

Auswirkung von Düngemaßnahmen auf einen sekundären Fichtenbestand im Kobernaußerald mit Symptomen des Fichten-Triebsterbens

R. Jandl, H. Anglberger, M. Reh und E. Halmschlager

Effect of fertilization of a secondary spruce stand in the Kobernaußerald with shoot blight symptoms

1. Einleitung

Schon Ende der siebziger Jahre wurde von Forstpraktikern in Fichtenbeständen Oberösterreichs häufig ein von ‚neuartigen Waldschäden‘ abweichendes Schadbild beobachtet. Betroffen waren vor allem Standorte im Kobernaußerald, Hausruck, Sauwald und Böhmerwald. Forstpathologen der Universität für Bodenkultur stellten in diesen Beständen starken Befall durch den Schadpilz *Sirococcus conigenus*, dem Erreger eines Triebsterbens, fest (NEUMÜLLER, 1994; ANGLBERGER, 1998; HALMSCHLAGER et al., 2000). Charakteristisch für die Erkrankung, die durch diesen Pilz hervorgerufen wird, ist das Absterben der Maitriebe sowie ein Fortschreiten der Kronenverlichtung von außen nach innen. Befallen waren vor allem mitherrschende Bäume. An manchen Standorten verschlechterte sich der Zustand der Bestände rasant, so daß in einzelnen Fällen diese sogar frühzeitig geräumt werden mußten. Die Zusammenhänge zwi-

schen Pilzbefall und Standortfaktoren waren nicht eindeutig. Einerseits war deutlich, daß besonders Bestände mit schlechtem Pflegezustand (Durchforstungsrückständen) betroffen waren, andererseits waren in unmittelbarer Nähe unter gleichen Standortbedingungen ungeschädigte Bestände anzutreffen. Diese waren stets besser gepflegt, die einzelnen Bäume hatten daher längere Kronen und litten weniger unter Konkurrenz. Aus der Bestandesgeschichte ergab sich, daß einige der nicht kränkelnden Bestände im Zuge von Meliorationsmaßnahmen früher gedüngt worden waren. Es hatte sich dabei nicht um exakte Düngungsversuche gehandelt. So wurde etwa an einem der Standorte in den 60er Jahren ein lokal verfügbarer kalkhaltiger Mergel ausgebracht. Jedenfalls gab diese Beobachtung zu der Hypothese Anlaß, daß mit einer Meliorationsdüngung die Resistenz der Bestände gegenüber dem *Sirococcus*-Triebsterben erhöht werden kann. Aufgrund bodenkundlicher Voruntersuchungen wurde beschlossen, mit der Düngung von

Summary

Many secondary spruce forests in central Upper Austria are affected with *Sirococcus conigenus*, a fungus causing shoot blight. Affected trees show progressive crown deterioration and often stands need to be harvested long before they reach the prescribed rotation age. In an experiment in the Kobernaußerald we investigated whether an improvement of the nutritional status helps to preserve these stands. Several plots in a 60 year old spruce forest were treated with combinations of organic fertilizers, magnesium rich carbonate fertilizers and classical NPK fertilizers. We assessed the defoliation of the canopies, the intensity of *Sirococcus* shoot blight, the chemical soil condition and the nutrient content of needles. Seven years after the fertilization the soil pH was only slightly raised. The magnesium pool was enhanced where magnesium fertilizers have been applied. The response of nutrient content in needles was quite variable. The greatest improvements were achieved with magnesium carbonate fertilizers. The intensity of *Sirococcus* shoot blight was reduced. The improvement of the nutritional status seems to have modified several resistance mechanisms of trees and have promoted recovery. Therefore stand fertilization is a valuable tool to stabilize stands that are affected with *S. conigenus* in order to facilitate the consecutive stand conversion by means of silvicultural methods.

Key words: amelioration fertilization, secondary spruce forest, *Sirococcus conigenus*, shoot blight, Kobernaußerald.

Zusammenfassung

Viele sekundäre Fichtenbestände des oberösterreichischen Zentralraums sind vom Pilz *Sirococcus conigenus*, dem Erreger eines Triebsterbens, befallen. Die betroffenen Bäume sterben von der Spitze her ab und vielfach müssen die Bestände lange vor dem Erreichen des geplanten Umtriebsalters genutzt werden. In einem Versuch im Kobernaußerald wurde untersucht, ob durch eine Verbesserung des Ernährungszustands des Waldes die Bestände erhalten werden können. In einem Parzellenversuch wurde ein etwa 60-jähriger Bestand mit Kombinationen von organischen Düngemitteln, magnesiumreichen Karbonatdüngern und klassischen NPK-Düngern behandelt. Es wurden der Grad der Kronenverlichtung, die Intensität des *Sirococcus*-Triebsterbens, der bodenchemische Zustand und der Nährelementgehalt der Nadeln erhoben. Sieben Jahre nach der Versuchsanlage waren nur geringe Veränderungen des pH-Wertes im Boden erkennbar. Wo magnesiumreicher Karbonatdünger angewendet worden war, verbesserte sich die Magnesiumausstattung des oberen Mineralbodens deutlich. Die Nährelementgehalte in den Nadeln wurden durch die verschiedenen Varianten recht unterschiedlich beeinflusst. Durch die Düngung mit dem magnesiumreichen Karbonatdünger wurde eine deutliche Verbesserung der Magnesiumernährung erzielt. Insgesamt war die Behandlung mit einer Kombination von organischen Düngemitteln mit magnesiumreichem Karbonat am erfolgreichsten. Die Intensität des *Sirococcus*-Triebsterbens konnte reduziert werden. Offenbar wurden durch die Verbesserung der Bestandesernährung die verschiedenen Resistenzmechanismen sowie das Regenerationsvermögen der Bäume gestärkt. Die Bestandesdüngung ist damit im Untersuchungsgebiet ein wichtiges Werkzeug, um Bestände, deren Existenz durch Befall mit dem Erreger des *Sirococcus*-Triebsterbens gefährdet ist, so weit zu stabilisieren, daß waldbauliche Maßnahmen zur Bestandesumwandlung ergriffen werden können.

Schlagworte: Meliorationsdüngung, sekundärer Fichtenbestand, *Sirococcus conigenus*, Triebsterben, Kobernaußerald.

allein die Basensättigung des Bodens anzuheben. Immerhin handelt es sich bei den Standorten des Kobernaußeraldes um Waldböden, deren Ausstattung mit basischen Kationen am unteren Ende des Spektrums österreichischer Waldböden liegt (KILLIAN, 1992). Zwischen 1989 und 1993 wurden in der Böhmischen Masse Waldsanierungsversuche mit magnesiumreichen Karbonatdüngern der Biomag-Gruppe und mit organischen Düngemitteln in Beständen mit geringer Basenausstattung durchgeführt (KATZENSTEINER et al., 1995; JANDL et al., 2000). Die Erfolge dieser Düngungsversuche waren beeindruckend, so daß man beschloß, eben diese Produkte in der gegenständlichen Problemstellung anzuwenden. Die Argumentationslinie war, daß mit dem organischen Bodenhilfsstoff die mikrobielle Aktivität angekurbelt werden sollte, der Karbonatdünger sollte die Basensättigung erhöhen. Um einerseits die Nährstoffe aus dem Düngemittel rasch verfügbar zu machen und um andererseits nicht durch ein relatives Überangebot an Kalzium eine Verknappung von Magnesium herbeizuführen, wurde dem magnesiumreichen Biomag gegenüber anderen Karbonatdüngern der Vorzug gegeben.

Der hier beschriebene Düngungsversuch wurde als Parzellenversuch im Jahr 1992 angelegt. Sieben Jahre nach der Düngung wurde der chemische Bodenzustand erhoben.

