



In einem 75- bis 80jährigen Altlichtenbestand werden auf 4 Versuchspartzen von je 2500 m² Fläche pro Jahr 15 bis 18 Beregnungen mit zusammen 170 mm ausgebracht. Zwei Versuchspartzen werden mit schwefelsaurem Wasser von pH 2,7–2,8, zwei mit normalem, regenähnlichem Wasser von pH 5–5,5 beregnet. Jeweils eine der gleich beregneten Partzen wurde mit 40 dt/ha Magnesiakalk gedüngt. Zwei weitere unberegnete Partzen mit und ohne Kalkung dienen als Bezugsflächen (Photo: W. GRIMMENSEN)

Irrigation experiment Höglwald. In a 75- to 80-year-old Norway spruce stand, four 2500-m² experimental plots were irrigated 15 to 18 times totaling 170 mm per year, two with water containing sulfuric acid of pH 2.7–2.8 and two with normal "rain-like" water of pH 5–5.5. One of the two plots receiving the same irrigation treatment was limed with 4000 kg/ha dolomite. Two untreated plots served as controls

Untersuchungen über die Auswirkungen des sauren Regens und der kompensatorischen Kalkung im Wald¹

Zielsetzung, Anlage und bisherige Durchführung des Freilandexperimentes
Höglwald einschließlich begleitender Untersuchungen

Von K. KREUTZER und J. BITTERSÖHL

1 Einführung

Die in den Böden ablaufenden Prozesse des Stoffumsatzes und der Stoffverlagerung können durch anthropogene Einträge von Säuren und säurebildenden Stoffen wesentlich beeinflusst werden. Dies gilt besonders für basenarme, schwach gepufferte Böden unter wintergrünen, die

Beitrag Nr. 1 der Höglwald-Serie 1986.

U.S. Copyright Clearance Center Code Statement:
Forstw. Cbl. 105 (1986), 273–282

0015-8003/86/10504-00273 \$ 0.2.50/0

© 1986 Verlag Parey, Hamburg und Berlin
ISSN 0015-8003

Atmosphäre relativ stark ausfilternden Koniferenbeständen. Auf solchen Standorten können langjährige saure Immissionen, vor allem zwei Prozesse so verstärken, daß es zu ökosystemaren Störungen kommt:

- Die Freisetzung und Auswaschung basisch wirkender und für die Ernährung wichtiger Kationen (besonders Calcium und Magnesium) im Boden und im Kronenraum.
- Die Mobilisierung pflanzentoxischer Aluminium- und Schwermetall-Species in der Bodenlösung des Wurzelraumes.

Ausgehend von diesen Zusammenhängen entwickelte ULRICH (1979, 1981 a und b, 1982, 1983) die Hypothese, daß die anthropogen bedingten sauren Depositionen entscheidend für die Destabilisierung der Waldökosysteme seien und eine wesentliche Ursache für das heutige „Waldsterben“ darstellten. ULRICH und Mitarbeiter stützen diese Argumentation auf vergleichende Geländestudien und auf Düngungsversuche vor allem in Norddeutschland. Sie folgern daraus, daß auf vielen Standorten als Gegenmittel Kompensationskalkungen zur Rettung der Wälder und Böden notwendig seien.

In großem Stil durchgeführte Maßnahmen dieser Art sind jedoch nicht nur für die forstliche Praxis ökonomisch und ökologisch sehr weitreichend, sie sind es unter Umständen auch für die Wasserwirtschaft und zwar aus wasserhygienischen Gründen; denn in den Decken des Auflagehumus der Wälder sind große Stickstoffvorräte gespeichert, die durch exzessive Kalkungen zum großen Teil in Nitrat umgewandelt werden können (SEIBT u. WUTTICH 1977; SEIBT u. REEMTSMA 1977). Diese verstärkte Nitrifikation bildet möglicherweise eine Gefahr für die Qualität der forstlichen Grundwasserreserven, denn das Nitrat unterliegt sehr leicht der Auswaschung aus dem Boden. Verstärkt wird diese Problematik dadurch, daß Wälder unter heutigen Verhältnissen relativ viel pflanzenverfügbare Stickstoffverbindungen aus der Atmosphäre ausfiltern, jedoch nur wenig Stickstoff durch die Nutzung verlieren.

Um zur Erforschung dieser Zusammenhänge einen Beitrag leisten zu können, wurde 1982 damit begonnen, das „Höglwald-Projekt“ einzurichten. Es stützt sich primär auf experimentelle Forschungsansätze mit der allgemeinen Fragestellung: Welche Auswirkungen haben verstärkte Säureinträge und kompensatorische Kalkungen auf Bestand, Boden und Sickerwasser?

Thematisch knüpfen die Untersuchungen an jene von ULRICH und Mitarbeiter (ULRICH et al. 1979; ULRICH u. MATZNER 1983; ULRICH et al. 1980; PRENZEL 1982, 1983; DIETZE 1985 u. a.) sowie von ABRAHAMSEN und Mitarbeiter (ABRAHAMSEN et al. 1977; ABRAHAMSEN et al. 1978; HOVLAND et al. 1980 u. a.) an.

