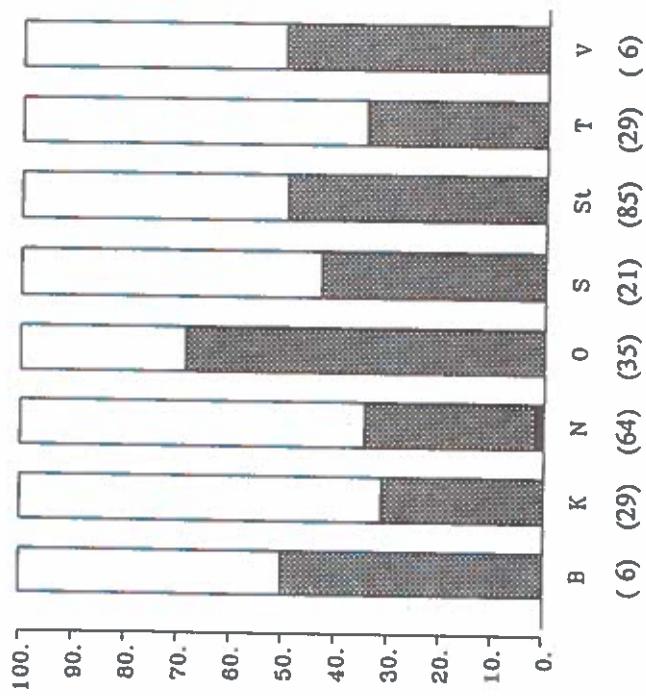
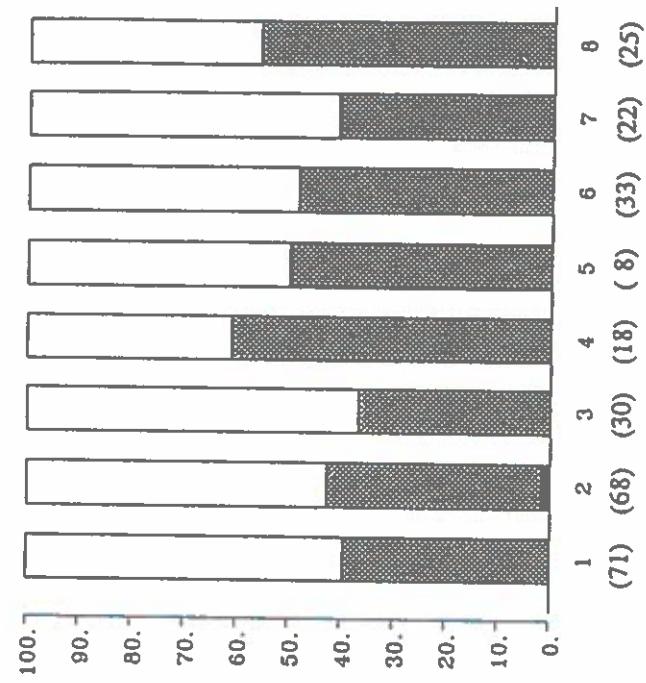


Abbildung 18:



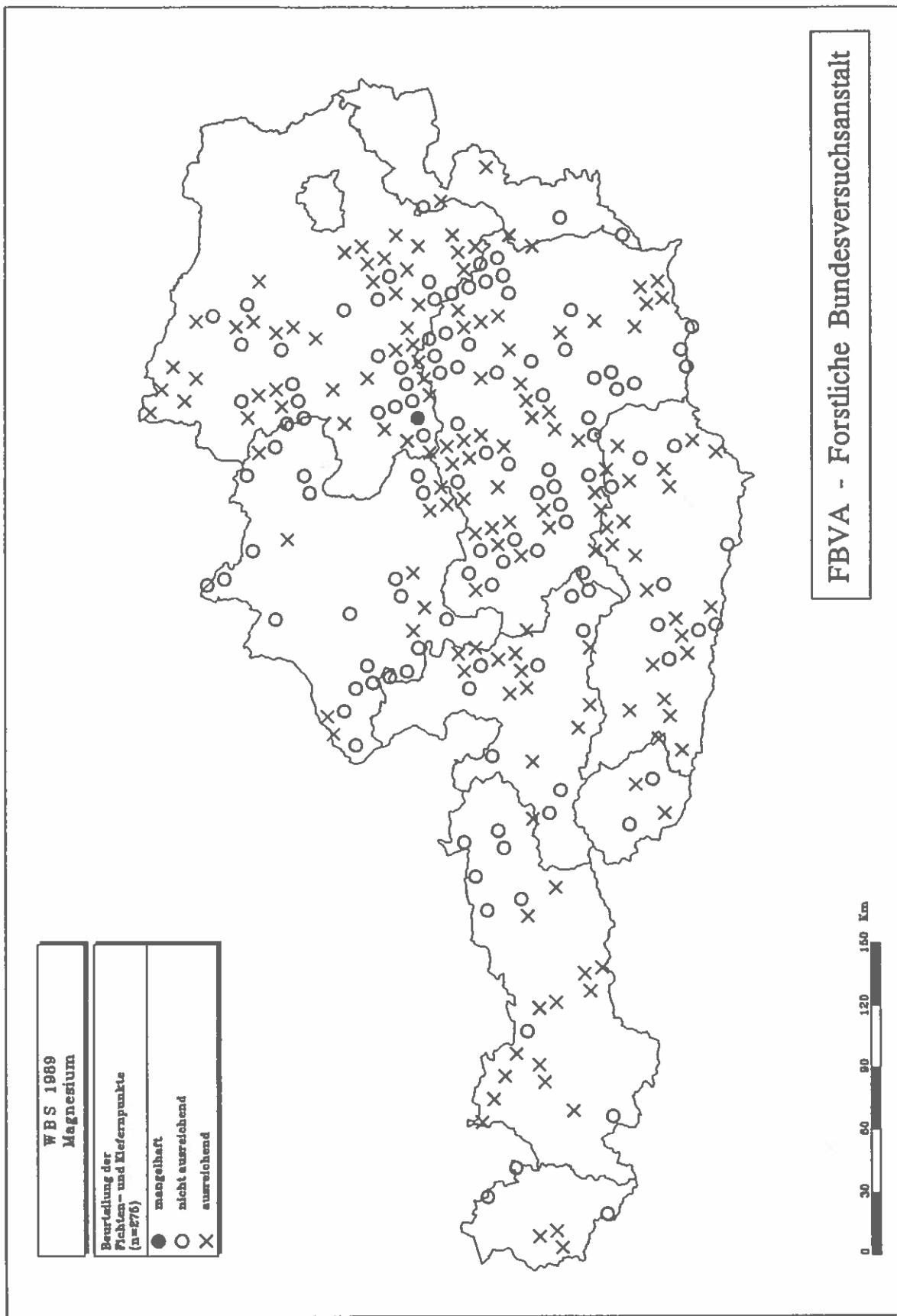
Grad der Magnesiumversorgung (in %)
auf den Fichten und Kiefernflächen -
Ergebnisse nach Wuchsgebieten