Außerdem wurden die Nährelementgehalte der Nadeln gemessen. Während des Versuches wurde an ausgewählten Versuchsbäumen mehrmals der Kronenzustand nach den Kriterien der Waldzustandsinventur erhoben (vgl. KRISTÖFEL, 1996). Detaillierte Untersuchungen zum *Sirococcus*-Triebsterben im Untersuchungsgebiet wurden von ANGLBERGER (1998) durchgeführt.

2. Methoden

Der **Versuchsstandort** ‚Waldzell‘ liegt im östlichen Kobernaußerald nahe dem Steiglberg in etwa 620 m Seehöhe. Der Hang ist SW exponiert und leicht geneigt. Auf dem schotterreichen Molasseuntergrund liegt ein sandig-lehmiger Podsol. Der humose Oberboden ist nur etwa 5 cm mächtig. Darunter findet sich ein grobskelettreicher, humusarmer Mineralboden. Der pH-Wert, gemessen in Wasser, beträgt im Oberboden 3 und nimmt bis in 40 cm Bodentiefe auf 4 zu und muß daher als stark sauer eingestuft werden. Auf dem Mineralboden liegt eine 8 cm mächtige Moderauflage. Der Boden zeigt verschiedene Merkmale der Degradierung: der Auflagehumus ist vom Mineralboden scharf abgetrennt, die Nährstoffarmut des Mineral-

bodens bewirkt, daß unterhalb von 10 cm keine nennenswerte Durchwurzelung auftritt. Organische Substanz wird praktisch nur durch Infiltration in tiefere Bodenschichten transportiert; Merkmale einer biologischen Durchmischung fehlen.

Beim **Versuchsbestand** handelt es sich um einen 71-jährigen Fichtenbestand der siebten Ertragsklasse (Fichte Bayern). Der Vorbestand wurde 1929 durch Sturm geworfen. Die windexponierte Kuppe war dann neu aufgeforstet worden. Der Bestand war zu Versuchsbeginn nicht mehr voll bestockt und wies starken *Sirococcus*-Befall auf. Es war zu befürchten, daß bei Anhalten des Befalls der Bestand das angestrebte Nutzungsalter von 100 Jahren nicht erreichen würde.

Die einzelnen **Düngeparzellen** hatten eine Größe von 2500 m². Zwischen den Parzellen wurde ein unbehandelter Pufferstreifen von 5 m Breite belassen. Es wurden insgesamt 9 Parzellen mit 5 Düngungsvarianten angelegt. Die Varianten sind in Tabelle 1 angeführt.

Biomag M7 besteht zu 70 % aus rasch löslichem Magnesiumoxid und zu 30 % aus Dolomit und Magnesit. Eine Beschreibung ist in JANDL (1996a) zu finden. Primafert ist ein organischer Volldünger aus Bakterienbiomasse mit einem C/N-Verhältnis von 5 : 1. Details zu diesem Produkt finden sich in KATZENSTEINER et al. (1994). Vollkorn rot und Vollkorn spezial sind Standarddüngemittel der Agrolinz. Vollkorn rot enthält 12% Stickstoff, 12 % P₂O₅, 17 % K₂O und 2% MgO. Vollkorn spezial enthält 15 % Stickstoff, 5 % P₂O₅, 12 % K₂O und 4 % MgO. Diese beiden Stickstoffdünger wurden in die Versuchsanordnung aufgenommen, da der Versuchsbestand, genauso wie viele andere Fichtenwälder Österreichs, noch immer eine Unterversorgung an Stickstoff aufweist. Daher bestand durchaus Anlaß zur Annahme, daß durch eine Behebung des Stickstoffmangels Defizite im Nährstoffhaushalt des Bestandes aufgehoben werden könnten. – Die Düngemittel wurden händisch ausgebracht, um den Versuchserfordernissen

durch eine gleichmäßige Nährstoffverteilung gerecht zu werden.

Für die **chemische Bodenanalyse** wurden im Frühjahr 1999 drei Bodenproben aus jeweils den Tiefen 0–10 cm, 10–20 cm und 20–30 cm gezogen. Die Einzelproben pro Parzelle und Tiefenstufe wurden zu Mischproben vereinigt, so daß für jede Variante eine Probe pro Tiefenstufe vorlag. Es wurden der pH-Wert in Aqua dest., sowie die Gesamtgehalte an Kohlenstoff und Stickstoff ermittelt. Außerdem wurden die Gehalte an austauschbar gebundenem Kalzium, Magnesium und Aluminium (BaCl₂-Extrakt) ermittelt. – Humusproben aus dem Auflagehumus wurden nach dem Aussortieren von größeren Astteilen, Fichtenzapfen und lebenden Feinwurzeln homogenisiert und anschließend hinsichtlich ihrer Gesamtgehalte an Kohlenstoff und Stickstoff und der säurelöslichen Gehalte an Kalzium und Magnesium (HNO₃/HClO₄-Aufschluß) analysiert. Die Methodik der Bodenuntersuchung ist in BLUM et al. (1996) beschrieben.

Das Astmaterial für die Gewinnung von **Nadelproben** stammt aus dem Winter 1998/99. Von jeder Parzelle wurden 3 Probeäste aus dem Lichtkronenbereich dominierender Fichten entnommen. Die Proben wurden so zu Mischproben vereinigt, daß pro Variante je eine Probe des jüngsten und des 3-jährigen Nadeljahrganges chemisch analysiert wurden. Die chemische Analyse der Nadeln erfolgte nach dem Protokoll der Humusproben. Es wurden die Gesamtgehalte an Stickstoff (Autoanalysator), Kalzium und Magnesium (HNO₃/HClO₄-Aufschluß) bestimmt.

Im Mai 1993, September 1994, Mai 1996 und Februar 2000 wurde der Kronenzustand als Parameter für den Bestandeszustand von einem Experten festgestellt. Dabei wurden der allgemeine Kronenzustand sowie die Entnadelung nach Kriterien der Waldzustandsinventur angesprochen (vgl. KRISTÖFEL, 1996).

Eine einmalige Erhebung der Intensität des *Sirococcus*-Triebsterbens auf den gedüngten Parzellen und den Kon-

Tabelle 1: Varianten und Düngerdosierungen im Meliorationsversuch 'Waldzell'.

Table 1: Treatments and amounts of applied fertilizer in the site amelioration experiment 'Waldzell'

Variante	Parzellen	Dosierung der Düngemittel [kg/ha]
Kontrolle	1, 9	–
Biomag M7 + Primafert	2, 7	Biomag: 2500, Primafert: 1880
Primafert I	3	Primafert: 4300
Primafert II	6	Primafert: 2500
Biomag M7 + Vollkorn rot	4, 8	Biomag: 2500, Vollkorn rot: 1250
Vollkorn spezial	5	Vollkorn spezial: 1000

trollparzellen erfolgte im Sommer 1996 (ANGLBERGER, 1998). Dazu wurde in die Mitte jeder Parzelle eine Stichprobenfläche (F = 196 m²) gelegt. Innerhalb dieser Stichprobenfläche wurde an jedem Baum die Intensität des Befalles (Anteil am Triebsterben erkrankter Triebe zur Gesamttriebzahl) geschätzt. Die untersuchten Bäume wurden anhand dieser Schätzwerte vier Schadklassen (nicht, leicht, mittel und stark geschädigt) zugeteilt. Eine statistische Auswertung erfolgte mittels loglinearer Modelle.

