Der Einsatz oxidischer Magnesiumdünger bei Hochlagenaufforstungen

Josef Weißbacher
Landwirtschaftskammer für Tirol
Brixner Straße 1, A-6020 Innsbruck

Abstract: Use of oxidic magnesium fertilizers for afforestations in high elevation forests.
The fertilizer experiment 'Gressensteinalm', situated in Tyrol above the actual timber line, was established in 1986. The experiment deals with the effects of oxidic magnesium fertilizers and an organic fertilizer on growth and establishment of Norway spruce (Picea abies) in afforestations. For 1990 the following results could be evaluated: (1) Growth of fertilized plants was substantially (250 % of control plots) improved. A transplanting shock associated with depressed growth was only observed in unfertilized plots. An average dose of organic fertilizers with 300 g crude magnesite proofed to be the optimum treatment. The magnesitic multicomponent fertilizer BIOMAG clearly improved growth and soil conditions (pH, mycorrhiza).

1. Einleitung

Die Wiederbewaldung entwaldeter Hochlagen und die Sanierung geschädigter Schutzwälder sind Herausforderungen für die alpine Forstwirtschaft. Oberhalb der aktuellen Waldgrenze sind Aufforstungen aufgrund extremer Klima- und Bodenbedingungen oft zum Scheitern verurteilt. Durch Düngung können die Wachstumsbedingungen entscheidend verbessert werden. Ausgewogen ernährte, vitale Pflanzen vertragen letztendlich leichter Fröste und überstehen so die kritische Anwuchsphase schneller (GLATZEL, 1976).
Organische Dünger haben sich bei schwierigen Begrünungen oberhalb der Waldgrenze bewährt (NASCHBERGER u. KÖCK, 1983). Glashausversuche haben gezeigt, daß sich solche Dünger auch bei Aufforstungen von Extremstandorten empfehlen (GLATZEL u. FUCHS, 1986). Gleichzeitig erscheint es sinnvoll die Basenausstattung extrem saurer Hochlagenböden durch basisch wirkende Bodenverbesserungsmittel zu fördern. In Anbetracht häufigen Magnesiummangels auf sauren Standorten ist eine Magnesitgabe einer Kalkung vorzuziehen.
Im Jahre 1986 wurde auf der Gressensteinalm in der Wildschönau (Tirol) ein Versuch angelegt, um einen Magnesiumdünger, einen organischen Dünger, sowie ein magnesiumreiches Bodenverbesserungsmittel auf ihre Anwendbarkeit im Hochlagenbereich zu untersuchen.

2. Material und Methoden

2.1 Versuchsfläche:

Die Versuchsfläche liegt in ca. 1800 m Seehöhe, etwa 50 bis 100 Meter oberhalb der aktuellen Waldgrenze. Der Hang ist nach Südosten exponiert und etwa 70 % steil. Auf Quarzphyllit haben sich zum Teil recht ausgeprägte Podsol-Böden entwickelt, die sich mit weniger extremen Semipodsolen abwechseln. Die Fläche wurde in den Fünfziger Jahren von Latschen, die zum Brennen von Kiefernöl verwendet wurden, freigehauen. Die Wildschönau liegt im zwischenalpinen Fichten-Tanne-Waldgebiet der Kitzbüheler Alpen. Tabelle 1 zeigt die eher ungünstige Versorgung mit Magnesium und ein relativ weites C/N-Verhältnis der Böden auf der Versuchsfläche.

aus Forstliche Schriftenreihe, Universität für Bodenkultur, Wien; Band 5, Glatzel et al. (Hrsg), Magnesiummangel in mitteleuropäischen Waldökosystemen, Ergebnisse eines Symposiums am 8. und 9 April 1991; Österr. Gesellschaft für Waldökosystemforschung und experimenteller Baumforschung, Uni. F. Bodenkultur, Februar 1992

Tabelle 1: Bodenanalysedaten einer Mischprobe, Versuchsfläche Gressenstein; Gesamtgehalte an Kohlensstoff, Stickstoff und Phopshor, austasuschbare Mengen an Kalium, Kalzium, Magnesium und Eisen.
Soil chemical data for experimental site Gressenstein; Total amount of carbon, nitrogen and phosphorus, exchangeable potassium, calcium, magnesium and iron.

pH $CaCl_2$	pH H_2O	C %	N %	P %	K $mg.kg^{-1}$	Ca $mg.kg^{-1}$	Mg $mg.kg^{-1}$	Fe $mg.kg^{-1}$
3,7	4,4	8,9	0,4	0,08	45	105	34	44

