

Zum Wuchsverhalten der Fichte im Immissionsgebiet Heringen

von M. Bachmann und F. Franz

Lehrstuhl für Waldwachstumskunde Universität München

Gliederung

- 1 Einleitung
- 2 Konzeption für die Beobachtungsflächen
- 3 Allgemeine Werksdaten und Immissionsverhältnisse
- 4 Aufnahme- und Auswertungsverfahren
- 5 Ergebnisse der ertragskundlichen Standard- und Zusatzauswertungen
- 6 Zusammenhänge zwischen Immissionseinträgen und räumlicher Anordnung
- 7 Verknüpfung von Schadstoffeinträgen und Zuwachsreaktionen
- 8 Schlußfolgerungen und Zusammenfassung
- 9 Literaturverzeichnis

1 Einleitung

Auf Anregung der Kali und Salz AG sowie des hessischen Forstamtes Heringen wurde im Anschluß an zwei bereits bestehende Gutachten im August 1985 eine Folge von Erhebungen initiiert, deren Ergebnisse im Dezember 1992 zusammengestellt wurden.

In diesem neuen Gutachten sollen Unterlagen für eine fundierte betriebswirtschaftliche Klärung der Frage der Entschädigung für Immissionsschäden in Fichtenbeständen auf den forstamtseigenen Waldflächen bereitgestellt werden, die auf den Betrieb der hier ansässigen Düngemittelindustrie zurückgeführt werden.

Der **Beweissicherungsplan** hat die folgenden Hauptkomponenten:

1. Anlage einer Kontrollflächenreihe,
2. Durchführung der Kontrollflächen-Reihenaufnahme ab Herbst 1985,
3. Herausarbeitung eines ertragskundlichen Befundes.

2 Konzeption für die Beobachtungsflächen

Im Gegensatz zu der Vorgehensweise in den bisherigen Untersuchungen (ROHMEDER, E., THEMLITZ, R. 1967; WEIMANN 1981) soll im Rahmen dieses Gutachtens für jede Beobachtungsfläche bzw. für jedes Teilkollektiv dieser Fläche geprüft werden, ob ein direkter Bezug zwischen den flächenbezogenen Zustands- und Zuwachsdaten sowie den Schadstoffeinträgen auf der Fläche hergeleitet werden kann. Dazu wurden insgesamt 30 Flächen nach Kriterien wie das Vorhandensein eines exponierten Waldrandes, dem Wind zu- bzw. abgewandte Lagen sowie die Relieforientierung ausgewählt (Abb.1).