3. Ergebnisse

3.1 Chemische Analysen

Die chemische Bodenanalyse (Tabelle 2) hat gezeigt, daß der Effekt auf den pH-Wert des Bodens bei allen Varianten gering war. Zwar ist bei den mit Biomag behandelten Par-

zellen eine deutliche Verminderung der Säurestärke im Humus erkennbar, doch die Tiefenwirkung auf den Mineralboden ist bescheiden. Die anderen Varianten haben durchwegs geringere pH-Werte als die Kontrollparzellen. Die Differenzen sind jedoch so klein, daß sie wohl eher als Hinweis auf die kleinflächige Variabilität als auf Unterschiede zwischen den Behandlungen zu werten sind.

Der Kohlenstoff- und Stickstoffgehalt blieb im Boden durch die Behandlungen großteils unverändert. Dies ist bemerkenswert, da immerhin zwei Varianten mit Vollkorn-Düngern behandelt wurden. Der Stickstoff wurde offensichtlich nicht im Boden gespeichert. Bei der Variante Primafert II sind im Oberboden sowohl die Kohlenstoff- als auch die Stickstoffgehalte deutlich höher als bei den anderen Varianten.

Die Gehalte an austauschbar gebundenem Kalzium wurden durch die verschiedenen Düngungsvarianten nicht wesentlich verändert. Auch an der Aluminiumsättigung des

Tabelle 2: Ergebnisse der chemischen Bodenanalyse: pH (H₂O), C:N-Verhältnis, Gehalte an säurelöslichem Kalzium und Magnesium in den Humusaufgaben sowie Gehalte an austauschbar gebundenem Kalzium, Magnesium und Aluminium in den Mineralböden

Table 2: Results of the chemical soil analysis: pH (H₂O), C:N-ratio, content of acid extractable calcium and magnesium in the forest floor and content of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum in the mineral

Parzelle	pH	C [%]	N [%]	C:N	Ca		Al
						Mg [mmol./kg]	
Kontrolle							
Auflage	3.84	36.82	1.5	24.5	46.42	46.13	
0-10 cm	3.88	2.31	0.15	15.4	9.48	4.98	54.82
10-20 cm	3.92	2.81	0.14	20.1	4.87	2.58	76.50
20-30 cm	4.38	1.7	0.07	24.3	5.19	2.16	29.83
Biomag M7 + Primafert							
Auflage	4.72	33.69	1.21	27.8	90.53	586.83	
0-10 cm	3.75	3.95	0.2	19.8	5.10	6.59	56.60
10-20 cm	3.8	1.83	0.07	26.1	5.90	3.00	60.91
20-30 cm	3.91	1.36	0.05	27.2	9.00	3.77	37.96
Primafert I							
Auflage	3.66	38.22	1.51	25.3	76.34	49.49	
0-10 cm	3.65	1.57	0.07	22.4	5.57	2.86	48.18
10-20 cm	4	2.64	0.11	24.0	5.74	5.70	62.29
20-30 cm	3.94	0.65	0.05	13.0	6.05	2.83	42.68
Primafert II							
Auflage	3.62	41.1	1.61	25.5	126.83	55.07	
0-10 cm	3.41	5.68	0.28	20.3	5.88	2.83	37.80
10-20 cm	3.5	3.48	0.12	29.0	5.28	2.86	75.08
20-30 cm	3.91	2.18	0.07	31.1	4.97	2.58	64.48
Biomag M7 + Vollkorn rot							
Auflage	4.4	37.39	1.52	24.6	95.97	461.60	
0-10 cm	3.72	2.57	0.14	18.4	5.17	10.28	46.95
10-20 cm	3.81	2.22	0.09	24.7	4.89	4.18	64.35
20-30 cm	3.99	1.37	0.05	27.4	5.40	5.03	45.78
Vollkorn spezial							
Auflage	3.5	30.91	1.2	25.8	112.31	48.44	
0-10 cm	3.48	2.39	0.11	21.7	6.77	3.17	49.48
10-20 cm	3.79	3.19	0.11	29.0	6.10	2.86	72.05
20-30 cm	3.65	2.26	0.08	28.3	6.02	2.75	73.62

Tabelle 3: Ergebnisse der chemischen Nadelanalyse: Gehalt an Stickstoff, Kalzium und Magnesium sowie das Stickstoff-Magnesium-Verhältnis im ersten und im dritten Nadeljahrgang von vorherrschenden Fichten

Table 3: Results of the chemical needle analysis: content of nitrogen, calcium, and magnesium and ratio of nitrogen and magnesium in one and three year old needles of dominant trees

Variante	erster Nadeljahrgang				dritter Nadeljahrgang			
	N [mg/g]	Ca [mg/g]	Mg [mg/g]	N:Mg	N [mg/g]	Ca [mg/g]	Mg [mg/g]	N:Mg
Kontrolle	12.40	3.10	0.93	13.33	12.40	5.05	0.62	20.00
Biomag M7 + Primafert	12.40	2.40	1.81	6.85	11.00	2.72	1.03	10.68
Primafert I	11.40	4.20	1.23	9.27	10.60	4.31	0.73	14.52
Biomag M7 + Vollkorn rot	13.10	2.67	1.87	7.01	10.80	2.91	0.94	11.55
Primafert II	15.70	3.35	1.06	14.81	15.10	4.61	0.84	17,98
Vollkorn spezial	14.00	1.07	0.42	33.33	11.10	4.73	0,72	15,42

Austauschers hat sich durch die Düngung so wenig geändert, daß eine Unterscheidung des Behandlungseffektes von der räumlichen Variabilität des Merkmals nicht möglich ist. Deutliche Unterschiede sind, wie zu erwarten war, bei den Gehalten an *säurelöslichem Magnesium* in der Humusaufgabe und an *austauschbarem Magnesium* im Mineralboden erkennbar. Durch die gute Löslichkeit des oxidischen Düngeranteils in den Biomag-Varianten ist auch die erwünschte Wirkung auf tiefere Schichten des Mineralbodens gegeben.

Die chemische Nadelanalyse (Tabelle 3) zeigt, daß – verglichen mit den von HÜTTL (1986) und GUSSONE (1964) postulierten Grenzwerten – die *Stickstoffversorgung* auf der Kontrollparzelle knapp ist. Nur durch die Düngung mit Vollkorn rot und Vollkorn spezial sowie durch Primafert II können die Spiegelwerte im ersten Nadeljahrgang nennenswert erhöht werden und liegen damit nicht mehr im Bereich mangelhafter Ernährung. Die Stickstoffgehalte im ersten Nadeljahrgang werden bei der kombinierten Variante von Biomag und Primafert nicht verbessert, bei der Kombination von Biomag und Vollkorn wird der gewünschte Effekt auf die Stickstoffernährung aber erzielt. Mit Ausnahme von Primafert II sind die Stickstoffgehalte des dritten Nadeljahrgangs geringer als in der Kontrolle. Möglicherweise wird durch die Melioration die Wachstumsrate soweit erhöht, daß es zu einer Verdünnung der Nährstoffe kommt.

Die verschiedenen Düngungsvarianten beeinflussen die *Kalziumernährung* unterschiedlich. Primafert verbessert die Kalziumernährung. Biomag M7 und die beiden Vollkorn-Dünger haben nur geringe Kalziumgehalte und können daher die Kalziumernährung nicht verbessern. Bei allen Varianten sind die Kalziumgehalte des dritten Nadeljahrganges höher als im ersten Nadeljahrgang, da die Nadeln beim pflanzeninternen Transport von Kalzium eine Endstation darstellen. Kalzium wird daher im Zuge der Alte-

rung der Nadeln zunehmend angereichert und kommt nach dem Streufall wieder dem Boden zugute.