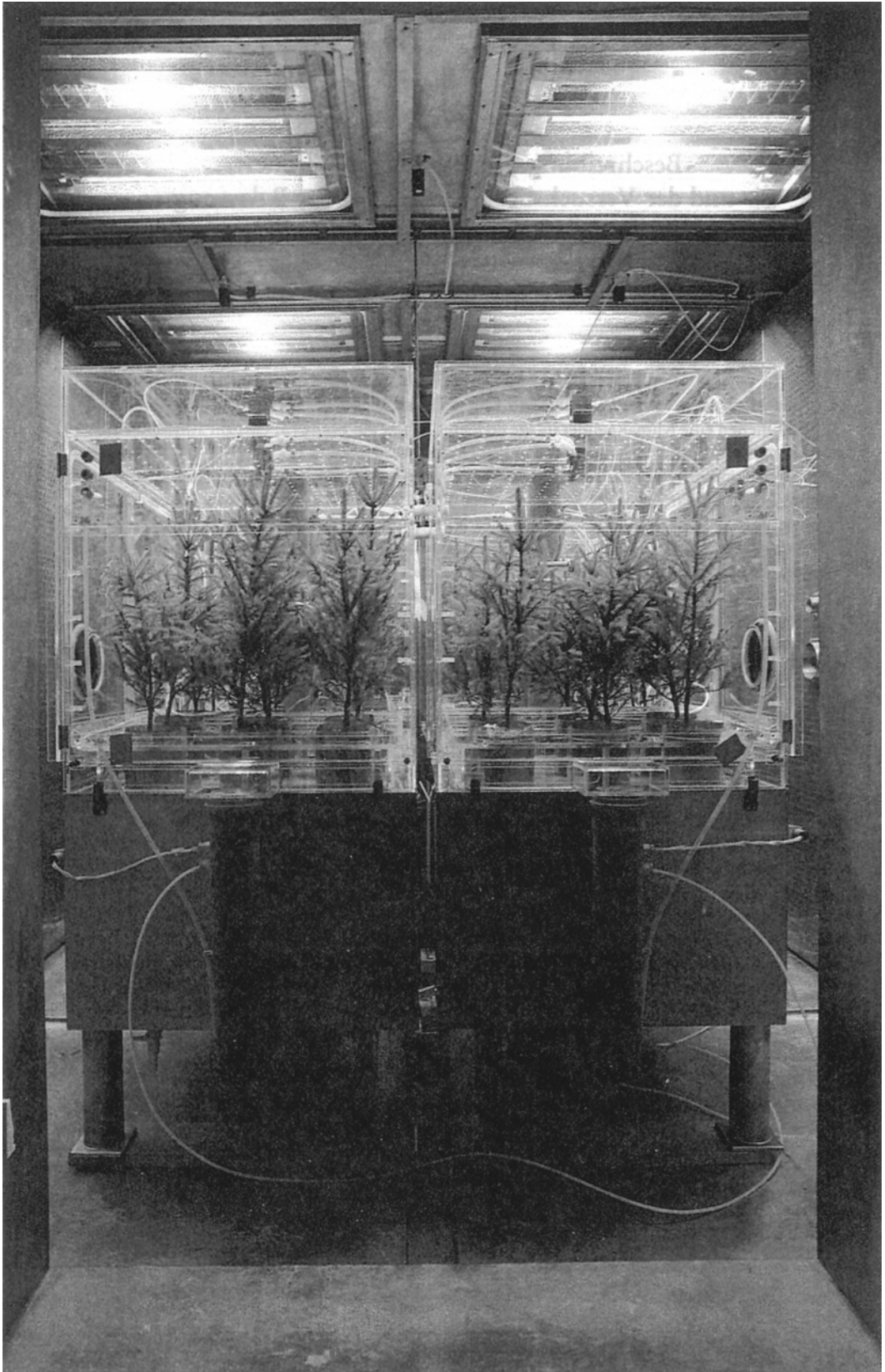
Die im Anschluß an diesen Artikel veröffentlichten Beiträge Nr. 2–18 der „Höglwaldserie 1986“ stellen Inventur und erste Versuchsergebnisse aus dem Höglwaldprojekt und begleitender Untersuchungen seit der 1984 laufenden experimentellen Behandlung vor.

2 Versuchskonzept

Dem Versuchskonzept liegen zwei Leitgedanken zugrunde:

- Am gleichen Untersuchungsobjekt sollen die Forschungen interdisziplinär durchgeführt, interpretiert und diskutiert werden.
- Die experimentellen Freilanduntersuchungen sollen durch gezielte Laborexperimente und vergleichend-statistischen Geländeuntersuchungen komplementär gestützt werden.

Im Zentrum der Untersuchungen steht ein Freilandexperiment mit saurer Beregnung des Bodens und kompensatorischer Kalkung in einem älteren Fichtenbestand des Höglwaldes. Hier sind z. Z. 15 Forschungsgruppen beteiligt. Am Bestand werden Parameter des Wachstums, der Gesundheit und der Ernährung erhoben. Die Veränderungen der Bodenvegetation werden ökologisch und pflanzenchemisch untersucht. Im Boden werden chemische, mikrobiologische, zoologische und physikalische Parameter studiert. In die bodenhydrologischen Untersuchungen sind auch die Veränderungen der Stoffflüsse einbezogen. Ergänzt wird dieses Freiland-



experiment durch ein weiteres in einem jüngeren Fichtenbestand, in dem im Unterschied zum älteren eine Überkronenberegnung eingerichtet ist. Ziel dieser Untersuchung ist es, einen eventuellen Alterseffekt experimentell herauszuarbeiten und vor allem einen Einblick in die Stoffauswaschung aus der Krone zu erhalten. Vergleichend-statistische Untersuchungen ohne experimentelle Behandlung sind in rund 50 Beständen vorgesehen. Sie dienen dazu, die Einflüsse von Standort und Bestandsform auf stoffliche Veränderungen in Ökosystemen bei verschiedener Belastung zu erforschen. In 35 Beständen wurden bereits Untersuchungen vorgenommen. Begleitet werden die Freilanduntersuchungen von Laborexperimenten an Bodenausschnitten und Profilproben.

