

Aus dem Institut für Forstwissenschaften Eberswalde, FB Ökologie

Vegetationsänderungen in Kiefernbeständen durch Mineraldüngung

Von **Gerhard Hofmann**

Mit 10 Abbildungen

(Eingegangen am 10. Februar 1987)

Im Streben nach der Intensivierung der forstlichen Stoffproduktion erweist sich insbesondere auf ärmeren Standorten des Tieflandes die Forstdüngung als ein geeignetes Mittel, den jährlichen Zuwachs an Holz im Durchschnitt um 2 bis 3 m³ zu steigern. Entscheidender Wirkfaktor ist dabei fast ausschließlich der Stickstoff, der avio-technisch in die Waldbestände eingebracht wird.

Die Forstdüngung erreichte in den vergangenen 15 Jahren in der DDR ein beträchtliches Ausmaß. Dabei diente sie auch der Vitalitätssteigerung von Waldbeständen gegen immissionsbedingte Schadwirkungen von Schwefeldioxid.

Zur wissenschaftlichen Fundierung der Forstdüngung wurden Mitte der 60er Jahre umfangreiche Versuche vom Institut für Forstwissenschaften Eberswalde angelegt und durchgeführt. Die daraus resultierenden vegetationskundlichen Aussagen werden im folgenden thesenartig und in Abbildungen dargelegt:

Über Art, Dauer und Umfang der Versuche informiert Abb. 1, zum Gesellschaftsinventar der Versuche und zur Dynamik der Vegetationsentwicklung, die sich unabhängig von den forstlichen Düngungsmaßnahmen in der Zeitreihe vollzog, unterrichtet Abb. 2 durch einen Vergleich der Vegetation auf den Null-Parzellen.

Es zeigt sich dabei, daß Ende der 70er Jahre im ärmeren Standortsbereich in den Kiefernforsten des Tieflandes ein fast sprunghafter Vegetationswandel zu anspruchsvolleren Typen stattgefunden hat. Die Ursachen hierfür liegen mit hoher Wahrscheinlichkeit in den schon seit längerer Zeit stattfindenden Fremdstoffeinträgen in Waldbestände über die Luft. Es sind aber auch Mit- bzw. Auswirkungen eines sich verbessernden Stoffkreislaufes innerhalb der Bestände durch die allmähliche Überwindung der Depression der C- und N-Vorräte und damit des Humuszustandes nach dem Kahlschlag denkbar.

Diese Dynamik in der Vegetationsentwicklung muß beim Vergleich der Wirkungen der verschiedenen Düngungen und beim Vergleich mit der Ausgangssituation berücksichtigt werden. Beachtung verdient dabei die Tatsache, daß die Vegetationsveränderungen sich im Rahmen der normalen ökologischen Reihe der Kiefernforstvegetation vollzogen.

Hinsichtlich der unmittelbaren Wirkung der Forstdüngung auf die Vegetation bestätigt sich allgemein die bekannte Tatsache, daß vor allem Stickstoff und Kalk und besonders ihre Kombination die stärksten vegetationsverändernden Wirkungen hervorbringen. Die N-Mangelglieder der Versuche zeigen dagegen keine wesentlichen Veränderungen gegenüber den Null-Flächen. Allerdings scheint in der Volldüngungsvariante (N, P, K, Mg) noch eine Tendenz zu einem zusätzlichen Kombinationseffekt der Düngerelemente gegenüber den übrigen N-haltigen Versuchsgliedern vorzuliegen.

Davon ausgehend werden die Darlegungen auf die Betrachtung der Vegetationsentwicklung nach Volldüngung und Volldüngung plus Kalk beschränkt.

Düngungsversuche in mittelalten Kiefernbeständen

(durchgeführt von Dr. Hippeli, IFE)

Zahl der Versuche : 7, regional und standörtlich differenziert

Art der Versuche : Nährstoffmangelversuche mit 7 Gliedern bei 3 facher Wiederholung:

- 0 - N, P, K - P, K, Mg - N, P, Mg - N, K, Mg -
- . N, P, K, Mg - N, P, K, Mg, CaCO₃

Düngefolgen und Düngermengen in kg/ha

	1. Düngefolge			2. Düngefolge			insges.
	1964	1965	1966	1974	1975	1976	
N	120	120	120	120	120	120	720
P ₂ O ₅	90	90	90	100	100	100	570
K ₂ O	140	140	140	100	100	100	720
MgO	30	30	30	-	-	-	90
CaCO ₃	3000	-	-	2000	-	-	5000

Abb. 1

Vegetationstypen und Vegetationswandel auf den Null-Parzellen der Düngungsversuche im Zeitraum 1964 bis 1985