Magnesium ist auf den Kontrollparzellen ein knappes, jedenfalls nicht ausreichend vorhandenes Nährelement. Der Spiegelwert von 0,93 mg/g Mg liegt unter den von HÜTTL (1986) oder GUSSONE (1964) angegebenen Grenzwerten für ausreichende Versorgung. Im dritten Nadeljahrgang ist der Magnesiummangel eklatant. In der Variante Vollkorn spezial war der Magnesiummangel besonders deutlich ausgeprägt (Tabelle 3). Hingegen ließen sich in den Nadelproben von den übrigen Düngervarianten höhere Mg-Werte als in jenen von der Kontrollvariante nachweisen. Der Unterschied fiel bei Primafert schwach aus, die beiden Varianten mit Biomag M7 haben hingegen zu deutlichen Erhöhungen der Spiegelwerte geführt. Dies gilt für den ersten Nadeljahrgang genauso wie für den dritten. Die hohen Magnesiumgehalte führen als Nebeneffekt zu einer sattgrünen Färbung der Nadeln und beeinflussen die Ansprache der Bestandesvitalität erheblich.

Neben den absoluten Nährelementgehalten sind die Verhältnisse der Nährelemente zueinander, die *Nährelementquotienten*, von Bedeutung. In der Tabelle 3 ist als Maßzahl das N:Mg-Verhältnis angeführt. Bei „harmonischer“ Ernährung liegt diese Maßzahl im Bereich zwischen 8 und 14 (STEFAN, 1995). Ein weiteres N:Mg-Verhältnis wird als ungünstig erachtet und gilt als Merkmal der Stickstoffeutrophierung von Waldstandorten. Die Tabelle 3 zeigt, daß die Nadelproben von der Primafert I-Variante sowie jene der beiden Varianten mit Biomag M7 ein bedeutend engeres N:Mg-Verhältnis aufweisen als Nadelproben von der Kontrollfläche. Die Freisetzung von Stickstoff aus dem Humus und aus dem Düngemittel induziert daher keinen Magnesiummangel. Statt dessen wird ausreichend Magnesium aus den gleichen Quellen mobilisiert, sodaß das N:Mg-Verhältnis sogar günstiger wird.

3.2 Kronenzustand

Der Effekt der Sanierungsmaßnahmen auf den Kronenzustand ist aus der Abbildung 1 ersichtlich. Insgesamt hat sich der Kronenzustand auf der Fläche im Versuchszeitraum verbessert. Deutlich ist erkennbar, daß die Varianten mit Biomag sowie die hoch dosierte Variante Primafert I günstigere Verhältnisse aufweisen als die Kontrolle. Die niedrig dosierte Variante Primafert II fällt dagegen genauso wie Vollkorn spezial etwas ab.

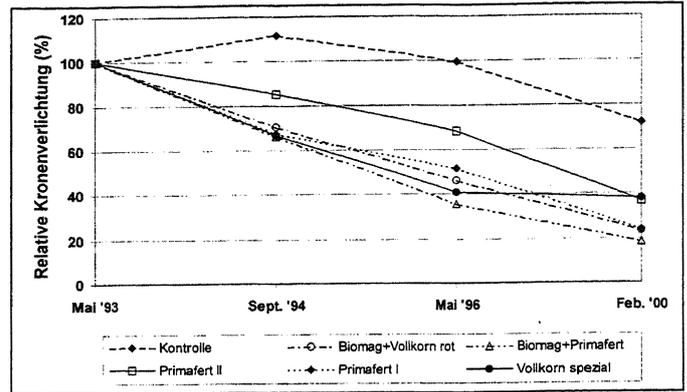


Abbildung 1: Entwicklung des Verlichtungsgrades der Baumkronen von ausgewählten Bäumen während des Sanierungsversuches. Relative Kronenverlichtung zu Versuchsbeginn = 100%

Figure 1: Temporal development of the crown conditions during the amelioration experiment. Relative defoliation at the beginning of the experiment = 100%

3.3 Intensität des *Sirococcus*-Triebsterbens

Wie aus Tabelle 4 ersichtlich ist, schwankte die Intensität des *Sirococcus*-Triebsterbens zwischen den einzelnen Düngervarianten beträchtlich. Der vergleichsweise geringste Befall trat auf den mit Biomag M7 + Primafert gedüngten Parzellen auf. Auch die untersuchten Bäume in der Variante Biomag + Vollkorn rot waren im Vergleich zu den übrigen Varianten nur wenig befallen. Stärkerer Befall trat in der Kontrolle und in der Variante Primafert I auf. Laut loglinearer Analyse sind diese Unterschiede zu den Biomag-Varianten jedoch nicht signifikant. Die Kontrolle und die Variante Primafert I nehmen im Vergleich zu den anderen

Behandlungsvarianten hinsichtlich Befallsintensität eine Mittelstellung ein. In beiden Varianten waren die Anteile nicht geschädigter beziehungsweise geschädigter Bäume annähernd gleich hoch. Der stärkste Befall war in den Varianten Primafert II und Vollkorn spezial zu verzeichnen. Diese beide Varianten wiesen zum Zeitpunkt der Erhebung

Tabelle 4: Intensität des *Sirococcus*-Triebsterbens in den Parzellen 1 bis 9 – vier Jahre nach der Düngung: Anteile nicht geschädigter (Schadklasse 0) und geschädigter Bäume (Schadklasse 1) in den einzelnen Behandlungsvarianten

Schadklassen: 0 – Befallsintensität ≤ 5 %, 1 – Befallsintensität > 5 % (1a ... 6 – 20 %, 1b ... 21 – 50 %, 1c ... > 50 %) n ... Anzahl untersuchter Bäume (Brusthöhendurchmesser ≥ 10 cm),

unterschiedliche Buchstaben hinter den Zeilen beziehen sich auf signifikante Unterschiede in loglinearen Analysen (p < 0,05)

Table 4: Severity of *Sirococcus* shoot blight four years after the fertilization: Percentage of undamaged (damage class 0) and damaged trees (damage class 1) related to treatment

damage classes: 0 – disease severity ≤ 5 %, 1 – disease severity > 5 % (1a ... 6 – 20 %, 1b ... 21 – 50 %, 1c ... > 50 %) n ... number of assessed trees (diameter breast high ≥ 10 cm),

different letters after columns refer to significant differences of ratios used in loglinear analyses (p < 0,05)

Variante	Parzelle	Anteil (%) an Bäumen in den Schadklassen				
		0	1a	1b	1c	
Kontrolle	1 (n=15)	80	0	13	7	
	9 (n=19)	63	26	5	5	
	1 + 9	71	15	9	6	ab
Biomag + Primafert	2 (n=10)	90	10	0	0	
	7 (n=13)	85	0	15	0	
	2 + 7	87	4	9	0	a
Biomag + Vollkorn rot	4 (n=15)	87	13	0	0	
	8 (n=16)	81	13	0	6	
	4 + 8	84	13	0	3	a
Primafert I	3 (n=15)	73	13	7	7	ab
Primafert II	6 (n=16)	50	19	25	6	bc
Vollkorn spezial	5 (n=11)	27	36	27	9	c

einen vergleichsweise hohen Anteil geschädigter Bäume sowie einen nur geringen Anteil nicht befallener Bäume auf. Innerhalb dieser beiden Varianten war die Befallsituation auf der Primafert II-Parzelle etwas günstiger. Der Befall war zwar signifikant stärker als in den Biomag-Varianten, unterschied sich jedoch nicht signifikant von der Kontrolle und von der Variante Primafert I. Hingegen war die Befallsintensität auf der Vollkorn spezial-Parzelle im Vergleich zu diesen beiden Varianten signifikant höher.