Wegen der Langlebigkeit der Bestände sind die Freilandexperimente für mindestens vier Versuchsjahre konzipiert worden. Außerdem gingen folgende Überlegungen in das Versuchskonzept der Freilandexperimente ein:

- Die Versuchsbestände sollten gutwüchsig, im Boden aber bereits stark versauert sein, um die durch die Zuführung von weiterer Säure hervorgerufenen Ökosystemstörungen möglichst klar studieren zu können.
- Die zusätzliche Beregnung sollte im Boden keinen störenden Luftmangel erzeugen.
- Die Speicherkapazität des Bodens für Wasser sollte groß genug sein, um das ausgebrachte Beregnungswasser lange genug im Boden verweilen zu lassen, so daß sich Effekte ergeben können.
- Der Boden sollte eben gelegen sein, damit die verschiedenen Versuchspartzen nicht gegenseitig durch lateralen Wasserfluß beeinflußt werden.
- Es sollte eine quasistationäre Stoffdynamik vorliegen, d. h. keine frischen Durchforstungen und kein Baumartenwechsel in den letzten 200 Jahren.
- Der Versuchsbestand sollte in einem größeren Fichtenareal eingebettet sein, um Randeinflüsse zu minimieren.

3 Versuchsort

Die Freilandexperimente werden im Forstdistrikt „Höglwald“ des Staatlichen Bayerischen Forstamtes Aichach, Forstdienststelle Ried, durchgeführt. Die Forstorte sind III 5 b Abt. Otterlwiese (Fichten-Altbestand), III 1 a Abt. Lindenschlag (Fichten-Jungbestand). Der Forstdistrikt Höglwald liegt zwischen München und Augsburg, etwa 16 km Luftlinie südöstlich von Augsburg im Wuchsbezirk „Oberbayerisches Tertiärhügelland“.

3.1 Standort

Lage:

Plateau NN + 540 m (Fichtenaltbestand)

Verebnung NN + 520 m (Fichtenjungbestand)

Klimadaten:

Mittlerer Jahresniederschlag: 800 mm

Mittlerer Niederschlag Mai–Juli: 285 mm

Mittlere Jahrestemperatur: 7,3 °C

Mittlere Temperatur Mai–Juli: 14 °C

Anzahl der Tage mit über 10 °C Mitteltemperatur: 148

Boden:

Versauerte Parabraunerde (bzw. geschichtete Braunerde), podsolig, schwach pseudovergleyt im tieferen Unterboden; hervorgegangen aus Feinsedimenten der obermiozänen Süßwassermolasse, im oberen Bereich mit Lößlehm-Beimengung. Das Substrat des Oberbodens ist im Quartär solifluidal verlagert worden. Die Humusform ist Moder.

Horizontfolge im Fichtenaltbestand:

L (5,3–4,7 cm), Of1 (4,7–3,1 cm), Of2 (3,1–1,6 cm), Oh (1,6–0 cm)

Aeh (0–5 cm), Alh (5–10 cm), Al (10–36 bzw. 40 cm), Bt (36–50 cm), II B(t)v (50–65 bzw. 70 cm), Bv (65–95 cm), (Sw)Bv (95–130 cm), Cv 1 (130–170 cm), Cv 2 (170–200 cm).

Wichtige Bodendaten sind in Tabelle 1 enthalten.

Tabelle 1
Bodendaten Höglwald, Fichtenaltbestand
Soil data Höglwald, old spruce stand

Tiefe cm	Körnung in % der humus- und karbonatfreien Feinerde								Ton	
	Sand				Schluff					
	g	m	f	Σ	g	m	f	Σ		
LOf										
Oh										
0– 5	1	9	25	35	22	15	9	46	19	
5– 10	1	10	25	36	21	16	7	43	21	
10– 20	0	10	26	36	22	14	10	46	18	
20– 30	0	11	22	33	21	15	9	45	22	
30– 40	0	7	21	29	20	14	17	51	20	
40– 50	0	8	24	32	18	13	7	38	30	
50– 70	0	1	25	26	27	13	8	48	26	
70–130	0	0	29	29	29	16	11	56	15	
130–170	0	2	48	48	32	11	3	46	6	
170–190	0	3	48	48	27	11	6	45	7	