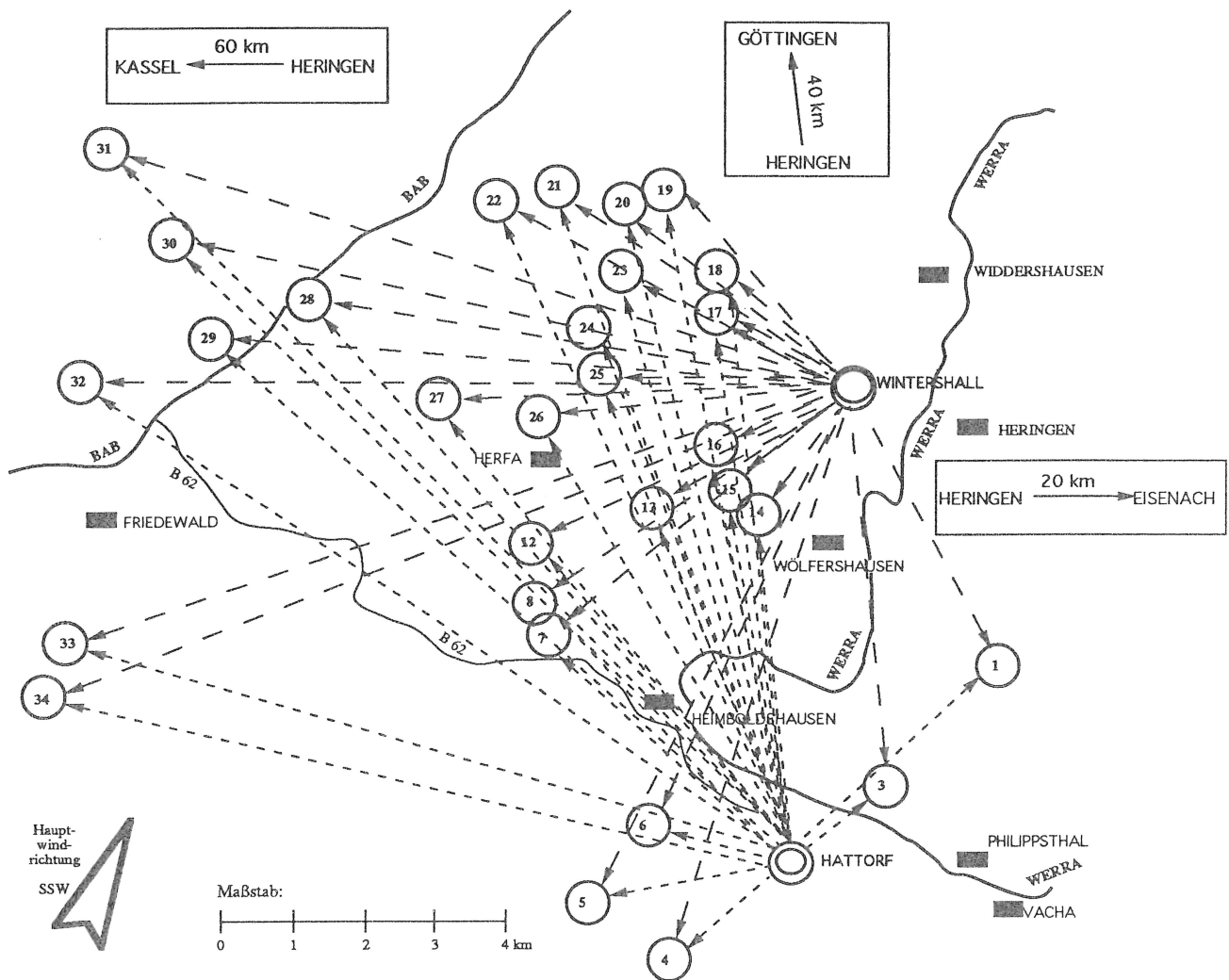


Abb. 1: Heringen; Lage der Beobachtungsflächen im Immissionsgebiet sowie zu den Emittenten (enggestrichelt Halde in Hattorf, weitgestrichelt Halde in Wintershall).

Von diesen Flächen sind seit der Anlage die Flächen Nr. 15, 19, 23, 27 und 32 durch verschiedene Schadereignisse ausgeschieden.

3 Allgemeine Werksdaten und Immissionsverhältnisse

Von einer Vielzahl von Ausgangspunkten für eine Freisetzung von Schadstoffen durch die Werke Wintershall und Hattorf bei der Kali-Produktion konnten im wesentlichen nur chloridhaltige Salzstaubverwehungen von den Gesteinsrest-Halden (100 - 230 m über Grund) bei den weiteren Untersuchungen Berücksichtigung finden.

Betrachtet man die Belastungssituation im Zeitraum 1986 bis 1991, so

- zeigen insbesondere die Parzelle Nr. 3, aber auch die Flächen Nr. 7, 13, eingeschränkt 17 und 24 eine erhöhte Akkumulation von NaCl und KCl,
- liegen die durchschnittliche Eintragsmengen bei NaCl um 7, KCl um 5 mg/m²*d,
- läßt sich hinsichtlich einer Veränderung der Eintragsverhältnisse keine Aussage treffen.

4 Aufnahme- und Auswertungsverfahren

Neben den Immissionsdaten und den meteorologischen Parametern wurden die Höhe in m üNN, Klima, Bodenfeuchte, Exposition, Neigung, geologisches Ausgangssubstrat, Trophie, Gründigkeit, Steingehalt sowie die Bodenart für jede Beobachtungsfläche erhoben.

Hinzu kam auf allen Probeflächen (je 0,1 ha) die ertragskundliche Aufnahme sämtlicher Brusthöhendurchmesser, der Baumklassen nach KRAFT, Erfassung der toten und absterbenden Bäume, Merkmale der Krone, Schäl- und der Rückeschäden, Altersbestimmung sowie an jeweils 25 Bäumen eine Höhenmessung und Bohrspangewinnung (nur auf 22 Flächen) im Jahr 1985.

5 Ergebnisse der ertragskundlichen Standard- und Zusatzauswertungen

In den Beständen, die sich in drei Altersgruppen (Durchschnittsalter 73, 88 und 108 Jahre) einteilen lassen, sind neben der Fichte die Baumarten Kiefer, Lärche, Birke, Eiche, Esche und Buche in einzelstammweiser Beimischung zu finden, wobei lediglich die Grundflächenanteile der Kiefer - bis zu 32% - ins Gewicht fallen.

Die Bonitäten liegen nach WIEDEMANN (1936/42, mDf) bei durchschnittlich II.0.