4. Diskussion

Ausgewogen ernährte Waldbestände gelten als widerstandsfähiger gegenüber einer Vielzahl von Belastungen (FÜHRER, 1988). Durch eine Kombination vieler ungünstiger Einflüsse wurde in der Vergangenheit die Waldernährung jedoch nachteilig beeinflusst: Nährstoffe wurden durch Jahrhunderte hindurch im großen Maßstab aus dem Wald exportiert um die landwirtschaftliche Produktion zu sichern, der Nährstoffkreislauf wurde durch flachwurzeln Baumarten mit langsam abbaubarer Streu verlangsamt, Schadstoffeinträge haben zu erheblichen Auswaschungsverlusten an basischen Nährstoffen aus dem Boden geführt. Die Degradation des Standortes führte in manchen Regionen zu einer erhöhten Disposition von sekundären Fichtenwäldern gegenüber biotischen Schaderregern. Eine der möglichen Meliorationsmaßnahmen ist die Bestandesdüngung. Der Haupteffekt einer Meliorationsdüngung in Waldbeständen ist stets die Mobilisierung des Nährstoffkapitals, das im Humus gebunden vorliegt. In biologisch inaktiven Humusdecken ist dieser Nährstoffvorrat bedeutend höher als Nährstoffgaben, die mit praxisüblichen Düngerdosierungen zugeführt werden können (vgl. Angaben in REHFUESS, 1982). Eine Düngungsmaßnahme soll nicht in einem Zug das Nährstoffkapital des Standortes aufstocken. Vielmehr soll getrachtet werden, durch die Ankerbelung der biologischen Aktivität das vorliegende Nährstoffkapital zu mobilisieren und so den mitunter trägen Nährstoffkreislauf zwischen dem Bestand und dem Waldboden zu beschleunigen.

Zur Wahl der Düngemittel ist zu bemerken, daß Biomag M7 für den Einsatz in Wäldern nur bedingt geeignet ist, da der Kalziumanteil eher gering und der Anteil an leicht löslichem Magnesiumoxid eher zu hoch ist. Auf Kosten der Geschwindigkeit des Meliorationserfolges wäre ein kalziumreicheres Produkt mit einem geringeren Magnesiumoxidanteil günstiger. – Vollkorn spezial verknappt Kalzium und

Magnesium und ist daher für den Einsatz in der Waldsanierung unter den gegebenen Standortbedingungen nicht geeignet. Die Variante Primafert I ist für den praktischen Einsatz schon allein aufgrund der hohen Kosten nicht geeignet. Es ist zu beachten, daß die Auflösung von Primafert gleich der Mineralisierung von organischer Substanz ist. Bei diesem Prozeß werden organische Säuren freigesetzt. Durch die leichte Abbaubarkeit des im Vergleich zu Humusbestandteilen sehr proteinreichen Substrats läuft der Prozeß der Mineralisierung rasch ab. Die Säurewirkung der organischen Säuren wird nicht an einer Absenkung des pH-Wertes im Boden deutlich, da dieser stabil im Aluminiumpufferbereich liegt, der unter den gegebenen Standortbedingungen praktisch unerschöpflich ist. Die organischen Säuren können bei einer niedrigen Dosierung des organischen Düngemittels (Variante Primafert II) von basischen Kationen aus dem abgebauten Humus neutralisiert werden, im Falle der Kombination mit Biomag erfolgt die Säureneutralisation aus den gelösten Düngerbestandteilen.

Die Tiefenwirkung der verschiedenen im Versuch eingesetzten Düngemittel ist gering. Allein in den Varianten mit Biomag M7 ist eine deutliche Erhöhung des Magnesiumgehaltes auch in tieferen Schichten des Mineralbodens zu bemerken. Die Wirkung auf den pH-Wert des Bodens ist aber gering. Die bescheidene Tiefenwirkung ist ein bekanntes Problem bei der Bestandesdüngung. In früheren Meliorationsversuchen, beschrieben etwa in BAULE und FRICKER (1967), wurde zur Gewährleistung einer Tiefenwirkung der Boden umgebrochen. Solche Maßnahmen sind bei Bestandesdüngungen nicht möglich. Auch rasch lösliche Düngemittel bieten nicht die erhoffte Lösung des Problems, da es sich dabei stets um Salze starker Säuren handelt, die nachhaltig negative Wirkungen auf die Bodenchemie haben (HILDEBRAND, 1988). Bei rasch löslichen Düngemitteln hält außerdem die Nährstofffestlegung in der mikrobiellen und pflanzlichen Biomasse nicht mit der Nährstofffreisetzung aus dem Dünger mit. Der Großteil der Nährstoffe geht daher ins Grundwasser verloren. Genau dies dürfte bei den beiden Vollkorn-Varianten des vorliegenden Versuches der Fall gewesen sein. Dieser Prozeß wurde bei Versuchen im Rahmen des Projektes FIW II an einem Standort in Sandl/Oberösterreich durch Untersuchungen des Chemismus des Bodenwassers nachgewiesen (KATZENSTEINER et al., 1994). Primafert sollte auf sauren Standorten stets gemeinsam mit karbonatischen Düngemitteln, nicht aber allein ausgebracht werden, da bei seiner Auflösung organische Säuren freigesetzt werden, welche durch Karbonat

abgepuffert werden müssen. Durch die organische Substanz wird die biologische Aktivität angekurbelt. Insbesondere auf den degradierten Standorten des Kobernauberwaldes kommt der Stickstofffreisetzung aus dem immobilisierten Nährstoffvorrat des Humus eine große Bedeutung für den Erfolg von Meliorationsmaßnahmen zu.

Eine okulare Beurteilung der Nadelvergilbung in den Kronen der Bäume lieferte vorerst kein starkes Argument zugunsten einer Magnesiumdüngung. Die mangelhafte Magnesiumversorgung ist mit freiem Auge oft nicht erkennbar und konnte erst durch die chemische Nadelanalyse nachgewiesen werden. Vergilbungen der älteren Nadeljahrgänge sind zwar für Magnesiummangel charakteristisch, doch ist dieses Merkmal bei *Sirococcus*-Befall und der schütterten Benadelung kaum identifizierbar. Der Versuch belegt deutlich, daß die Magnesiumversorgung am stärksten reagiert hat: sowohl die chemischen Bodenanalysen als auch die Nadelanalysen zeigen den deutlichen Behandlungseffekt. Frühere Versuche haben gezeigt, daß sich die Magnesiumernährung bei einer Düngung mit Biomag über mehrere Jahre hinweg stetig erhöht, so daß damit gerechnet werden kann, daß in einigen Jahren auch die älteren Nadeljahrgänge höhere Magnesiumgehalte aufweisen werden (JANDL, 1996b).

Die Verringerung der Stickstoffgehalte im dritten Nadeljahrgang der gedüngten Parzellen kann als Folge der verbesserten Konstitution des Bestandes interpretiert werden: die dichtere Benadelung der Baumkronen und die insgesamt höhere Wachstumsrate führt zu einer Erhöhung des Nährstoffbedarfs, der aus dem Nährstoffkapital des degradierten Standorts und aus den Nährstoffen, die aus den Düngemitteln freigesetzt werden, nicht gedeckt werden kann. Folgt man dieser Argumentation, wäre die Verwendung von Düngemittelkombinationen mit einem höheren Stickstoffanteil die notwendige Folgerung. Dieser Befund ist bis jetzt hypothetisch und Bedarf der rigorosen Überprüfung in einem Folgeversuch. Dennoch werden mit den vorliegenden Daten die Aussagen von STEFAN und GABLER (1998) gestützt, wonach Stickstoff in den österreichischen Wäldern trotz der zweifellos stattfindenden Stickstoffanreicherung ein verbreitetes Mangellement ist.