2.2 Düngemittel

Tabelle 2: Zusammensetzung der Versuchsdünger. - *Composition of the applied fertilizers.*

Inhaltsstoffe	NPK	BACTOSOL	BIOMAG	ROHMAGNESIT
organ.Stoffe %	-	ca. 60	7	-
Stickstoff N %	12	4-6	0,5-0,7	-
Phosphor P %	4	3-5	0,1-0,2	-
Kalium K %	15	3-5	0,3-0,4	-
Magnesium Mg %	-	1-3	0,02-0,2	-
Calcium Ca %	-	6	0,3-0,5	-
Magnesit %	-	-	90	100

Insgesamt wurden 432 dreijährige Fichten-Paperpot-Pflanzen gesetzt. Diese verteilten sich auf zwölf Behandlungsvarianten zu je 36 Pflanzen. Der organische Dünger, bei dem es sich um eine granulierte und getrocknete Bakterienbiomasse handelt, wurde in vier Dosierungsstufen getestet. Als Magnesiumdünger wurde hier eine mit organischen Bindemitteln granulierte Variante von BIOMAG geprüft. BIOMAG enthält dabei, neben 10% organischem Binder, 10% reines Magnesiumoxid und 80% Rohmagnesit. Rohmagnesit enthält Magnesiumkarbonat in einer sehr reinen Form. BIOMAG wurde erst 1987 auf Wunsch des Herstellers in den Versuch aufgenommen. Diese beiden Dünger werden mit einem Mineraldünger und einer ungedüngten Kontrolle verglichen. Der Mineraldünger enthält 12 % Stickstoff, 10 % Phosphat und 18 % Kaliumoxid. Als Bodenverbesserungsmittel wird Rohmagnesit eingesetzt. In fünf Varianten wurde es als Zusatz zum organischen und zum mineralischen Dünger getestet. Sämtliche Einheiten wurden 1988 mit genau der doppelten Dosierung nachgedüngt (siehe Behandlungsplan Tabelle 3).

Tabelle 3: Behandlungsplan Aufforstungsversuch Gressenstein, 1800 m, Kitzbühler Alpen
Experimental design of the afforestation experiment Gressenstein, 1800 m a.s.l., Kitzbühler Alps.

Abk.	Beh.	Produkte	Dosierung 1986	Dosierung 1988
Ko	A	ungedüngte Kontrolle	-	-
Bm	G	BIOMAG	100g (1987)	200g
Mi	B	Mineraldünger(12-10-18)	30g	60g
Mi+R	H	Mineraldünger + Rohmagnesit	30g + 100g	60g + 200g
Ba	C-F	Bakterienbiomasse	30g, 60g, 100g, 150g	60g,120g 200g,300g
Ba+R	J-M	Bakterienbiomasse + Rohmagnesit	30g, 60g 100g,150g + 100g	60g,120 200g,300g + 200g

2.3 Auswertung

Die Daten wurden varianzanalytisch, die Mittelwertsunterschiede durch den DUNCAN-Test bzw. SCHEFFE-Test auf dem 5 %-Signifikanzniveau geprüft.
Die Mykorrhizen wurden an Wurzelabschnitten, die aus jeweils zwei Stechzylinderproben pro Pflanze gewonnen wurden, abgezählt und auf die Wurzellänge bezogen. Dieser Bericht beruht, wenn man von den Ausfallzahlen absieht, auf der Auswertung von jeweils 12 lebenden und zufällig ausgewählten Pflanzen pro Variante.

3. Ergebnisse

3.1 Ausfälle

Im vierten Versuchsjahr waren von 432 ursprünglich gepflanzten Fichten 49 ausgefallen. Mehr als 70 % der Ausfälle entfielen auf die beiden Mineraldünger-Varianten. Die Ausfälle traten unmittelbar nach der Düngung im Jahre 1988 auf. Die Pflanzen zeigten eindeutige Symptome einer Salzwirkung (Ätzschäden). Denkbar ist ein plötzliches Einspülen der Nährsalze nach einem Regenschauer (zum Teil eventuell entlang der Stämmchen). Eine plötzliche, zum Teil oberflächliche Abschwemmung, könnte auch die geringe Wirkung des NPK-Düngers bei den restlichen Pflanzen erklären (vgl. Tabellen 5, 6). Die Ausfälle in allen übrigen Varianten lagen im Bereich des Zufälligen (vgl. Tabelle 4).

Tabelle 4: Ursprüngliche Pflanzenanzahl und Ausfälle im Hochlagenaufforstungsversuch Gressenstein; 1989, nach Produktgruppen.
Number of afforested trees, absolute and relative amount of dead plants (1986 - 1989), by treatments.