Anhand der **ertragskundlichen Befunde** (Tab. 1) lassen sich auf Grund ihres im Vergleich zum Gesamtkollektiv eher günstigeren Wuchsverhaltens die Parzellen Nr. 8, 12, 22, 24, 25, 29 und 31 nennen. Demgegenüber liegen die Kenngrößen der Parzellen Nr. 1, 3, 4, 14, 17 und 33 deutlich unterhalb der Durchschnittswerte aus allen zu vergleichenden Beständen.

Die Bäume der KRAFTschen Klassen 1 und 2 weisen mit Ausnahme von Parzelle 13 keine vergrößerte, durch Immissionen bedingte Mortalität auf.

Das Niveau der **Schadstufen** bleibt von Herbst 1985 bis Frühjahr 1989 annähernd gleich. Vergleicht man das durchschnittliche mittlere Nadelverlustprozent ergeben sich die geringsten Nadelverluste bei den PN 8, 12 und 7 mit rund 30 % und die größten bei den Parzellen 4, 6 und 25 mit über 48% . Eine Aufreihung der Beobachtungsflächen nach steigendem NaCl- und KCl-Jahreseintrag oder nach zunehmender Gesamtsumme aus beiden Stoffen führt zu keinem erkennbaren Zusammenhang mit dem durchschnittlichen Nadelverlustprozent.

Wählt man näherungsweise für eine Quantifizierung der Mengen an **Trocknisholz** ein Nadelverlustprozent von ≥ 80 , ≥ 90 oder $= 100$ % zum Zeitpunkt Frühjahr 1988, so ergeben sich Werte von neun, sieben bzw. fünf EfmDoR je ha Beobachtungsfläche (ohne KRAFT 5).

Obwohl bei früheren Ermittlungen ähnliche Werte angegeben werden, weisen forstamtseigene Erhebungen im Zeitraum 1991/92 bereits Werte um 28 EfmDoR je ha geschädigter Fläche und Jahr auf.

Auf den Untersuchungsflächen sind zudem sehr umfangreiche **Schäl- und Rückeschäden** zu beobachten. Bei Betrachtung des Merkmals "Schäl- oder Rückeschaden" wird ersichtlich, daß in über 75% der untersuchten Bestände mindestens jeder zweite Baum eine Schäl- und/oder Rückeschaden besitzt. Bei sieben Flächen sind sogar über 90 % der Bestandesgrundfläche von Schädigungen betroffen.

Tab. 1: Heringen; Ergebnisse der ertragskundlichen Standardauswertung, Stand Herbst 1985; PN=Parzellenummer, A=Alter, N =Stammzahl je ha, DGV = Durchmesser des Grundflächenmittelstammes in cm, HGV=Höhe des Grundflächenmittelstammes in m, DO=Mitteldurchmesser der 100 stärksten Bäume in cm, HO=Mittelhöhe der 100 stärksten Bäume in m, BON=Bonität, GV=Grundfläche je ha in m², B⁰=Bestockungsgrad, VV=Vorrat in VfmDmR/ha, IG=Grundflächenzuwachs 1971-1985 in m²/ha*a, IV=Volumenzuwachs 1971-1985 in VfmDoR/ha*a, NV=Nadelverlust in %, MB=grundflächengewogener Mischbaumartenanteil in %, ma=Maxima, mi= Minima, m=Mittelwert, st=Standardabweichung)