Falls Stickstoff das limitierende Element ist, müßte zur Steigerung des Bestandeswachstums auch Stickstoff gedüngt werden. Im vorliegenden Fall ist aber die Verbesserung der Resistenz gegen das *Sirococcus*-Triebsterben das erklärte Ziel. Wie Abbildung 1 zeigt, ließen sich die Kronen der Fichten auf den behandelten Flächen beträchtlich ausbauen. Es ist zu erwarten, daß die unmittelbare Gefahr des

Absterbens für die nunmehr gesünderen Bäume jedenfalls vorläufig gebannt ist. Ein Teil der Zustandsverbesserung ist sicherlich auf eine starke Durchforstung im Jahr 1996 zurückzuführen, die in allen Parzellen gleich stark durchgeführt wurde, aber in den behandelten Parzellen zu besseren Ergebnissen geführt hat. Gerade im bäuerlichen Wald Oberösterreichs war früher die Zielsetzung häufig die nachhaltige Deckung des betrieblichen Bedarfes mit Bau- und Brennholz. Die forstliche Produktion ist daher häufig ein Nebenbetrieb der Landwirtschaft, bei dem selten die Maximierung des Gewinns mit Entschiedenheit angestrebt wird. Zuletzt hat jedoch, auf Grund der unbefriedigenden wirtschaftlichen Situation in der Landwirtschaft, das Einkommen aus der Forstwirtschaft an Bedeutung gewonnen. Allerdings geht der Befall durch *S. conigenus* auf manchen Standorten mit dem vollständigen Absterben ganzer Bestände einher. Manche Waldbesitzer führen schon seit mehr als 10 Jahren nur noch Totholznutzungen durch! Es geht daher bei der Sanierung dieser Waldbestände nicht um eine Erhöhung des Zuwachses, sondern in erster Linie um die Erhaltung der Bestände, bis notwendige waldbauliche Umbaumaßnahmen greifen. Die Walddüngung ist daher in diesem Fall eine wirksame, doch alleinstehend eine letztlich unbefriedigende Symptombekämpfung.

Ein besonderes Merkmal des hier beschriebenen Versuches ist, daß demonstriert wird, wie stark man mit Methoden der Standortmelioration in die biologischen Verhältnisse eines Waldbestandes eingreifen kann. Der Wirkungsmechanismus ist durch die vorliegende Fallstudie keinesfalls aufgeklärt und es bedarf sicherlich vieler phantasievol-ler Laborversuche, um die hier beobachteten Effekte befriedigend mit theoretischen Konzepten hinterlegen zu können. Grundsätzlich ist jedoch zu sagen, daß eine durch Nährelementzufuhr (Düngung oder atmogene Einträge) induzierte Zustandsänderung der Pflanze sowohl eine Erhöhung als auch eine Absenkung der Anfälligkeit gegenüber biotischen Schäden, wie z. B. dem durch *S. conigenus* verursachten Triebsterben, bewirken kann. Ausschlaggebend für den Effekt einer Düngung ist dabei der Ausgangszustand der Pflanze sowie die Ausprägung und Richtung der durch Nährelementzufuhr induzierten Zustandsänderung (vgl. Angaben in GÄUMANN, 1951 oder MARSCHNER, 1995). Düngung übt über die Modifikation von Wachstumsprozessen, Wasserhaushalt und der Biosynthese von Strukturelementen und organischen Inhaltsstoffen Einfluß auf das Regenerationsvermögen der Pflanze, die mechanischen und chemischen Resistenzmechanismen sowie auf den Nährwert der Pflanzennahrung aus. Und diese Fakto-

ren beeinflussen wiederum die Intensität des Befalles bzw. den Grad der Schadwirkung.

Leider gibt es im Rahmen dieser Untersuchung keine Daten über das Ausmaß des *Sirococcus*-Triebsterbens auf den einzelnen Parzellen vor der Düngung. Aussagen über eine zeitliche Dynamik der Befallsintensität seit Versuchsbeginn sind daher nur indirekt über die Kronenverlichtungsdaten der einzelnen Jahre möglich. Lang anhaltender, starker Befall durch das *Sirococcus*-Triebsterben hat ausgeprägte Kronenverlichtungen zur Folge, da Jahr für Jahr die infizierten Maitriebe absterben und die Äste, von den jüngsten Nadeljahrgängen ausgehend, absterben.

In der Periode '93 bis '94, also knapp nach der Düngung, kam es auf allen gedüngten Parzellen zu einer Abnahme der Kronenverlichtung. Möglicherweise zeigten sich darin bereits die ersten Auswirkungen der Düngung, da ein gleicher Effekt auf der Kontrolle ausblieb.

Tendenziell war aber seit Versuchsbeginn auf allen Parzellen eine Abnahme der Kronenverlichtung zu bemerken. Dies traf, wenngleich zeitlich verzögert, auch auf die Kontrolle zu. Das ist ein Hinweis dafür, daß neben der Düngung noch andere Faktoren die Kronenverlichtung und Befallsintensität durch *S. conigenus* beeinflussten. Von wesentlichem Einfluß auf die Befallsintensität ist dabei die Witterung zu Beginn der Maitriebentwicklung. Sehr hohe Luftfeuchtigkeit, Temperaturen zwischen 16 und 21°C und niedrige Lichtintensität beschleunigen den Infektionsverlauf und haben die stärksten Schadausprägungen an Maitrieben zur Folge (WALL und MAGASI, 1976). Außerdem werden die Pilzsporen nicht oder kaum durch Wind alleine vertragen, vielmehr sind sie auf eine Verbreitung durch Wassertropfen angewiesen (OSTRY et al., 1992). Herrschen während der Periode der Maitriebentwicklung derartige Witterungsbedingungen vor, so ist eine hohe Befallsintensität zu erwarten. Geringe Luftfeuchtigkeit und hohe Lichtintensität erschweren hingegen die Ausbreitung des Pilzes. Damit wird klar, daß es allein aufgrund der Witterung zur Zeit der Maitriebentwicklung zu unterschiedlich starkem Befall von Jahr zu Jahr kommen kann.

Auch waldbauliche Maßnahmen können sich unmittelbar auf die Befallsintensität auswirken. Die im Jahre 1996 durchgeführte Durchforstung dürfte in zweierlei Weise für die in allen Varianten ausgewiesene Absenkung der Kronenverlichtung mitverantwortlich sein. Zum einen konnten durch eine Durchforstung die Bedingungen im Bestand in eine für die Ausbreitung des Pilzes ungünstige Richtung verschoben werden (höhere Lichtintensität, größere Abstände zwischen den Bäumen, bessere Durchlüftung),

zum anderen wurden gerade die am stärksten befallenen Bäume im Zuge der Durchforstung entfernt und somit bei späteren Erhebungen der Kronenverlichtung nicht mehr berücksichtigt. Die hier angeführten Faktoren, vor allem die 1996 durchgeführte Durchforstung und ihre Folgen, erschweren die Beurteilung der Auswirkungen der unterschiedlichen Düngemittel auf die Kronenverlichtung. Mit den vorhandenen Kronenverlichtungsdaten ist eine Abgrenzung der Auswirkungen der einzelnen Faktoren voneinander nur schwer möglich. Anzumerken ist jedoch, daß die Stichprobenflächen zur Erhebung des *Sirococcus*-Befalles von der Durchforstung ausgenommen waren. Die 1996 erhobenen Daten über die Befallsintensität sind daher von der Durchforstung unbeeinflusst.