Düngemittel	Ko	Bm	Mi	Mi+RMg	Ba	Ba+RMg
Anzahl Pflanzen	36	36	36	36	144	144
abgestorben	0	1	19	16	7	6
Ausfallsprozent	0	2,8	52,8	44,4	4,9	4,2

3.2 Bodenreaktion und Wachstum

Die Magnesiumdüngung hat deutliche Auswirkungen auf die Bodenreaktion (pH-Werte). Sämtliche Magnesiumvarianten unterscheiden sich signifikant von den übrigen Behandlungen. Besonders deutlich ist die Wirkung des BIOMAG-Düngers. Die Nadelfarbe als Parameter für die Vitalität der Pflanzen war bei Versuchsende aber nur geringfügig oder gar nicht besser als bei ungedüngten (vgl. Tabelle 5). Größere Unterschiede traten vor allem in den Jahren der Düngung bzw. jeweils danach auf. Auffällig ist das günstigere Erscheinungsbild der mit Magnesit behandelten Einheiten. Vor allem in den Jahren nach der Düngung ist diese Differenzierung augenfällig (vgl. Abbildung 1). Die Magnesiumgabe führt höchstwahrscheinlich indirekt über die Verbesserung des Bodenmilieus zu einer kontinuierlichere Nährstoffnachlieferung. Die Wachstumsparameter bestätigen diese Aussage. Am Parameter Terminaltrieblänge läßt sich der höhere Zuwachs der mit Rohmagnesit behandelten Einheiten im Vergleich zu jenen ohne Rohmagnesit erkennen; Die Entwicklung des Wurzelhalses bestätigt diese Wirkung (vgl. Tabelle 5 und 6, Abbildung 3). Höhere Verzweigung (da mehr Seitentriebe) und größere Wurzeln untermauern die insgesamt positive Wirkung der oxidischen Magnesiumsdünger, aber auch die ausgezeichnete Wirkung des organischen Spezialdüngers (vgl. Tabelle 5, Abbildung 4). Als optimale Behandlungsvariante erwies sich eine Kombination von Rohmagnesit (300 g) und von organischem Dünger in einer mittleren Dosierungsstufe (300 g) (vgl. Abbildung 3). Die deutlichsten Zuwachsunterschiede traten im Jahr 1989 auf (vgl. Tabelle 6, Abbildung 2).

3.3 Mykorrhizierung

Diese morphologischen und biometrischen Ergebnisse finden in der Ausprägung der Mykorrhizen eine andeutungsweise Bestätigung.
Der Anteil vitaler Mykorrhizen ist bei Pflanzen, die mit BIOMAG gedüngt wurden, am höchsten. Sämtliche mit Magnesium behandelten Einheiten haben einen höheren Anteil vitaler Mykorrhizen als die entsprechenden Einheiten ohne Magnesitzugabe. Eine statistische Absicherung dieser Aussage ist aber wegen der großen Streuung der Werte nicht möglich. Cenoccocum sp. war vor allem in der reinen NPK-Variante stärker vertreten als bei den übrigen Einheiten. Nicht näher identifizierbare, wenig vital erscheinende, unmykorrhizierte Wurzelspitzen waren vor allem in der Variante BIOMAG anzutreffen. Der höchste Gehalt vitaler, aber unmykorrhizierter Wurzelspitzen war bei der ungedüngten Kontrolle festzustellen (vgl. Tabelle 5, Abbildung 5).

4. Diskussion

Die biometrischen Daten zeigen die Wirksamkeit der geprüften Versuchsdünger. Vor allem die Kombination des organischen Spezialdüngers mit Rohmagnesit kann die Anwuchsbedingungen deutlich verbessern. Die Versuchsergebnisse bestätigen insgesamt auch Düngeempfehlungen, die aus Glashausversuchen mit einem anderen, ähnlich zusammengesetzten organischen Dünger hergeleitet wurden (vgl. GLATZEL und FUCHS, 1986). Der neue Magnesiumdünger "BIOMAG" fällt durch eine positive Wirkung auf die Mykorrhizenausbildung auf. Aufgrund der deutlichen pH-Wert-Änderung ist dafür wohl auch das geänderte Bodenmilieu verantwortlich. Der Einfluß des Düngers kann daher sowohl direkt als Nährstoffwirkung, als auch indirekt durch die pH-Wert-Anhebung gegeben sein. Ähnlich differenziert ist die Wirkung des Rohmagnesits zu betrachten. Mehr Aufschluß zu dieser Frage sollten spätere Nadel- und Bodenanalysen bringen. Das Merkmal 'Nadelfarbe' liefert einen Hinweis auf verbesserte Ernährungsbedingungen durch den organischen Dünger. Erstaunlich ist dabei aber der verhältnismäßig kurzfristige Effekt, zumal man bei dem hohen Anteil organisch gebundenen Stickstoffes eine eher langsam fließende Nährstoffquelle vermuten sollte (vgl. GLATZEL und FUCHS, 1986). Für die geringen Schwankungen im Wachstumsverlauf bei den Varianten, die eine Magnesitgabe enthalten, könnte die bessere Mykorrhizierung und die damit bessere Nährelementaufschließung mitverantwortlich sein.