PN	A	N	DGV	DO	HGV	HO	BON	GV	B ⁰	VV	IG	IV	NV	MB
1	62	810	24,0	31,9	20,4	22,7	II.2	38,1	1,0	381	0,99	14,8	43,9	22,8
3	98	270	37,4	44,0	28,3	29,8	II.2	26,4	0,6	354			40,4	32,2
4	95	430	33,3	41,5	30,1	31,7	I.6	37,5	0,8	542			48,7	0
5	102	670	29,0	37,2	29	30,6	II.1	43,1	1,0	613	0,58	10,3	47,5	0
6	79	640	28,7	39,6	24,9	27,1	II.1	41,5	1,0	503	0,8	13,7	51,9	0
7	110	390	37,1	45,0	34	35,0	I.2	41,6	0,9	667	0,56	11,0	30,2	3,7
8	75	610	30,7	41,1	26,2	28,8	I.6	47	1,1	598	0,76	14,2	28,8	18,2
12	82	710	31,4	40,3	28,3	30,4	I.4	54,9	1,2	750	0,81	15,5	29,7	15,9
13	63	750	27,5	39,4	24,2	26,9	I.3	44,7	1,1	526	0,83	14,7	38,7	2,7
14	83	580	27,8	36,1	24,5	26,1	I.9	35,1	0,8	418			41,6	3,1
16	107	490	32,7	40,7	29,9	31,6	II.1	41,1	1,0	589	0,82	14,5	38,6	3,8
17	79	890	24,5	34,8	22,2	25,4	II.7	42,3	1,1	464	0,8	12,4	40,9	1,9
18	76	620	28,9	37,5	24	26,0	II.2	40,7	1,0	475	0,77	13,1	44	1,7
20	110	410	36,5	46,4	29,6	32,0	II.3	42,8	1,0	600	0,58	10,3	45,7	0
21	84	740	26,8	38,2	24,2	27,4	II.5	41,6	1,0	495	0,66	10,9	41,9	0
22	91	570	33,0	42,2	29	31,2	I.7	48,9	1,1	680	0,72	13,9	43,1	0
24	110	470	35,6	44,3	30,4	31,9	II.1	46,8	1,1	676	0,62	11,2	43,3	0
25	90	690	32,2	42,5	29	31,2	I.7	56,2	1,3	784	0,38	7,5	48,5	0
26	82	700	29,6	40,7	27,5	30,4	I.6	48,2	1,1	645	0,94	17,1	40,8	0
28	103	390	36,1	44,1	30,1	31,8	I.9	39,9	0,9	570	0,56	10,4	35,5	0
29	79	660	31,2	40,2	27,3	29,2	I.5	50,3	1,1	663	0,99	16,8	38,9	0
30	94	850	26,1	33,5	25,5	27,3	II.6	45,1	1,1	563	0,75	12,4	33,9	0,5
31	105	640	31,7	39,6	28,1	30,3	II.5	49,6	1,2	670	0,56	9,7	33,2	7,5
33	81	520	30,5	39,5	28,4	30,3	I.4	37,9	0,8	519	0,71	13,1	31,1	1,8
34	117	410	35,5	42,3	31,1	33,1	II.2	40,5	1,0	602	0,69	12,2	40,5	0
ma	117	890	37,4	46,4	34	35	2,7	56,2	1,3	784	0,99	17,1	51,9	32,2
mi	62	270	24	31,9	20,4	22,7	1,2	26,4	0,6	354	0,38	7,5	28,8	0
m	90,3	596	31,1	40,1	27,4	29,5	1,94	43,3	1,01	574	0,72	12,7	40,1	4,63
st	15,1	159	3,88	3,57	3,1	2,81	0,43	6,33	0,15	108	0,15	2,41	6,3	8,45

Bei insgesamt 16 der 25 Untersuchungsparzellen weist innerhalb der Baumklassen eins oder zwei das Teilkollektiv "Mit Schälsschaden" gegenüber dem Teilkollektiv "Ohne Schälsschaden" eine fortgeschrittenere Entnadelung auf. Bei den Parzellen Nr. 1, 3, 14, 18, 20 trifft der Sachverhalt für beide Baumklassen zu.

Die für den gesamten Beobachtungszeitraum 1971 bis 1985 gemittelten **Grundflächen-** und **Volumenzuwächse** sind bei PN 21 und 25 besonders gering.

Vergleicht man den Grundflächenzuwachsmittelwert einer Parzelle mit demjenigen der Altersklasse, so ergibt sich, daß der Mittelwert bei den PN 1, 5, 12, 17, 18, 30 und 33 unter dem Mittelwert der Altersklasse liegt.

Bildet man aus den Zuwächsen aller Probestämme ein Durchschnittsniveau, und definiert den jeweiligen Jahreszuwachs dieses Kollektives als 100%-Wert (einfache Prozentuierung), können die Mittelwerte jeder Parzelle wie auch die Einzelwerte jedes Baumes der jeweiligen Parzelle in Relation zu diesem Niveau gesetzt werden. Aus dieser Blickrichtung läßt sich nurmehr bei PN 1 nachlassendes Zuwachsverhalten bemerken. Allerdings zeigen unter besonderer Berücksichtigung der jüngsten Zuwächse (1983-1985) neben der PN 1 auch die PN 5, 22, 33 und 34 eingeschränktes Wachstum.

Ein im Vergleich zur Ertragstafel von WIEDEMANN im Beobachtungszeitraum nachlassender Zuwachs ist nur bei PN 1 und 25 zu beobachten.