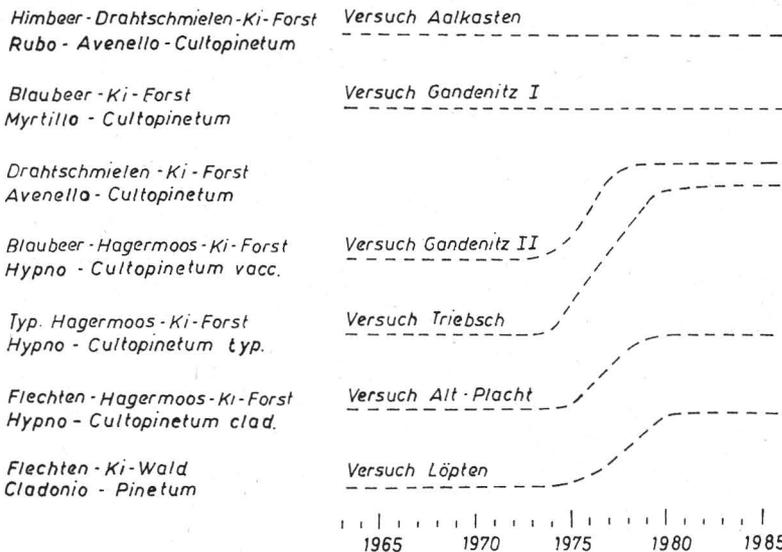


Abb. 2

An Hand der Versuche Löpten (ärmste standörtliche Ausgangssituation) und Aalkasten (nährkräftiger Standort) wird die Veränderung in der Mengenfaltung wichtiger Arten der Bodenvegetation durch Stickstoff- und Kalkgaben in der Zeitreihe 1964 bis 1985 dargestellt (Abb. 3 und 4).

Vegetationsentwicklung nach Volldüngung und Kalkgabe in einem Himbeer - Drahtschmielen - Kiefernforst (Versuch Aalkasten)

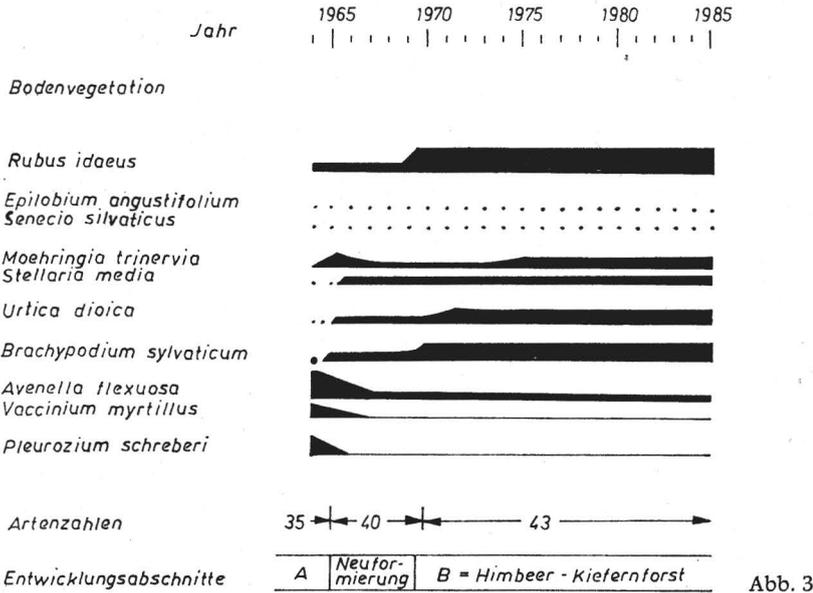


Abb. 3

In Verallgemeinerung der in allen Versuchsgliedern erhaltenen Befunde läßt sich das in Abb. 5 niedergelegte Schema ableiten. Zu ergänzen ist dabei der starke Rückgang des Pilzvorkommens nach den Düngungsmaßnahmen, der vor allem die beliebten Speisepilze auf ärmeren Standorten betrifft (in erster Linie Mykorrhiza-Pilze auf Kiefer), vgl. hierzu auch Ritter und Tölle (1978).

Da die zeitliche Entwicklungsreihe mit einer außerhalb von Düngungsmaßnahmen einhergehenden Vegetationsveränderungen belastet ist, muß für den Vergleich der Düngungswirkung auf den verschiedenen Standorten eine Gegenüberstellung im zeitfreien Schnitt durchgeführt werden. Hierzu wurde der aktuelle Stand von 1985 sowohl auf den Null-Flächen als auch auf den Düngungsflächen gewählt. Dabei ergibt sich nach 20jähriger Wirkungsdauer der Forstdüngung für eine Auswahl von 4 standörtlich unterschiedlichen Versuchsgliedern das in den Abb. 6-9 ausgewiesene Bild. Tabellenauszüge, Deckungswert-Angaben der Arten in % der Gesamtfläche, 0 = unter 1 %.