Tiefe cm	Raum- gewicht g/cm ³	GPV %	Wassergehalt in % bei pF				pH		Corg %	Nr mg/g	
			0.6	1.8	2.5	4.2	H ₂ O	CaCl ₂			
LOf								3,95	3,20	49,0	17,6
Oh								3,58	2,91	40,0	15,5
0– 5	0,84	72	63,4	46,4	33,1	12,8	3,72	3,20	2,8	1,5	
5– 10	1,22	55,3	53,6	38,2	29,4	15,0	3,96	3,62	1,3	0,9	
10– 20	1,18	55,0	54,0	36,2	26,6	15,5	4,21	3,96	0,9	0,7	
20– 30	1,40	48,7	44,0	36,1	28,9	22,9	4,20	3,95	0,5	0,6	
30– 40	1,41	47,8	39,8	35,8	31,6	23,5	4,18	3,83	0,3	0,5	
40– 50	1,50	47,9	42,6	39,2	35,7	25,8	4,20	3,77	0,3	0,4	
50– 70	1,54	44,6	41,3	38,6	35,5	26,1	4,65	3,92	0,2	0,4	
70–130	1,43	49,8	46,3	43,6	37,5	21,7	4,92	4,13	0,1	0,3	
130–170	1,36	52,7	50,2	47,3	37,1	12,8	4,95	4,18	0,1	0,2	
170–190	1,35	53,5	54,8	50,2	34,2	10,8	5,30	4,45	0,1	0,2	

Tiefe cm	C:N	KAK		Ca	K	Austauschbare Kationen					V %
		pot. meq/kg	akt. meq/kg			Mg	Na	H	Al	Fe	
LOf	28	n.d.	190	134,9	7,9	13,9	n.d.	26,2	7,3	n.d.	82
Oh	26	973	131	22,1	4,6	3,8	n.d.	28,9	70,9	0,35	23
0– 5	15	180	87	3,0	0,5	1,4	n.d.	9,4	68,7	3,5	6
5– 10	14	97	55	0,9	n.d.	0,8	0,4	3,4	49,3	n.d.	4
10– 20	13	69	41	0,4	1,0	0,5	0,4	1,1	37,1	n.d.	6
20– 30	9	67	49	0,6	n.d.	0,5	n.d.	1,1	46,6	n.d.	2
30– 40	6	100	69	0,8	0,5	0,8	n.d.	2,0	64,3	n.d.	3
40– 50	7	152	125	2,1	n.d.	1,9	n.d.	1,7	118,5	n.d.	3
50– 70	6	150	124	14,1	n.d.	15,4	n.d.	1,9	91,5	n.d.	24
70–130	5	145	120	37,6	0,5	25,8	0,3	3,4	51,5	n.d.	24
130–170	4	52	43	17,5	n.d.	9,2	n.d.	2,0	14,7	n.d.	62
170–190	4	60	50	26,6	n.d.	12,3	n.d.	1,9	8,7	n.d.	78

Im Fichtenjungbestand liegt eine ähnliche Bodenbildung mit stärker ausgeprägtem Braunerdecharakter auf feinsandigem Substrat vor.

3.2 Bestand

Altbestand:

Reine Fichte, 79jährig (1986), sehr wüchsig, geschlossen, aus Pflanzung hervorgegangen. Wichtige ertragskundliche Daten sind im Beitrag Nr. 2 der Höglwaldserie (RÖHLE 1986) enthalten. Der Ernährungszustand zu Beginn des Versuchs kann aufgrund nadelanalytischer Daten allgemein als gut bezeichnet werden. Die Gehalte der Hauptnährelemente zeigt die Tabelle 2.

Tabelle 2

Nährelementgehalte in den halbjährigen Nadeln des 2., (3.) und 7. Quirls (mg/g) im Altfichtenbestand
Nutrient contents in the half year old needles of the 2., (3.) and 7. whorl (mg/g) in the old spruce stand

	N	P	K	Ca	Mg
2 (bzw. 3)/1	16,9	1,7	3,7	3,1	1,2
7/1	16,3	2,0	3,1	4,4	1,2

Der Gesundheitszustand zu Beginn des Versuches ist gut, wie aus dem Beitrag Nr. 15 der Höglwald-Serie (MASCHNING 1986) hervorgeht.

Die Vorbestockung war ein reiner Fichtenbestand, der 1910/11 – rund 140jährig – kahl abgetrieben wurde. Er wird in den alten Operaten stets als geschlossen und sehr wüchsig beschrieben. Vor diesem Bestand herrschte Laubholz, vornehmlich Buche mit etwas Eiche, das der natürlichen potentiellen Vegetation entspricht.

Jungbestand:

Reine Fichte, 14jährig (1986), äußerst wüchsig, in Schluß tretend. Gesund erscheinend, einzelne Fichten mit schwachen nadeloberseitigen Vergilbungen an den älteren Trieben; auffallend viele Fichten weisen proleptische Triebe auf. Der Ernährungszustand ist gut (Tab. 3). Die Vorbestockungen waren zwei Fichtengenerationen nach Laubholz.

Von den Beständen der vergleichend-statistischen Untersuchungen liegen vier im Höglwald. Mit ihnen befaßt sich der Beitrag Nr. 18 (KREUTZER, DESCHU u. HOESL) der Höglwald-Serie 1986. Die übrigen Bestände sind über Bayern verteilt.

Tabelle 3

Nährelementgehalte in den halbjährigen Nadeln des 1. und 4. Quirls (mg/g) im Jungfichtenbestand
Nutrient contents in the half year old needles of the 1. und 4. whorl (mg/g) in the young spruce stand

	N	P	K	Ca	Mg
1/1	16,6	2,1	7,9	2,1	1,0
4/1	13,3	1,4	5,3	3,2	0,9

4 Versuchsplan

Abbildungen 1 und 2 zeigen die Versuchsanlagen im Höglwald. Die Behandlungsvarianten sind:

- Parzelle A1 Kontrolle
- Parzelle B1 Saure Beregnung
- Parzelle C1 Normale Beregnung

Parzelle A2 Kalkung
 Parzelle B2 Saure Beregnung mit Kalkung
 Parzelle C2 Normale Beregnung mit Kalkung

Bei der sauren Beregnung ist die Ausbringung von 3–4 kmol Protonen pro ha und Jahr vorgesehen, und zwar mit 170 mm Beregnungswasser, das einen pH von 2,7 bis 2,8 durch Ansäuerung mit H_2SO_4 aufweist.