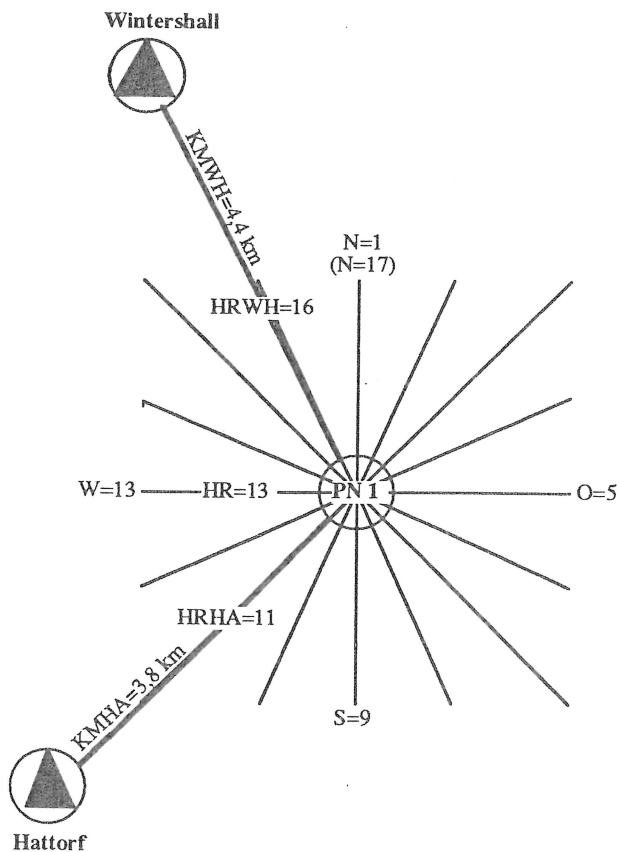


Abb. 2: Heringen; Ermittlung von Parametern zur Charakterisierung des räumlichen Umfeldes.

6 Zusammenhänge zwischen Immissionseinträgen und räumlicher Anordnung

Anhand der detaillierten Eintragsmessungen und unter Hinzuziehung der verfügbaren räumlichen Informationen soll untersucht werden, inwieweit sich für die im Untersuchungsgebiet unterschiedlich angeordneten Parzellen statistisch abgesicherte Gesetzmäßigkeiten aufzeigen lassen, die dann im weiteren zu einer Ausscheidung von verschiedenen Belastungsgebieten oder -gruppen herangezogen werden können.

Da sowohl die Entfernung zur Halde in Hattorf (KMHA) wie auch zur derjenigen in Wintershall (KMWH) Berücksichtigung finden muß, wurden für jede Parzelle die entsprechenden Strecken aus der Karte abgegriffen (Abb. 2). Dabei wurden auch die Himmelsrichtungen (HRHA und HRWH) zu den beiden Emittenten bestimmt. Als weitere, gegebenenfalls aussagekräftige Parameter wurden die Exposition (HR) und die Intensität der Hangneigung (NEI) der Fläche selbst sowie deren Höhenlage (HÜN) erhoben.

Zusätzlich wurden die in Tab. 2 dargestellten **Hilfsgrößen** definiert.

Tab. 2: Heringen; Hilfsgrößen für eine Charakterisierung des räumlichen Umfeldes unter besonderer Berücksichtigung der Entfernungen zwischen den Emittenten und dem Eintragsort.

Abkürzung	Beschreibung	Formel
QUAENTF	Summe der Entfernungsquadrate	$KMHA^2 + KMWH^2$
KWQUAENTF	Kehrwerte der Summe der Entfernungsquadrate	$\frac{1}{KMHA^2} + \frac{1}{KMWH^2}$
EENTF	Summe der mit der EULERSchen Zahl potenzierten, negativen Entfernungen	$e^{-KMHA} + e^{-KMWH}$
Für eine Gewichtung der Himmelsrichtungen nach Hattorf (HRHA) und Wintershall (HRWH) wurden daraus die folgenden Relationen errechnet:		
QHRHA	Anteil des Kehrwertes der Quadratentfernung nach Hattorf am Kehrwerte der Summe der Entfernungsquadrate	$\frac{1}{KMHA^2} \cdot \frac{1}{\frac{1}{KMHA^2} + \frac{1}{KMWH^2}}$
QHRWH	Anteil des Kehrwertes der Quadratentfernungen nach Wintershall am Kehrwerte der Summe der Entfernungsquadrate	$\frac{1}{KMWH^2} \cdot \frac{1}{\frac{1}{KMHA^2} + \frac{1}{KMWH^2}}$
EHRHA	Anteil der mit der EULERSchen Zahl potenzierten, negativen Entfernungen nach Hattorf an der Summe der mit der EULERSchen Zahl potenzierten, negativen Entfernungen	$\frac{e^{-KMHA}}{e^{-KMHA} + e^{-KMWH}}$
EHRWH	Anteil der mit der EULERSchen Zahl potenzierten, negativen Entfernungen nach Wintershall an der Summe der mit der EULERSchen Zahl potenzierten, negativen Entfernungen	$\frac{e^{-KMWH}}{e^{-KMHA} + e^{-KMWH}}$
MWQHR	Mittelwert aus den mit QHRHA und QHRWH gewogenenen Himmelsrichtungen nach Hattorf und Wintershall	$(QHRHA * HRHA) + (QHRWH * HRWH)$
MWEHR	Mittelwert aus den mit EHRHA und EHRWH gewogenenen Himmelsrichtungen nach Hattorf und Wintershall	$(EHRHA * HRHA) + (EHRWH * HRWH)$
DQHR	Betrag der Differenz zwischen dem Mittelwert aus den mit QHRHA und QHRWH gewogenenen Himmelsrichtungen nach Hattorf und Wintershall und der tatsächlichen Himmelsrichtung der Fläche	$ MWQHR - HR $
DEHR	Betrag der Differenz zwischen dem Mittelwert aus den mit EHRHA und EHRWH gewogenenen Himmelsrichtungen nach Hattorf und Wintershall und der tatsächlichen Himmelsrichtung der Fläche	$ MWEHR - HR $