5. Folgerungen

Die getesteten Magnesiumdünger führen zu deutlich höheren pH-Werten im Wurzelbereich der Versuchspflanzen. Auffällig ist ein Trend zu besserer Mykorrhizierung bei Zugabe von Magnesit. Im Laufe der Jahre weisen gedüngte Pflanzen gesündere Nadeln auf als ungedüngte; mit Rohmagnesit behandelte Einheiten wiesen jeweils bessere Werte auf als die entsprechenden Einheiten, die keine Magnesitgabe erhielten.
Die bisherigen Untersuchungen, die sich vor allem auf eine Auswertung biometrischer Daten und auf Mykorrhizenauszählungen beziehen, weisen als optimale Behandlung eine Kombination des organischen Spezialdüngers in einer Dosierung von 100 g im ersten und 200 g im dritten Versuchsjahr mit einer jeweils gleich hohen Gabe des Bodenverbesserungsmittel Rohmagnesit aus.
Zur Klärung der Wirkungsweise der genannten Dünger sind weitere Untersuchungen beabsichtigt.

Danksagung

Für die statistische Auswertung danke ich Herrn Dr. Dieter Stöhr von der Anstalt für Landschaftspflege recht herzlich. Boden- und Nadelanalysen wurden dankenswerterweise am Institut für Forstökologie der Universität für Bodenkultur durchgeführt. Für die Auszählung der Mykorrhizen stand das Bodenlabor des Mikrobiologieinstitutes der Universität Innsbruck zur Verfügung. Der Versuch wird von der Fa. Tiroler Magnesit gefördert.

Literatur

GLATZEL, G. (1976): Mineralstoffernährung und Aufkommen von Fichtenkulturen nahe der alpinen Waldgrenze. Cbl. ges. Forstwesen 93, 1-23.

GLATZEL, G. und FUCHS, J. (1986): Zur Anwendung organischer Spezialdüngemittel bei schwierigen Aufforstungen. AFZ 42 München, 201-20s.

NASCHBERGER, S. und KÖCK, L. (1983): Erfahrungen über die Wirkung von Biosol bei der Begrünung von Skipisten. Zeitschr. f. Veg.tech. 6

Tabelle 5: Der Einfluß oxidischer Magnesiumdünger und organischer Spezialdünger auf Bodenreaktionen und verschiedene morphologische Merkmale der Pflanzen; Mittelwertsvergleich nach DUNCAN (P= 5%). Mittelwerte mit unterschiedlichen Buchstaben unterscheiden sich signifikant.
Influence of oxidic Mg fertilizers and organic fertilizers on soil pH and morphological features of tree seedlings; significant differences of means (DUNCAN's range test, p<5%) are indicated by letters.