Die Beregnung mit „normalem“ Wasser entspricht einem standortsbezogenen zusätzlichen Regen mit einem pH-Wert von ca. 5 und einer elektrischen Leitfähigkeit von 10–20 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

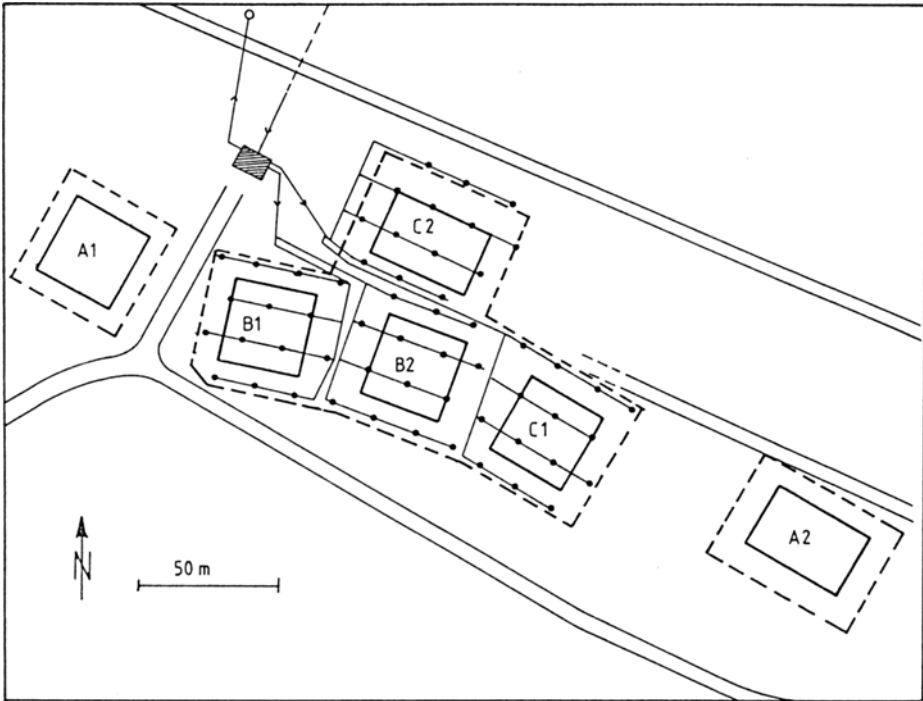
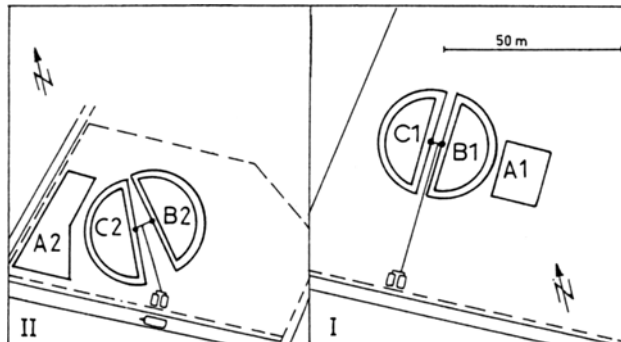


Abb. 1. Beregnungs- und Kalkungsexperiment Höglwald: Parzellenplan der Bodenberegnung im Altfichtenbestand mit Beregnungsanlage sowie Versorgungs- und Entsorgungsleitungen der Meßhütte (Verzeichnis der Behandlungsvarianten s. Text)

Fig. 1. Irrigation and liming experiment Höglwald: Plot layout with arrangement of irrigation equipment and mains for supplying water and for disposal of waste water (List of experimental variants s. text)

Abb. 2. Beregnungs- und Kalkungsexperiment Höglwald: Parzellenplan der Überkronenberegnung im Jungfichtenbestand mit Beregnungsanlage (Verzeichnis der Behandlungsvarianten s. Text)

Fig. 2. Irrigation and liming experiment Höglwald: Plot layout with arrangement of equipment for irrigation above canopy (List of experimental variants s. text)



Saure und normale Beregnung werden mit Kreis- und Wenderegnern vorgenommen, und zwar je Parzelle pro Jahr in 15–18 Einzelereignissen zu je 10–12 mm während der wärmeren Jahreszeit. Jede Einzelberegnung dauert ca. 70 Minuten.

Die Kalkung erfolgte einmalig im April 1984 vor der ersten Beregnung durch oberflächiges Ausstreuen von 4000 kg/ha feingemahlenem Dolomit. Das entspricht 881 kg Ca/ha und 519 kg Mg/ha.