Um zu testen, inwieweit die errechneten räumlichen Parameter die Eintragungssituation auf den Flächen widerspiegeln, wurden sie den durchschnittlichen jährlichen Schadstoffmengen, insbesondere den KCl- und NaCl-Immissionen, gegenübergestellt (PEARSON Korrelation).

- Unter den Entfernungsparametern (KMHA, KMWH, QUAENTF, KWQUAENTF und EENTF) besitzt KWQUAENTF sowohl gegenüber NaCl mit 0,287 wie auch gegenüber KCL mit 0,522 die höchsten Korrelationswerte.
- Von welcher Halde ein größerer Einfluß auf die Eintragungssituation ausgeht, läßt sich anhand der Korrelationen nicht eindeutig bestimmen.
- Die Einflußgröße Himmelsrichtung, die sich in der Variablen DEHR (bzw. DQHR) verschlüsselt wiederfindet, wurde indirekt auf ihr Erklärungsvermögen gegenüber Schadstoffeneinträgen hin überprüft:

Es wurde unterstellt, daß Parzellen, die der mittleren Himmelsrichtung, in der der Emittent von der Fläche aus betrachtet liegt (MWEHR), in einem Rahmen von $\pm 67,5$ Altgrad selbst mit ihrer Himmelsrichtung (HR) zugeneigt sind (d.h. $DEHR \leq 3$), höhere Korrelationskoeffizienten gegenüber den KCl- bzw. NaCl-Immissionen besitzen müßten, als das stärker abgewandte Restkollektiv ($DEHR > 3$). Dies ist auch tatsächlich der Fall.

Neben den Variablen KWQUAENTF und DEHR wurden der durchschnittliche jährliche NaCl-, KCl- und der summarische Eintrag als für die im Rahmen einer Clusteranalyse zur Gruppierung heranzuziehenden Größen ausgewählt. Bei allen drei Gruppierungen (zwei, drei und vier Cluster) treten die vier Parzellen 1, 7, 13 und 17 in einem Cluster mit deutlich erhöhten Immissionswerten hervor. In Abb. 3 sind in Form einer dreidimensionalen Grafik die standardisierten Wertigkeiten derjenigen Variablen gezeichnet, die bei zwei Clustern die höchsten F-Werte (Tab. 3) besitzen.

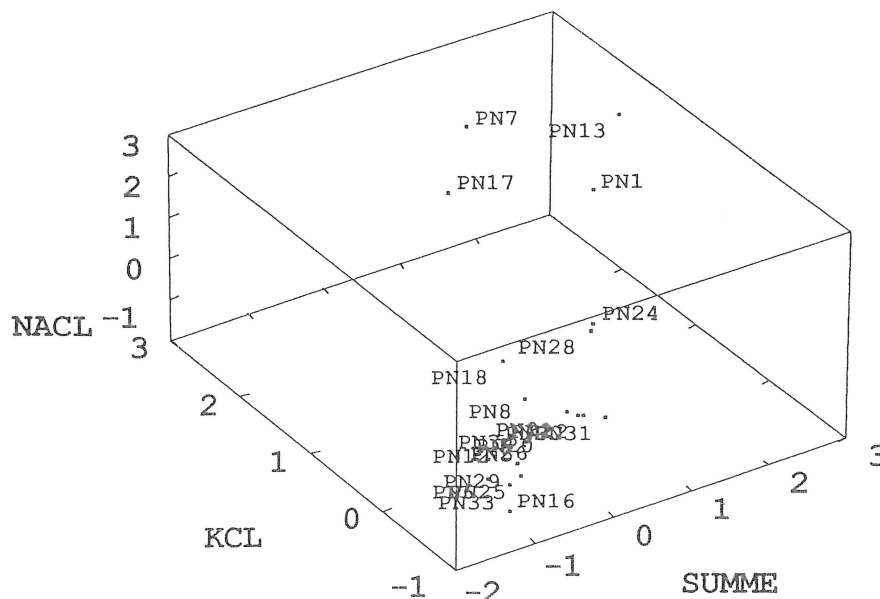


Abb. 3: Heringen; Dreidimensionale Darstellung der Wertigkeiten der drei Variablen, die bei der Clusteranalyse die höchsten F-Werte besitzen (durchschnittlicher jährlicher Eintrag an NaCl, KCl sowie Summe aller Substanzen ohne H₂SO₄; standardisierte Werte).