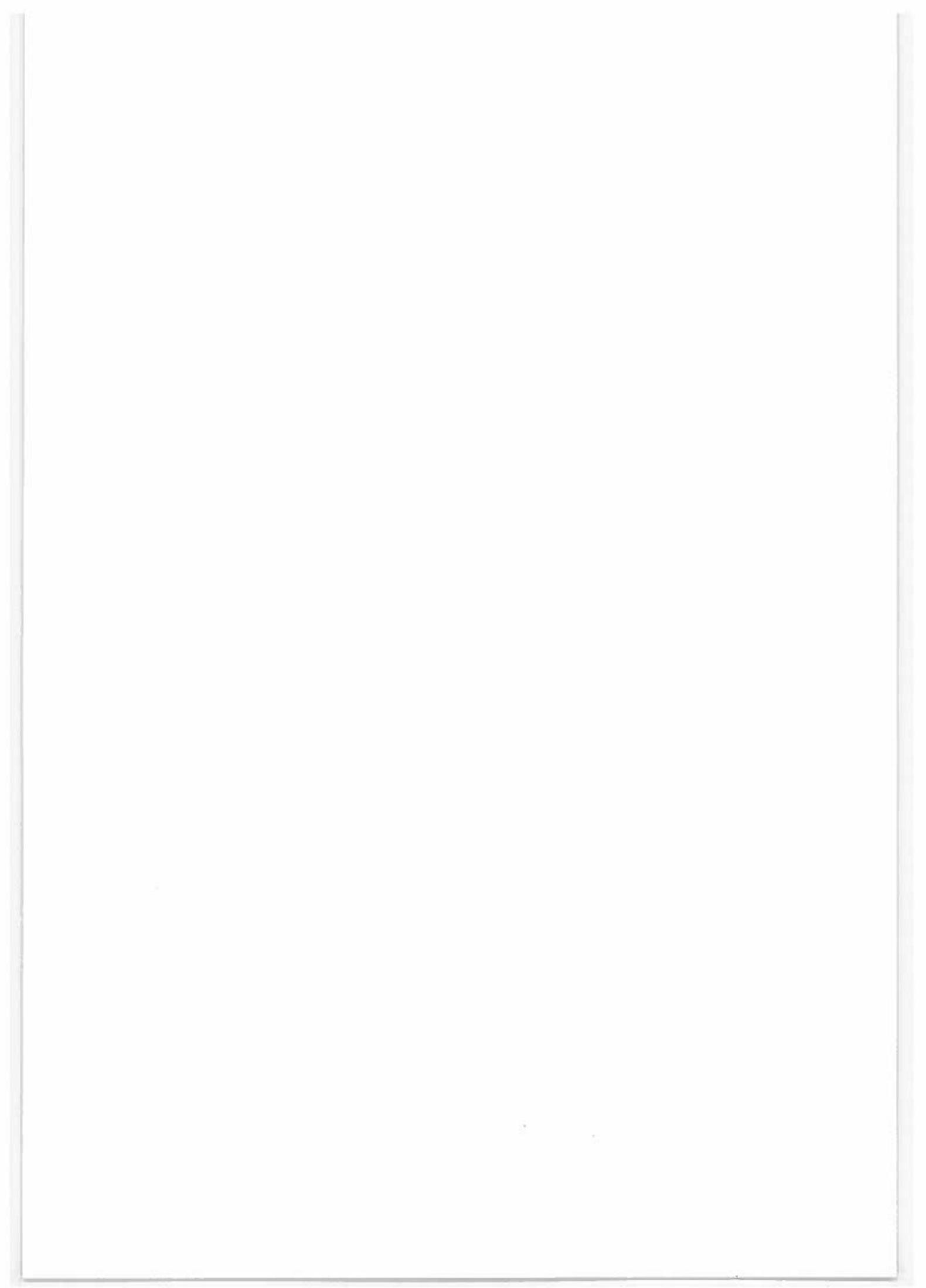


- ... mangelhafte Versorgung
- ... nicht ausreichende Versorgung
- ... ausreichende Versorgung

FBVA - Forstliche Bundesversuchsanstalt

Abbildung 19:





FBVA-BERICHTE
Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt
Wien

- | | | |
|------------------|--|--------|
| 1990 44 | Smidt, Stefan; Herman, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988. Luftschatstoffmessungen, Meteorologische Daten, Niederschlagsanalysen. Preis ÖS 35.-- | 33 S. |
| 1990 44a | Smidt, Stefan; Herman, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1988 (Anhang). Luftschatstoffmessungen, 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, Clemens: Waldzustandsinventur. Methodische Überlegungen und Detailauswertungen. Preis ÖS 90.-- | 88 S. |
| 1990 46 | Zusammenkunft der Deutschsprachigen Arbeitswissenschaftlichen und Forsttechnischen Institute und Forschungsanstalten. Bericht über die 18. Zusammenkunft vom 18.-20.April 1990. Preis ÖS 340.-- | 286 S. |
| 1991 47 | Smidt, Stefan: Beurteilung von Ozonmessdaten aus Oberösterreich und Tirol nach verschiedenen Luftqualitätskriterien. Preis ÖS 90.-- | 87 S. |
| 1991 48 | Englisch, Michael; Kilian, Walter; Mutsch, Franz: Österreichische Waldboden-Zustandsinventur. Erste Ergebnisse. Preis ÖS 80.-- | 75 S. |
| 1991 49 | Österreichisches Waldschaden-Beobachtungssystem. Ziele, Methoden und erste Ergebnisse. Preis ÖS 130.-- | 128 S. |
| 1991 50 | Smidt, Stefan: Messungen nasser Freilanddepositionen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt. Preis ÖS 90.-- | 90 S. |
| 1991 51 | Holzschuh, Carolus: Neue Bockkäfer aus Europa und Asien. Preis ÖS 200.-- | 75 S. |