Die Einbeziehung der normalen Beregnung als Behandlungsvariante sowohl bei ungekalkten als auch bei gekalkten Parzellen ergibt sich daraus, daß ein möglicher reiner „Bewässerungseffekt“ von dem „Versauerungseffekt“ differentialdiagnostisch abgetrennt werden muß. Die Vergleiche der Parzelle A1/C1 bzw. A2/C2 zeigen den Bewässerungseffekt, die Vergleiche B1/C1 bzw. B2/C2 den Versauerungseffekt bei erhöhter Wasserzufuhr auf jeweils ungekalkten bzw. gekalkten Parzellen.

Die Parzellengröße wurde so gewählt, daß für ertragskundliche Auswertungen genügend Bäume vorhanden sind. Sie umfaßt einen Kernbereich mit 900 m², der von einem 8–10 m breiten gleichbehandelten Umfassungstreifen umgeben ist.

5 Versuchsaufbau

Aufgebaut wurde der Versuch hauptsächlich in der Zeit vom Herbst 1982 bis Frühjahr 1984.

Diese Aufbauphase umfaßte u. a. folgende Maßnahmen:

- Bau einer Zuleitung von Wasser und Strom aus dem Netz der nächstgelegenen Ortschaft.
- Bau einer Arbeitshütte mit Labor und Werkstatt.
- Aufbau einer Wasserkonditionierungsanlage mit Einrichtungen für Entsalzung und Zudosierung von Salzen und Säure. Die Zudosierung von Salzen ist erforderlich, um das „normale“ Beregnungswasser in seiner Leitfähigkeit dem standortstypischen Regen anzupassen. Einbezogen werden mußte eine Anlage für Vorratshaltung und für Beseitigung des Abwassers aus der Regenierung der Ionenaustauschersäulen.
- Einrichtung und Überprüfung der Beregnungsanlagen mit 56 Kreis- und Wenderegnern (siehe Abb. 1).
- Aufbau der Saugkerzenanlage zur Gewinnung von Bodenlösungen aus Tiefen von 20, 40 und 175 cm Tiefe. Eingesetzt wurden 180 Aluminium-Sinter-Kerzen, SKA 100 FF der Fa. Haldenwanger.
- Einrichtung der Tensiometrie. Eingebaut wurden 192 piezoresistive Druckaufnahmetensiometer in verschiedenen Bodentiefen und Stammabständen an Bäumen verschiedener sozialer Klassen (vgl. Beitrag Nr. 5, GRIMMEISEN et al. 1986). Die Tensiometer sind über Meßwertverstärker mit einer selbstregistrierenden EDV-Anlage in der Hütte verbunden. Das Einbaumuster der Tensiometer geht davon aus, daß das Feld der Matrixpotentiale im Wurzelraum von der Wurzelverteilung wesentlich mitbestimmt wird. Letztere ist abhängig von der Anzahl und räumlichen Verteilung der Bäume auf der Fläche, von der sozialen Stellung des Einzelbaumes und von der tiefen- und radialabhängigen Verteilung der Wurzeln (KREUTZER u. SCHILLITZ 1984).
- Einrichtung der Niederschlagsmeßanlagen im Freiland und Bestand sowie einer Anlage zur Gewinnung von Niederschlagswasser für die Wasseranalyse.

Ergänzt wurden diese Aufbaumaßnahmen durch Installation von Streufängen und Humuslysimetern. Außerdem werden für die bodenfaunistischen Untersuchungen von Dr. MAKESCHIN Bodentierfallen eingerichtet.

6 Bisherige Versuchsdurchführung

Seit der im April 1984 ausgeführten Kalkung (4000 kg/ha) auf den Parzellen A2, B2 und C2 wurden auf den Parzellen B1, C1, B2 und C2 die in Tabelle 4 dargestellten Berechnungen vorgenommen.

Tabelle 4

Berechnungen seit Beginn des Hauptexperiments
Irrigation from the beginning of the main experiment

	Berechnungen		Wasser- menge (mm)	H ⁺ -Eintrag		
	Anzahl	Zeit		B1/B2 (kmol/ha. a)	C1/C2	
Alt-Fichte (Boden- berechnung)	1984	15	Mai–Nov.	165	2,7	0,02
	1985	15	Mai–Sept.	173	4,0	0,02
Jung-Fichte (Überkronen- berechnung)	1984	8	Juni–Nov.	85	1,3	0,02
	1985	18	Juni–Okt.	180	3,7	0,02

Abweichungen von der Planung ergaben sich aus technischen und finanziellen Gründen beim Anlaufen des Versuchs.

Die Messung der Matrixpotentiale wird fortlaufend auf 8 Meßplätzen einer beregneten und einer unberegneten Parzelle durchgeführt.

Die Bodenwasserbeprobung mittels Saugkerzen wird das ganze Jahr über auf allen Parzellen in drei- bis fünfwöchigen Intervallen vorgenommen. Eingebaut sind die Saugkerzen ebenso wie die Tensiometer auf den Kernflächen. Dies gilt auch für die Streufänge, die Humuslysimeter und die Insektenfallen im Boden.