Tab. 3: Heringen; Ergebnisse der Clusteranalyse.

Variable	2 Cluster F-Wert / Signifikanz	3 Cluster F-Wert / Signifikanz	4 Cluster F-Wert / Signifikanz
KWQUAENTF	2,084	14,953 / ***	9,445 / ***
Δ EHR	2,109	1,160	15,434 / ***
NACL	29,564 / ***	20,743 / ***	14,393 / ***
KCL	145,709 / ***	72,776 / ***	46,246 / ***
SUMME	47,190 / ***	30,413 / ***	19,568 / ***

7 Verknüpfung von Schadstoffeinträgen und Zuwachsreaktionen

Zunächst wurde das von PRETZSCH und UTSCHIG 1989 entwickelte **Zuwachstrendanalyseverfahren** angewandt. Dazu wird in einem ersten Schritt - der ersten Prozentuierung - die jährliche Zuwachsleistung getrennt für die beiden Kollektive aus der Clusteranalyse in Relation zum Zuwachsniveau in der Referenzperiode (1971-1985) gesetzt. Die zweite Prozentuierung verknüpft nun die relativen Grundflächenzuwächse beider Straten, indem die prozentualen Abweichungen der Parzellen 1, 7, 13 und 17 von der Referenz aufgezeigt werden. 1985 liegt insbesondere die Parzelle 1 deutlich unter dem Niveau der Referenz (Abb. 4).

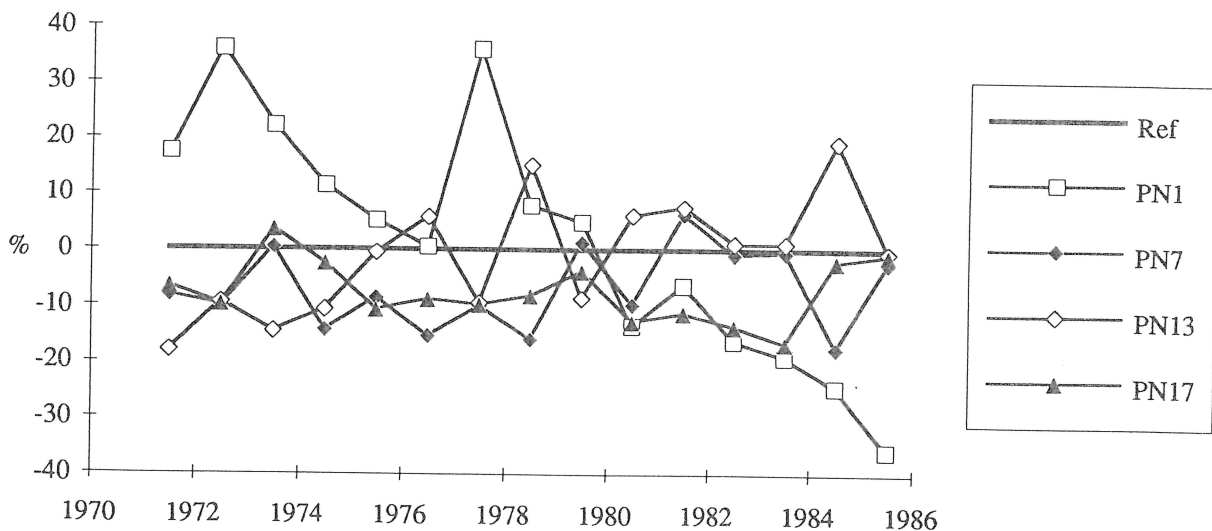


Abb. 4: Heringen; Ergebnisse des Zuwachstrendanalyse-Verfahrens (Verfahren der zweifachen Prozentuierung) für die Parzellen 1, 7, 13 und 17.