Behandlung/Parameter	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M
pH (CaCl2)	3.31	3.45	3.18	3.47	3.62	6.81	5.11	4.68	4.67	4.61	4.67	4.88
	de	de	e	de	dc	c	a	b	b	b	b	b
Nadelfarbe (1..sattgrün, .. 5 gelb),												
	3,6	3,8	3,6	3,3	3,2	3,3	2,9	2,8	3,4	2,8	3,1	2,8
	ab	b	ab	ab	ab	ab	ab	a	ab	a	ab	a
Terminaltrieblänge (cm)												
	4,8	3,8	4,6	6,7	6,2	6,3	5,9	5,8	7,0	6,7	8,8	7,1
	b	b	b	ab	ab	ab	ab	ab	ab	ab	a	ab
Sproßlänge (cm)	32,8	37,2	39,9	45,9	46,4	41,7	47,6	44,3	48,2	46,9	51,0	48,6
	d	cd	bcd	abc	abc	abc	ab	abc	ab	ab	a	ab
Wurzelhalsdurchmesser (mm)												
	8,8	10,3	12,0	14,9	14,8	14,9	14,6	13,3	14,0	15,4	16,3	15,3
	d	cd	bc	a	ab	a	ab	ab	ab	a	a	a
Seitentriebe (Anz./Pfl.)												
	142	204	228	358	338	359	315	285	354	365	402	355
	c	cd	bcd	ab	ab	ab	abc	abc	ab	ab	a	ab
Wurzelgröße (1..groß, 5.. klein)												
	3.8	3.8	3.3	2.3	2.3	2.4	2.2	2.5	2.3	2.1	1.6	1.9
	a	a	ab	bc	bc	bc	c	bc	c	c	c	c
Anteil												
- vitaler Mykorrhizen [%]												
	24,0	27,7	35,8	29,3	28,5	32,4	45,3	40,8	36,1	36,2	33,8	37,5
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a
- Cenococcum sp. %												
	0,5	5,7	1,8	3,1	1,8	0,9	0,5	0,5	0,8	1,9	0,9	1,0
	b	a	b	ab	b	b	b	b	b	b	b	b
- unmykorrhizierte, nicht vitale Wurzelspitzen %												
	2,8	0	0,3	0,4	4,7	1,3	8,5	3,3	4,9	3,9	3,7	3,4
	ab	b	b	b	ab	b	a	ab	ab	ab	ab	ab
- unmykorrhizierte vitale Wurzelspitzen %												
	72,7	66,6	62,1	67,2	65,0	65,4	45,7	55,4	58,2	57,9	61,5	58,9
	a	ab	ab	ab	ab	ab	b	ab	ab	ab	ab	ab

Anmerkungen: A...Kontrolle; B...90g Mineraldünger; C-F...90-450 g Bakterienbiomasse; G...BIOMAG; H...wie B+300g Rohmagnesit; I-M...wie C-F+300g Rohmagnesit.

Tabelle 6: Einfluß oxidischer Magnesiumdünger, eines Mineraldüngers und eines organischen Spezialdüngers auf die Entwicklung der Terminaltriebe und des Wurzelhalsdurchmessers in den verschiedenen Jahren; Mittelwertsvergleich nach SCHEFFE (P 5 %),dargestellt sind die Differenzen zur ungedüngten Kontrolle und deren Signifikanz.
Influence of an oxidic Mg fertilizer, a mineral fertilizer and an organic fertilizer on leading shoot development and root collar diameter; comparison of means (SCHEFFE's range test, p<5%) between fertilizers and control.

PARAMETER	Ko	Bm	Mi	Mi+R	Ba	Ba+R
Terminaltrieb [cm]						
86	6,86	-0,84 ns	-0,79 ns	-0,47 ns	-0,35 ns	-1,23 ns
'87	3,77	+1,35 ns	+2,24 ns	+2,60 ns	+3,12 *	+3,17 *
'88	3,25	+5,25 *	+1,94 ns	+3,35 ns	+2,02 ns	+3,83 *
'89	3,57	+4,78 ns	+2,46 ns	+5,08 ns	+5,50 *	+7,72 *
'90	4,81	+1,08 ns	+0,99 ns	+1,00 ns	+1,14 ns	+2,60 ns
Wurzelhalsdurchmesser [mm]						
'86	4,38	+0,57 ns	+0,14 ns	+ 0,18 ns	+0,56 ns	+0,44 ns
'87	5,40	+0,70 ns	+0,28 ns	+0,52 ns	+1,14 ns	+1,07 ns
'88	6,37	+2,33 ns	+1,29 ns	+2,18 ns	+3,99 ns	+2,73 ns
'89	7,42	+4,15 *	+1,60 ns	+3,50 ns	+3,94 *	+4,64 *
'90	8,82	+5,79 *	+1,52 ns	+4,54 *	+5,32 *	6,43*

Anmerkungen: ns... nicht signifikante Unterschiede,
* ... signifikante Unterschiede zur Kontrolle