Vier Jahre nach der Ausbringung sollten die verwendeten Düngemittel ihre spezifische Wirkung hinsichtlich Nährstoffversorgung der Bäume bereits entfaltet haben. Dies gilt in besonderem Maße für die Maitriebe, der primären Angriffsstelle für eine Infektion durch *S. conigenus*. Zum Aufnahmezeitpunkt (1996) war auf den untersuchten Parzellen die Befallsintensität unterschiedlich, den geringsten Befall zeigten die Bäume in den Biomag-Varianten gefolgt von Primafert I, der Kontrolle, Primafert II und Vollkorn spezial. Beim Vergleich dieser Ergebnisse mit den Ergebnissen der später durchgeführten Nadelanalysen fällt auf, daß Bäume in jenen Düngewarianten, die zu einem vergleichsweise niedrigen N:Mg-Verhältnis in den Nadeln führten, am wenigsten von *S. conigenus* befallen waren. Dies traf vor allem auf die Biomag-Varianten zu, wo die N:Mg-Quotienten knapp unterhalb der von STEFAN (1995) postulierten Grenzwerte für harmonische Ernährung lagen. Umgekehrt war die Situation in der am stärksten vom Triebsterben betroffenen Vollkorn spezial-Variante. Dort war der N:Mg-Quotient im Vergleich zu den anderen Varianten am höchsten und lag weit über dem harmonischen Bereich. Demnach kommt auf der untersuchten Fläche der Stickstoff- und Magnesiumernährung der Bäume bei der Abwehr des Schadpilzes besondere Bedeutung zu. Ergebnisse ähnlicher Düngungsversuche in vom Triebsterben geschädigten Altbeständen deuten in die gleiche Richtung (ANGLBERGER und HALMSCHLAGER, 2000).

Zusammenhänge zwischen der Nährelementversorgung und der Anfälligkeit von Waldbäumen gegenüber pilzlichen Pathogenen wurden bereits in einer Vielzahl von Untersuchungen nachgewiesen. Beispiele dafür finden sich bei BAULE und FRICKER (1967), DIMITRI (1977) und BAULE (1984). Detaillierte Untersuchungen dazu liegen unter anderem für *Gremmeniella abietina* vor, einem Pilz der

ebenso wie *S. conigenus* ein Triebsterben an Koniferen verursacht. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen belegen ebenfalls die Vermutung, wonach eine unausgewogene Nährelementversorgung die Befallsdisposition von Beständen erhöht. Dabei scheinen vor allem durch erhöhtes N-Angebot induzierte Nährelementimbilanzen von herausragender Bedeutung zu sein. So verursachte vermehrtes N-Angebot aufgrund einer NPK-Düngung in einem 15- bis 20-jährigen Fichtenbestand stärkere Schäden durch *G. abietina* als in unbehandelten Vergleichsbeständen (DONAUBAUER, 1972). Hohe N/Mg und N/K Verhältnisse in Nadeln von *Pinus sylvestris*-Sämlingen erhöhen deren Anfälligkeit gegenüber *G. abietina* (YLIMARTIMO, 1991). Zu ähnlichen Ergebnissen kam BARKLUND (1993) beim Vergleich der Nährelementversorgung von unbefallenen und von *G. abietina* geschädigten Weißkiefernbeständen. Die P-, K-, Ca- und Mg-Gehalte der Nadeln zeigten keine Unterschiede, die N-Gehalte von Nadeln aus geschädigten Beständen lagen hingegen deutlich höher.

Aus dem hier beschriebenen Versuch kann zumindest für Standorte, die dem Versuchsstandort entsprechen, ein Sanierungskonzept abgeleitet werden. Auf degradierten, nährstoffarmen und sauren Standorten des Kobernaußeraldes sowie auf ähnlichen Standorten im angrenzenden Hausruck kann durch eine Düngung mit einem magnesiumreichen Karbonatdünger mittlerer Löslichkeit kombiniert mit einem organischen Düngemittel die Anfälligkeit gegenüber dem *Sirococcus*-Triebsterben herabgesetzt werden.

Die Verwendung nur einer der beiden Düngerkomponenten ist vermutlich weniger wirksam. Die alleinige Behebung des Stickstoffmangels ist hingegen keine geeignete Meliorationsmaßnahme.

Aus der Sicht der praktischen Forstwirtschaft sind die Ergebnisse des Versuches jedenfalls ermutigend. Immerhin stellt die Existenz nur bedingt standortstauglicher sekundärer Fichtenbestände eine Tatsache dar, die vielfach erst in der nächsten Bestandegeneration durch die Etablierung eines vermutlich stabileren Mischwaldes geändert werden kann. Bis dahin müssen Bewirtschaftungskonzepte verfolgt werden, mit welchen die bestehenden Bestände bis zur Hiebsreife erhalten werden können. Das *Sirococcus*-Triebsterben der Fichte kann dabei zu einem bedeutenden Problem bei der Umsetzung dieses Konzeptes werden. Waldbaulich bedeutungsvoll ist auch, daß möglicherweise Provenienzen unterschiedlich anfällig gegenüber *S. conigenus* sind (RUZICKA, 1938; SCHNEIDER und PAETZOLDT, 1964; ANGLBERGER, 1998).

Mittelfristiges Ziel der Waldsanierungsmaßnahmen im

Untersuchungsgebiet ist der Aufbau naturnaher, stufig aufgebauter Fichten-Tannen-Buchenwald-Bestände. Bei der Bestandesumwandlung soll der zu verjüngende Bestand so lange wie möglich erhalten bleiben. Die Durchführung der teuren Bestandesdüngung setzt voraus, daß gleichzeitig waldbauliche Behandlungen durchgeführt und Wildschäden verhindert werden. Durch die Düngung soll insbesondere der Waldboden vorbereitet werden, so daß sich Laubgehölze und die tief wurzelnde Tanne in der folgenden Bestandegeneration etablieren können. Eine Übersicht über mögliche Waldsanierungsmaßnahmen wurde von REH (1996) zusammengestellt.

Danksagung

Unser Dank gilt Herrn Dr. Felix BENZ, der in vielen Exkursionen und Stellungnahmen auf den Zusammenhang zwischen dem Befall durch *S. conigenus* und die Symptome des Waldsterbens aufmerksam gemacht hat. Herr SALHOFER betreut den Versuch vor Ort mit großem Einsatz. Wir danken dem Institut für Bodenforschung der Universität für Bodenkultur für die chemische Analyse der Boden- und Nadelproben. Die Düngungsmaßnahmen wurden vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft unterstützt. Der Zweitautor dankt außerdem der Landesforstdirektion Oberösterreich, den Herstellern der Düngemittel (Biochemie Kundl AG, Veitsch-Radex AG, Agrolinz Agrarchemikalien Ges.m.b.H.) sowie Hans Anglberger sen. für die gewährte Unterstützung.