Zuletzt soll im Anhalt an die mit Hilfe der Clusteranalyse gefundenen Gruppierungen mit einer **Diskriminanzanalyse** geprüft werden, inwieweit sich dieselbe Trennung der Grundgesamtheiten bei Verwendung von Zuwachsgrößen ergibt. Zusätzlich wurden die Größen MWIG (Mittelwert des Grundflächenzuwachses im Beobachtungszeitraum), MWIG5A (Mittelwert des Grundflächenzuwachses in den letzten 5 Jahren, 1981-1985) sowie PZIG5A

(Relation des Mittelwertes der letzten 5 Jahre zum Mittelwert im Beobachtungszeitraum) für die Trennung der Gruppen zur Verfügung gestellt. Von den 22 Parzellen erfolgte bei 10 Parzellen eine Zuordnung, die nicht mit der Gruppierungsvariablen aus der Cluster-Analyse übereinstimmte. Damit unterliegen 45 % der beobachteten Flächen in ihrem Zuwachsverhalten anderen Gesetzmäßigkeiten, als sie sich anhand der Belastungssituation mit Schadstoffeinträgen voraussagen lassen.

Werden anstatt der Zuwächse die durchschnittlichen Entnadelungsprozente (H85, H86, F88, und F89) in die Diskriminanzanalyse einbezogen, so weisen immerhin 19 von 22 Parzellen, das sind 86 %, dieselbe Gruppenzugehörigkeit auf wie in der Clusteranalyse.

8 Schlußfolgerungen und Zusammenfassung

- a) Folgendes **Variationsspektrum** gemessener und errechneter Charakteristika liegt vor:
 - PN 3, 7 und 13 mit erhöhter Schadstoffakkumulation,
 - allgemein vermindertes Wachstum bei PN 1, 3, 4, 14, 17, 33,
 - größte Nadelverluste bei den PN 4, 6 und 25,
 - massive Schäl- und/oder Rückeschäden, die auf den PN 1, 3, 14, 18, 20 nachweislich zu einer Erhöhung des Nadelverlustes beitragen,
 - Grundflächenzuwachs bei den PN 1, 12, 17, 18, 30 vermindert.

- b) Unter Verwendung der Immissionseinträge können diese **Ursache-/Wirkungsgefüge** aufgezeigt werden:
 - Clusteranalyse belegt für die PN 1, 7, 13 und 17 eine deutlich gegenüber dem restlichen Untersuchungskollektiv erhöhte Belastung durch Schadstoffeinträge in Abhängigkeit von der Anordnung der Weiserflächen im Beobachtungsgebiet.
 - Diskriminanzanalyse führte zu keiner mit der Clusteranalyse vergleichbaren Gruppierung. Bei Verwendung der mittleren Nadelverlustprozente wurde jedoch immerhin eine zu 86% der Clusteranalyse entsprechende Verteilung erreicht.

- c) **Anregungen** aus dieser Untersuchung für die weiteren Entschädigungsregelungen:
 - Kein einheitlicher, statistisch abgesicherter Zusammenhang zwischen den erhobenen ertragskundlichen Befunden und den sie bedingenden Einflußgrößen.
 - Die für jede Beobachtungsfläche detailliert erhobenen bzw. errechneten ertragskundlichen Kenngrößen bieten eine fundiertere Basis für eine Ermittlung einer "Schadenskomponente je Baum".
 - Unter Verwendung einfacher Hilfsmittel zur Ermittlung der Grundfläche wie beispielsweise des Spiegelrelaskopes ließe sich ein grundflächenbezogenes Schadprozent ermitteln, das im Gegensatz zu dem mit Hilfe der Ertragstafel hergeleiteten "Schadensbetrag je Baum" wesentlich objektiver an die örtlichen Verhältnisse angepaßt wäre.

- Die anhand der durchschnittlichen Nadelverlustprozente angeschätzten Dürrohlmengen stellen neben den Statistiken des Forstamtes ein gutes Hilfsmittel für eine Einschätzung des Schadholzumfanges dar.
- Im Zuge von Wiederholungsaufnahmen auf den langfristig konzipierten Weiserflächen erscheint ein unmittelbare Bilanzierung von Bonitätsminderungen in Abhängigkeit von der Lage zum Emittenten möglich.

9 Literaturverzeichnis

PRETZSCH, H., UTSCHIG, H. 1989: Das "Zuwachstrendverfahren" für die Abschätzung krankheitsbedingter Zuwachsverluste auf den Fichten- und Kiefer-Weiserflächen in den bayerischen Schadgebieten. Forstarchiv, H.5, S. 188-193.

RÖHMEDER, E., THEMLITZ, R. 1967: Gutachten über Forstschäden im Forstamt Heringen. Unveröffentlichtes Gutachten, 68 S.

WEIMANN 1981: Immissionsbedingte Trocknisschäden im Staatswald des Forstamts Heringen. Unveröffentlichtes Gutachten, 29 S.

Anschrift des Verfassers: Martin BACHMANN
Lehrstuhl für Waldwachstumskunde
Universität München
Hohenbachernstr. 22
85354 Freising