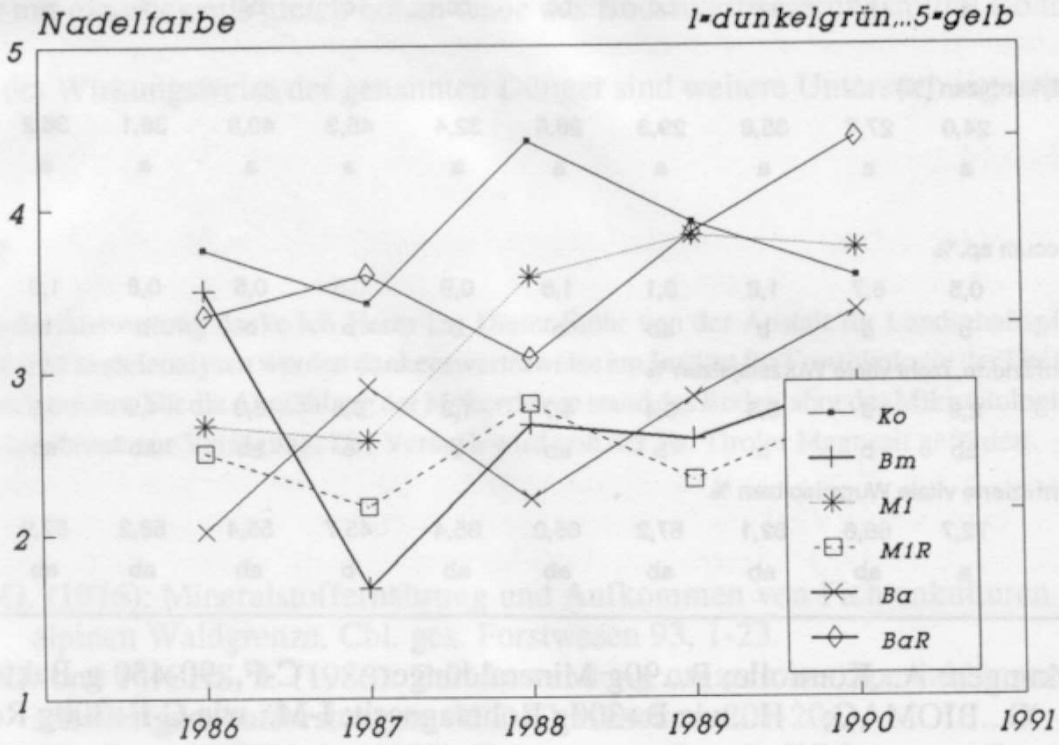

Abbildung 1: Nadelfarbe. - *Needle color.*

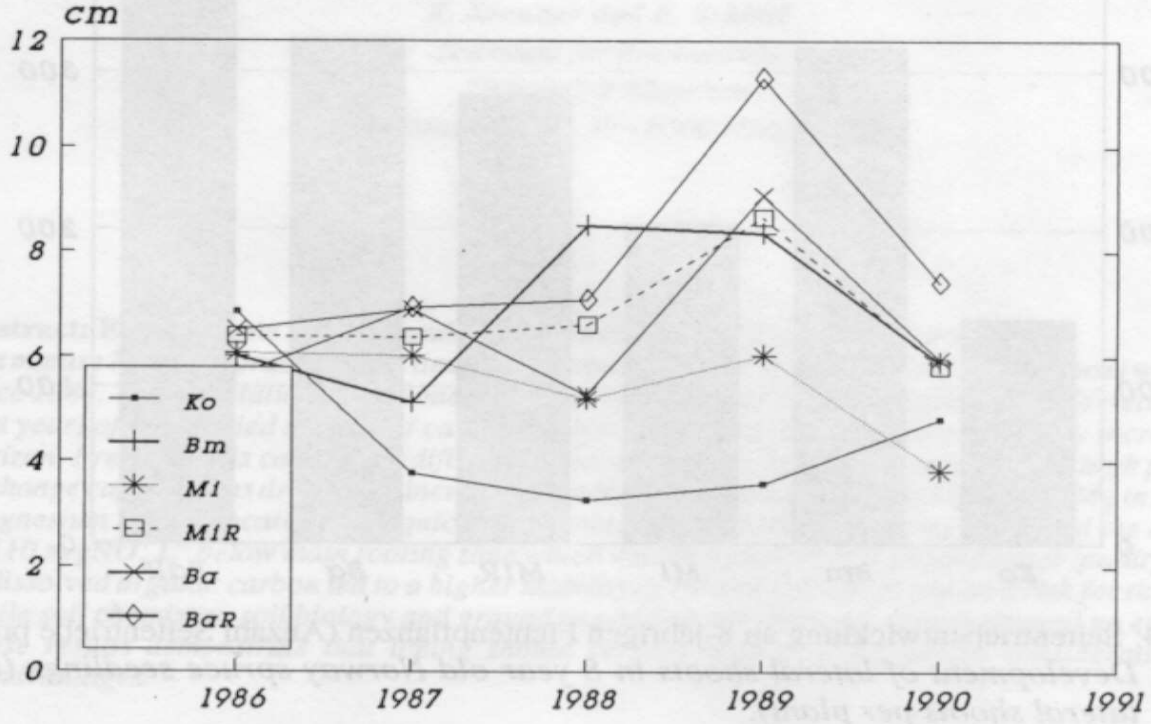

Abbildung 2: Terminaltriebentwicklung 1986 bis1990.
Development of leading shoots 1986 to 1990.