Alle übrigen Beprobungen mit Entnahmen von Bodenmaterial werden vorerst nicht auf den Kernflächen, sondern nur auf den gleichbehandelten Umfassungstreifen vorgenommen. Begründet ist dies dadurch, daß eine gravierende Störung des Versuchs auf den Kernflächen bis zur Endauswertung vermieden werden muß. Ziel dieser intervallmäßigen Beprobungen auf den Umfassungstreifen ist es, einen Einblick in die Dynamik der stofflichen Veränderungen während der Versuchsphase zu erhalten. Untersucht werden hierbei folgende Parameter in den verschiedenen Subhorizonten des Auflagehumus und des Mineralbodens bis 40 cm Tiefe auf den verschiedenen Behandlungsvarianten:

pH (H₂O, CaCl₂, KCl)

Kationenaustauschkapazität

Austauschbare Kationen

Kationen, Anionen und organische Stoffe in der Gleichgewichtsbodenlösung, einschließlich chemischer Charakterisierung der gelösten organischen Substanzen mittels HPLC und durch Komplexierungsversuche

Spezies von Aluminium- und Schwermetallionen

Mikrobiologische Aktivität

Die Niederschläge werden fortlaufend gemessen. Die Beprobung für die Wasseranalyse erfolgt wöchentlich bzw. nach Ereignis.

Danksagung

Das Kernprojekt wurde mit Mitteln der Bayerischen Staatsforstverwaltung finanziert. Für zusätzliche Untersuchungen stellten die Bundesministerien für Forschung und Technologie sowie für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Gelder zur Verfügung. Seit Herbst 1985 wird das

Projekt auch durch die Europäischen Gemeinschaften gefördert. Allen Geldgebern danken wir für die Unterstützung.

Den forstlichen Behörden gilt unser Dank für ihre Kooperation. Besonders danken wir dem Leiter der örtlichen Forstdienststelle, Herrn Forstamtsrat H. MAYER, für seinen Einsatz zur Bewältigung vieler Details.

Zusammenfassung

Es wird ein Forschungsprojekt vorgestellt, das zum Ziel hat, die Auswirkungen verstärkten Säureeintrags und kompensatorischer Kalkung auf Bestand, Boden und Sickerwasser eines Waldökosystems zu erforschen. Zentrale Versuchseinheit ist ein großflächiges Bodenberegungsexperiment in einem Alt-fichtenbestand. Dieses wird ergänzt durch die Überkronenberegung eines Jungfichtenbestandes. Umfangreiche Vergleichsuntersuchungen ohne experimentelle Behandlung dienen dazu, die Reaktionen weiterer süddeutscher Standorte und Bestände auf unterschiedliche Belastung zu ermitteln.

Die Beregungsexperimente werden im Forstdistrikt Högwald des Staatlichen Bayerischen Forstamtes Aichach, 16 km südöstlich von Augsburg, durchgeführt. Die gesunden, gut wüchsigen Versuchsbestände sind 79 und 14 Jahre alt. Auf den Flächen B1 und B2 wurde mit H_2SO_4 , pH 2,7–2,8, beregnet und auf den Flächen A2, B2 und C2 mit 4000 kg Dolomit/ha gekalkt.

Nach zwei Versuchsperioden mit saurer Beregung beträgt der Protoneneintrag 6,7 kmol/ha im Alt-fichtenbestand und 4,7 kmol/ha im Jungfichtenbestand. Versuchsbegleitend werden neben den Niederschlägen und den Beregungswässern die wesentlichen Parameter der Bodenchemie und der Bodenphysik erfaßt. Die Wasserbewegung im Boden, die für die Bestimmung der Elementflüsse von Bedeutung ist, wird aus den Meßdaten einer automatisch registrierenden Tensiometeranlage errechnet.

An weiteren Untersuchungen über Bestandsparameter sowie in den Bereichen Bodenvegetation, Bodenfauna und Mikrobiologie sind zahlreiche Forschungsgruppen beteiligt. Die im Anschluß an diesen Artikel veröffentlichten Beiträge 2–18 der „Högwald-Serie 1986“ stellen Inventur und erste Ergebnisse aus dem Experiment und den Begleituntersuchungen vor.

Summary

*Investigations about the effects of acid deposition and compensative liming in the forest
Objectives, installation, and hitherto realisation of the field experiment Högwald
inclusive accompanying investigations*

A field experiment was installed to investigate the effects of intensified artificial acid deposition and compensative liming on stand, soil, and seepage water of a forest ecosystem. The main experimental unit is a large-size soil irrigation installation in an old spruce stand. This is complemented by a methodically equivalent experiment with irrigation above the canopy in a young spruce stand. Comparable investigations without experimental treatment are carried out in a number of distinct stands for finding out the influence of sites and stocking types on the ecosystem processes under different stress conditions.

The irrigation experiments are carried out in the Högwald management unit of the Bavarian forest district of Aichach, situated 16 km southeast of Augsburg. The healthy, well growing stands of the irrigation experiment are 79 and 14 years old. Plots B1 and B2 are irrigated with H_2SO_4 , pH 2,7–2,8, Plots A2, B2 and C2 are limed with 4000 kg dolomite/ha.

After two seasons of acid irrigation the input of protons amounts to 6.7 kmol/ha in the old spruce stand and 4.7 kmol/ha in the young spruce stand. Essential chemical and physical parameters are measured in precipitation, irrigation water, soil, soil solution, and seepage water. The water movement in the soil, being important for the element fluxes, is calculated from the data of a computer-controlled tensiometer installation.

Further special investigations about stand parameters as well as soil vegetation, soil zoology,

and microbiology are carried out by numerous research groups. The contributions, following this paper as Nr. 2–18 of the "Höglwald-Serie" 1986, present basic data and first results from the investigations.