Literatur

- ANGLBERGER, J. (1998): Zusammenhänge zwischen Düngung und Intensität des Triebsterbens an Fichte (*Picea abies* (L.) Karst.) in den Untersuchungsgebieten Kobernaußerald und Sauwald. Diplomarbeit, Universität für Bodenkultur, Wien.
- ANGLBERGER, H. und E. HALMSCHLAGER (2000): Fertilisation as a control measure to *Sirococcus* shoot blight in secondary Norway spruce stands. Proceedings of the International Conference on Forest Ecosystem Restoration, April 10–12, 2000, Vienna, 29–34.
- BARKLUND, P. (1993): Nutrient status in Scots pine stands attacked by *Gremmeniella abietina*. In: BARKLUND, P., S. LIVSEY, M. KARLMAN and R. STEPHAN (Eds.): Shoot diseases of conifers. Proceedings of an international sym-

- posium of the IUFRO Working Party S2.06.02, June 10–15, 1991, Gärpenberg, Sweden, 101–105.
- BAULE, H. (1984): Zusammenhänge zwischen Nährstoffversorgung und Walderkrankungen. *Allgemeine Forstzeitschrift* 30/31, 775–778.
- BAULE, H. und C. FRICKER (1967): Die Düngung von Waldbäumen. BLV, München.
- BERGER, R. und K. KATZENSTEINER (1988): Massenwechsel der Kleinen Fichtenblattwespe im Hausruck unter dem Einfluß forstschädlicher Luftverunreinigungen. In FÜHRER, E. und F. NEUHUBER (Hrsg.): *Waldsterben in Österreich – Theorien, Tendenzen, Therapien*, FIW-Symposium, 27.–28. Oktober, 1988, Wien, 249–250.
- BLUM, W. E. H., H. SPIEGEL und W. WENZEL (1996): Bodenzustandsinventur – Konzept, Durchführung und Bewertung. 2. überarbeitete Auflage, Arbeitsgruppe Bodenzustandsinventur der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft. Eigenverlag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- DIMITRI, L. (1977): Influence of nutrition and application of fertilizers on the resistance of forest plants to fungal diseases. *European Journal of Forest Pathology* 7, 177–186.
- DONAUBAUER, E. (1972): Environmental factors influencing outbreak of *Scleroderma lagerbergii* Gremmen. *European Journal of Forest Pathology* 2, 21–25.
- FÜHRER, E. (1988): Inhalt und Aufgaben des Forstschutzes. In: ÖSTERREICHISCHER FORSTVEREIN (Hrsg.): *Forstwirtschaft für AHS-Lehrer der Biologie und Umweltkunde*.
- GÄUMANN, E. (1951): Pflanzliche Infektionslehre. Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenpathologie für Biologen, Landwirte, Förster und Pflanzenzüchter. 2. Auflage, Verlag Birkhäuser, Basel.
- GLATZEL, G. (1988): Waldbodenzustand und Waldbodensanierung. In: FÜHRER, E. und F. NEUHUBER (Hrsg.): *Waldsterben in Österreich – Theorien, Tendenzen, Therapien*, FIW-Symposium, 27.–28. Oktober 1988, Wien, 102–116.
- GUSSONE, H. A. (1964): Faustzahlen für Düngung im Walde. Bayerischer Landwirtschaftsverlag, München, Basel, Wien.
- HALMSCHLAGER, E., H. ANGLBERGER und A. NEUMÜLLER (2000): Die Bedeutung des *Sirococcus*-Triebsterbens in sekundären Fichtenwäldern. In: MÜLLER, F. (Hrsg.): *Umbau sekundärer Nadelwälder*. FBVA Berichte 111/2000, 99–104.
- HILDEBRAND, E. (1988): Ionenbilanzen von organischen Auflagen und Mineralbodenhorizonten nach Forstdüngungen. PEF-Statuskolloquium, März 1988 in Karlsruhe, 4. Berichtsband.
- HÜTTL, R. F. (1986): Forest Fertilisation: Results from Germany, France and the Nordic Countries. *The Fertiliser Society Proceedings*, 250.
- JANDL, R. (1996a): Gefäßversuche mit Magnesiumdüngern. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 113, 115–130.
- JANDL, R. (1996b): Magnesiumdüngungsexperiment Sulzberg. *Centralblatt für das gesamte Forstwesen* 113, 131–154.
- JANDL, R., G. GLATZEL, K. KATZENSTEINER und O. ECKMÜLLNER (2000): Amelioration of magnesium deficiency in a Norway spruce stand (*Picea abies*) with calcined magnesite. *Water, Air, and Soil Pollution*, in print.
- KATZENSTEINER, K., O. ECKMÜLLNER, R. JANDL, G. GLATZEL, H. STERBA, A. WESSELY und R. F. HÜTTL (1994): Revitalisierung von Fichtenbeständen: Einfluß auf Bodenwasser und Baumernährung. *Forstliche Schriftenreihe der Universität für Bodenkultur* 7, 67–82.
- KATZENSTEINER, K., O. ECKMÜLLNER, R. JANDL, G. GLATZEL, H. STERBA, A. WESSELY und R. F. HÜTTL (1995): Revitalization experiments in magnesium deficient Norway spruce stands in Austria. *Plant and Soil* 168–169, 489–500.
- KILIAN, W. (1992): Teil V der Waldbodenzustandsinventur – Säurehaushalt und austauschbare Kationen. *Mitteilungen der FBVA* 168/I, 89–144.
- KRISTÖFEL, F. (1996): Terrestrische Kronenzustandserhebungen und jährliche Änderungen. *FBVA-Berichte* 93, 137–141.
- MARSCHNER, H. (1995): *Mineral Nutrition of Higher Plants*. 2. Auflage. Academic Press, London, New York.
- NEUMÜLLER, A. (1994): Beteiligung von Pilzen am Zweig- und Aststerben der Fichte im Revier Sonnenwald (Böhmerwald). In: FÜHRER, E. und F. NEUHUBER (Hrsg.): *Zustandsdiagnose und Sanierungskonzepte für belastete Waldstandorte in der Böhmisches Masse*. *Forstliche Schriftenreihe der Universität für Bodenkultur Wien* 7, 171–190.
- OSTRY, M. E., T. H. NICHOLLS and D. D. SKILLING (1992): *Biology and Control of Sirococcus Shoot Blight on Red Pine*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, North Central Forest Experiment Station. Res. Pap. NC-295. St. Paul, MN.
- REH, M. (1996): Waldsanierung in Oberösterreich. *Österreichische Forstzeitung*, 5, 46–47.
- REHFUESS, K.-E. (1982): *Waldböden – Entwicklung, Eigenschaften und Nutzung*. Parey's Studentexte Bd. 29.

- RUZICKA, J. (1938): Doklad o škodlivosti nespravneho purodu smrkoveho semene. (Proof of the harmfulness of using spruce seed from inappropriate sources). Lesnicka Prace 17, 533–539.
- SCHNEIDER, R. und M. PAETZOLDT (1964): *Ascochyta piniperda* als Erreger eines Triebsterbens an Blaufichten in Baumschulen. Nachrichtenblatt Deutscher Pflanzenschutzdienst (Braunschweig) 16, 73–75.
- STEFAN, K. (1995): Schwefel- und Nährstoffversorgung der Fichtennadeln im Gleinalm-Gebiet. Mitteilungen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt Wien, 163/V, 53–81.
- STEFAN, K. und K. GABLER (1998): Indications of S and N inputs by means of needle analyses based on the Austrian Bio-Indicator Grid. Environmental Science and Pollution Research. Special Issue 1, 63–69.
- WALL, R. E. und L. P. MAGASI (1976): Environmental factors affecting *Sirococcus* shoot blight of black spruce. Canadian Journal of Forest Research 6, 448–452.
- YLIMARTIMO, A. (1991): Effects of foliar nitrogen, potassium and magnesium concentrations on the resistance of Scots pine seedlings to *Scleroderris* canker infection. European Journal of Forest Pathology 21, 414–423.

Anschrift der Verfasser

Dipl.-Ing. Dr. Robert Jandl, Institut für Forstökologie, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien; e-mail: robert.jandl@fbva.bmlf.gv.at
Dipl.-Ing. Hans Anglberger, **Dipl.-Ing. Dr. Erhard Halmshlager**, Institut für Forstentomologie, Forstpathologie und Forstschutz, Universität für Bodenkultur, Hasenauerstraße 38, A-1190 Wien;
Dipl.-Ing. Michael Reh, Forstreferat, Landes-Landwirtschaftskammer Oberösterreich, A-4020 Linz.

Eingelangt am 23. Februar 2000

Angenommen am 29. März 2000