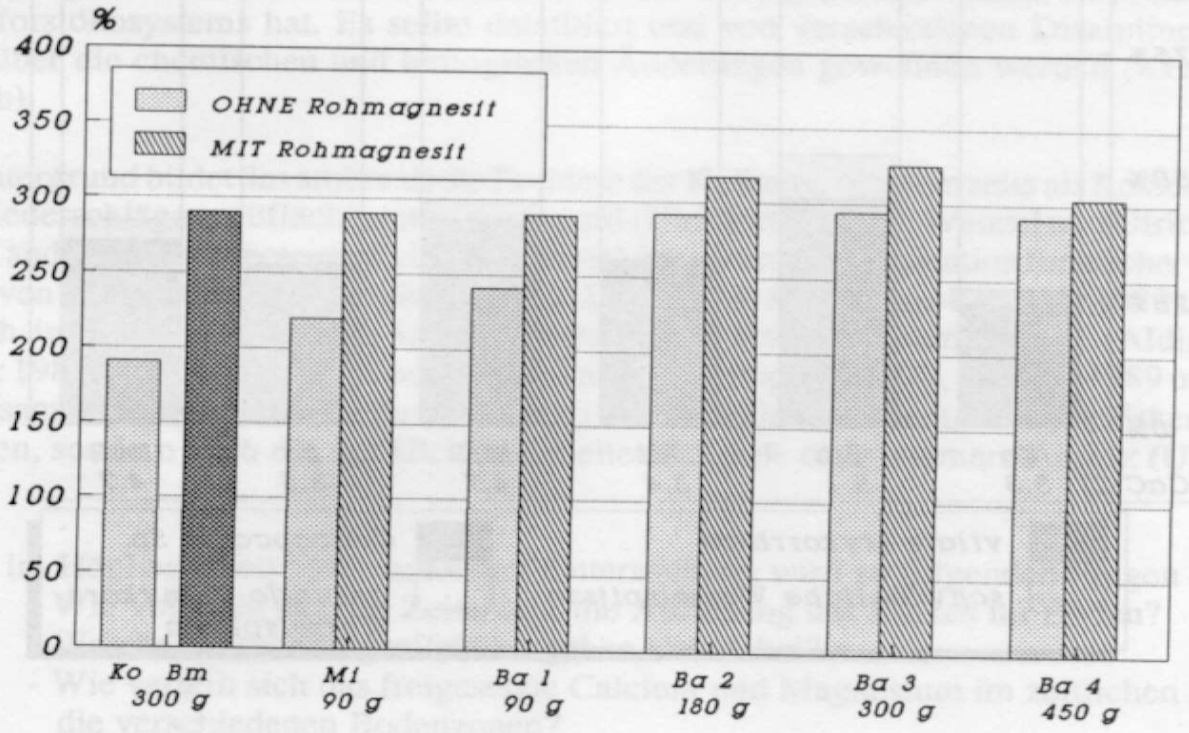

Abbildung 3: Durchmesserwachstum in Abhängigkeit von der Düngerdosierung.
Diameter growth as influenced by fertilizer dosage.