Literatur

- ABRAHAMSEN, G.; HORNTVEDT, R.; TVEITE, B., 1977: Impacts of acid precipitation on coniferous forest ecosystems. Proc. 1st Int. Symposium on acid precipitation and the forest ecosystem. Water, Air Soil Pollut. 8, 57–73.
- ABRAHAMSEN, G.; HOVLAND, J.; HAGVAR, S., 1978: Effects of artificial acid rain and liming on soil organisms and the decomposition of organic matter. SNSF-Contribution FA 28/78, Oslo, 23 S.
- DIETZE, G., 1985: Bindungsformen und Gleichgewicht von Aluminium im Sickerwasser saurer Böden. Berichte Forsch.zentrum Waldökosysteme/Waldsterben, Göttingen, Band 16.
- GRIMMEISEN, W.; KREUTZER, K.; BITTERSÖHL, J., 1986: Einfluß der Beregnung auf Matrixpotentiale und Bodendurchfeuchtung im Höglwald-Experiment. Forstw. Cbl. 105, H. 4, 295–299.
- HOVLAND, J.; ABRAHAMSEN, G.; OGNER, G., 1980: Effects of artificial acid rain on decomposition of spruce needles and on mobilisation and leaching of elements. Plant and Soil 56, 365–378.
- KREUTZER, K.; SCHILLITZ, J., 1984: Modellierung der Sickerung in einem Fichtenbestand. In: Recent Investigations in the Zone of Aeration Symposium der TU München, Herausgeber: P. UDLUFT, B. MERKEL, K.-H. PROSL, S. 637–648.
- KREUTZER, K.; DESCHU, ELISABETH; HÖSL, G., 1986: Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß von Fichte (*Picea abies* [L.] Kast.) und Buche (*Fagus sylvatica* L.) auf die Sickerwasserqualität. Forstw. Cbl. 105, H. 4, 364–371.
- KREUZIG, R.; KORTE, F., 1986: Luftchemische Charakterisierung des Standortes Höglwald. Forstw. Cbl. 105, H. 4, 290–293.
- MASCHNING, E., 1986: Entwicklung des visuellen Gesundheitszustandes im Fichtenaltbestand Höglwald. Forstw. Cbl. 105, H. 4, 350–352.
- PRENZEL, J., 1982: Ein bodenchemisches Gleichgewichtsmodell mit Kationenaustausch und Aluminiumhydroxulfat. Gött. Bodenk. Berichte 72, 1–113.
- PRENZEL, J., 1983: A mechanism for storage and retrieval of acid in acid soils. In: B. ULRICH and J. PANKRATH (eds.): Accumulating air pollutants in forest ecosystems. Reidel Publ. Co., Dordrecht.
- ROHLE, H., 1986: Ertragskundliche Zustandserfassung und Zuwachs des Fichtenaltbestandes im Höglwald vor der experimentellen Behandlung. Forstw. Cbl. 105, H. 4, 283–287.
- SEIBT, G.; REEMTSMA, J. B., 1977: Ertragskundliche und bodenkundliche Ergebnisse langfristiger Kalkdüngungsversuche im nord- und westdeutschen Bergland. Weitere Kalkungsversuche. Schriftenreihe der Forstl. Fak. der Univ. Göttingen und der Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt, Band 50.
- SEIBT, G.; WITTICH, W., 1977: Ertragskundliche und bodenkundliche Ergebnisse langfristiger Kalkdüngungsversuche im nord- und westdeutschen Bergland. Der älteste Kalkungsversuch in Neuenheerse und bodenkundliche Grundlagen. Schriftenreihe der Forstl. Fak. der Univ. Göttingen und der Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt, Band 50.
- ULRICH, B., 1979: Die Wälder Mitteleuropas: Meßergebnisse ihrer Umweltbelastung, Theorie ihrer Gefährdung, Prognose ihrer Entwicklung. AFZ, 1198–1202.
- ULRICH, B., 1981 a: Theoretische Betrachtung des Ionenkreislaufs in Waldökosystemen. Z. Pflanzenernährung, Bodenk. 144, 647–659.
- ULRICH, B., 1981 b: Destabilisierung von Waldökosystemen durch Akkumulation von Luftverunreinigungen. Forst- und Holzwirt 36, 525–532.
- ULRICH, B., 1982: Gefahren für das Waldökosystem durch saure Niederschläge. LÖLF-Mitt. Sonderheft. Landesanstalt für Ökologie Nordrhein-Westfalen, 9–25.
- ULRICH, B., 1983: A concept of forest ecosystem stability and of acid deposition as driving force for destabilisation. In: B. ULRICH and J. PANKRATH, Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystems, D. Reidel Publ. Co., Dordrecht, 1–29.
- ULRICH, B.; MATZNER, E., 1983: Abiotische Folgewirkungen der weiträumigen Ausbreitung der Luftverunreinigungen. Luftreinhalte Forschungsbericht 104 02 615.
- ULRICH, B.; MAYER, R.; KHANNA, P. K., 1979: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schriften der Forstl. Fak. Univ. Göttingen und der Niedersächs. Forstl. Versuchsanstalt 58.
- ULRICH, B.; MAYER, R.; KHANNA, P. K., 1980: Chemical changes due to acid precipitation in a loess derived soil in Central Europe, Soil Science 130, 193–199.

Anschrift der Verfasser: Prof Dr. K. KREUTZER und Dipl.-Geol. Dr. J. BITTERSÖHL, Lehrstuhl für Bodenkunde, Amalienstraße 52, D-8000 München 40