| 1991 52 | Fürst, Alfred: Der forstliche Teil der Umgebungsüberwachung des kalorischen Kraftwerk Dürnrohr. Ergebnisse von 1981 bis 1990. Preis ÖS 45.-- | 42 S. |

- 1991 53 Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1977-1979.
Preis ÖS 80.-- 80 S.
- 1991 54 Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1980-1982.
Preis ÖS 80.-- 78 S.
- 1991 55 Wiesinger, Rudolf; Rys, Johannes: Waldzustandsinventur: Untersuchung der Zuwachsverhältnisse an Wald- und Bestandesrändern.
Preis ÖS 60.-- 60 S.
- 1991 56 Rachoy, Werner; Exner, Robert: Erhaltung und Verjüngung von Hochlagenbeständen.
Preis ÖS 95.-- 93 S.
- 1991 57 Smidt, Stefan; Herman, Friedl; Leitner, Johann: Höhenprofil Zillertal. Meßbericht 1989/90.
Preis ÖS 30.-- 28 S.
- 1991 58 Stagl, Wolfgang; Hacker, Robert: Weiden als Prosshölzer zur Äsungsverbesserung.
Preis ÖS 60.-- 56 S.
- 1991 59 Holzer, Kurt; Ohene-Coffie, F.; Schultze, Ulrich: Vegetative Vermehrung von Fichte für Hochlagenaufforstungen. Physiologische und phänologische Probleme der Anpassung.
Preis ÖS 75.-- 73 S.
- 1991 60 Holzschuh, Carolus: 63 neue Bockkäfer aus Asien, vorwiegend aus China und Thailand (Coleoptera: Disteniidae und Cerambycidae).
Preis ÖS 140.-- 71 S.
- 1992 61 Stagl, Wolfgang: Auswertung der "Trakte" zum Staatsvertrag "Vereinbarung zwischen Bund und dem Land Kärnten über gemeinsame Maßnahmen zur Sicherung eines ausgewogenen Verhältnisses von Wald und Wild".
Preis ÖS 105.-- 62 S.
- 1992 62 Jeglitsch, Friedrich: Wildbachereignisse in Österreich 1983-1985.
Preis ÖS 75.-- 72 S.
- 1992 63 Fürst, Alfred: Blatt- und nadelanalytische Untersuchungen im Rahmen des Waldschaden - Beobachtungssystems. Ergebnisse 1989.
Preis ÖS 40.-- 37 S.