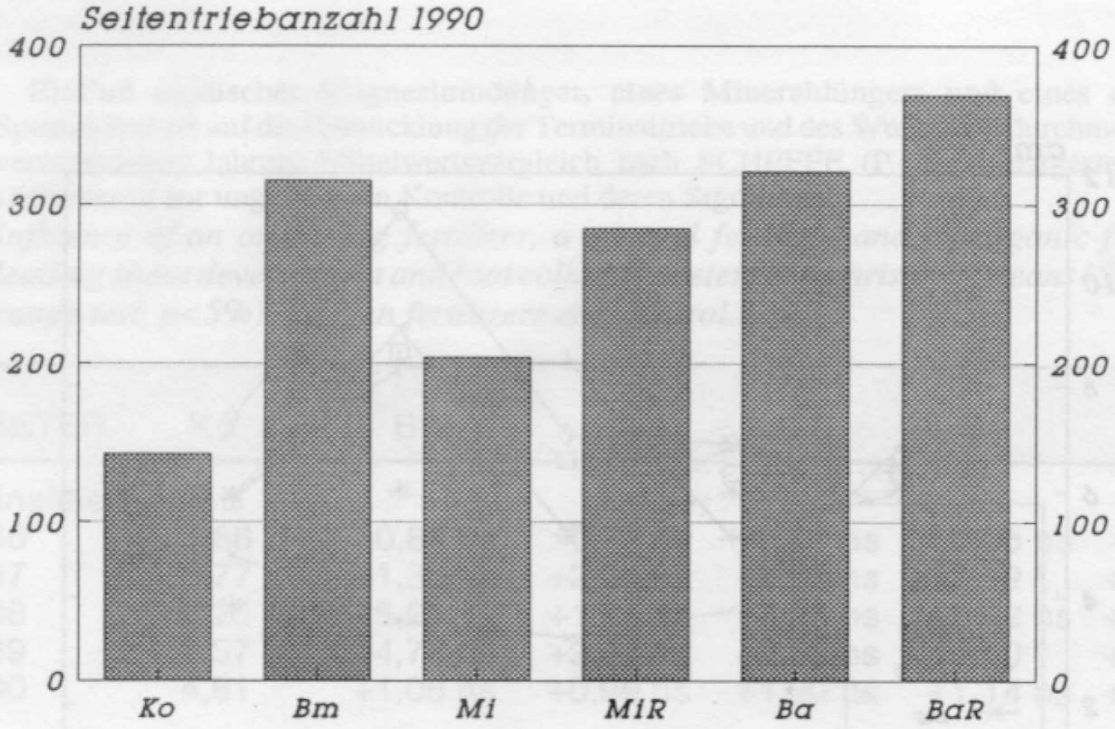

Abbildung 4: Seitentriebentwicklung an 8-jährigen Fichtenpflanzen (Anzahl Seitentriebe pro Pflanze).
Development of lateral shoots in 8 year old Norway spruce seedlings (number of lateral shoots per plant).

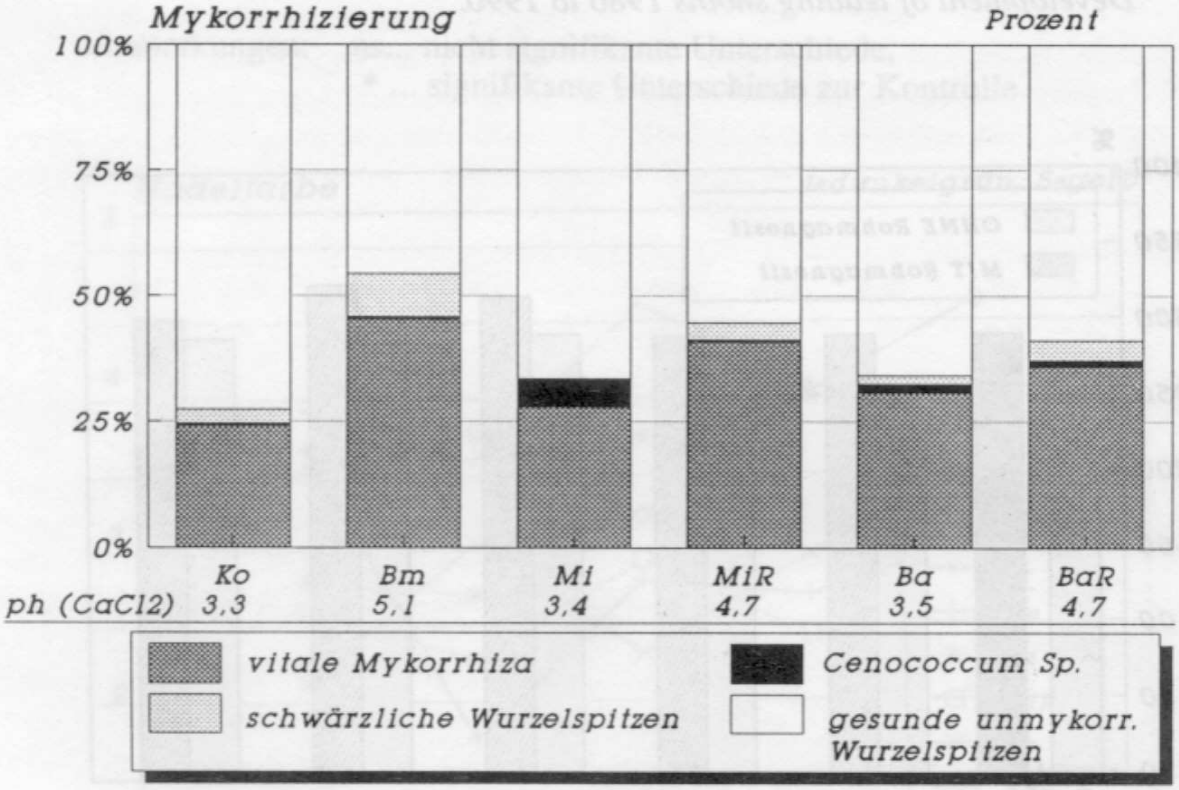

Abbildung 5: Mykorrhizierung. - *Fertilizer effects on mycorrhiza.*