Durch Gatterung des Versuches Gandenitz II zeigte sich außerdem (im Vergleich zum benachbarten Versuch Gandenitz I) der starke Einfluß des Schalenwildes auf die Vegetationszusammensetzung und -entwicklung. Beliebte Äsungspflanzen wie *Rubus idaeus* und vor allem *Epilobium angustifolium* erreichen unter Düngungseinfluß im Gatter erheblich höhere Deckungswerte als außerhalb, letzteres selbst über lange Zeiträume hinweg (Abb. 7), vgl. hierzu auch Hippeli und Hofmann (1977).

In Zusammenfassung der Ergebnisse läßt sich erkennen, daß auf den mittleren und ärmeren Sandstandorten - und zwar im gesamten Bereich, in dem eine Düngung

Vegetationsentwicklung nach Volldüngung und Kalkgabe
in einem Flechten-Kiefernwald (Versuch Löpten)

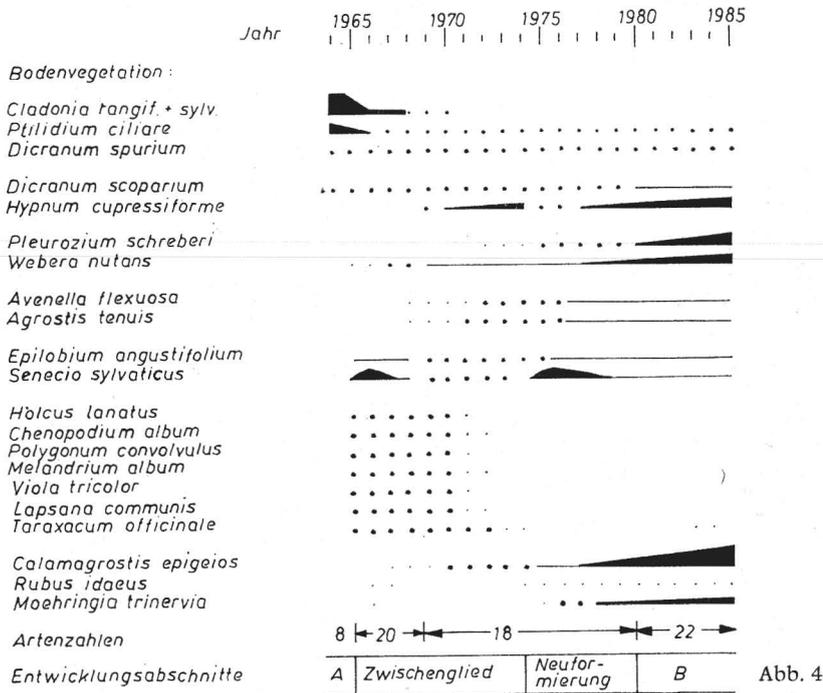


Abb. 4

für die Kiefer eine Auswirkung auf den Holzzuwachs hat – die Düngung mit Stickstoff und mit Stickstoff plus Kalk praktisch zur gleichen Vegetationstypen-Gruppe, den Sandröh-Kiefernforsten führt (Abb. 10).

Ökologisch interpretiert bedeutet dieser Sachverhalt, daß die Mineraldüngung mit N bzw. N + CaCO₃ zwar eine deutliche Ernährungsverbesserung für die Kiefer auf das Niveau der nährkräftigen Standorte erbringt, daß aber der Oberboden der Forstbestände nicht in einer komplexen Weise so verändert wird, daß sich die in der normalen ökologischen Reihe nächstanspruchsvolleren Vegetationsdecken ausprägen (vgl. Abb. 2).

Es bilden sich vielmehr als neue Dauergesellschaften solche heraus, die in ihrem ökologischen Zeigerwert disharmonische Oberbodenzustände charakterisieren, also solche, die nicht die von den „normalen“ Ki-Forstgesellschaften her bekannte relative Harmonie von Nährstoffgehalt, Humuszustand, Humusmenge, Tongehalt und Wasserhaushalt des Oberbodens signalisieren.

Eine wirklich nachhaltige qualitativ höherwertige Standortsmelioration der Forstdüngung in einem umfassenden Sinne konnte somit in den 20 Jahren bisher noch nicht erreicht werden.

Vom forstpraktischen Standpunkt ist das Ergebnis der Düngeversuche geteilt zu beurteilen. Positiv ist unbestritten die Tatsache, daß im ärmeren Standortsbereich der Holzzuwachs durch Düngungen für zeitlich begrenzte Perioden beträchtlich gesteigert werden kann. Als negativ dagegen ist das Ergebnis der nachfolgenden langzeitigen

Vegetationsentwicklung in Kiefernbeständen nach mineralischer Düngung

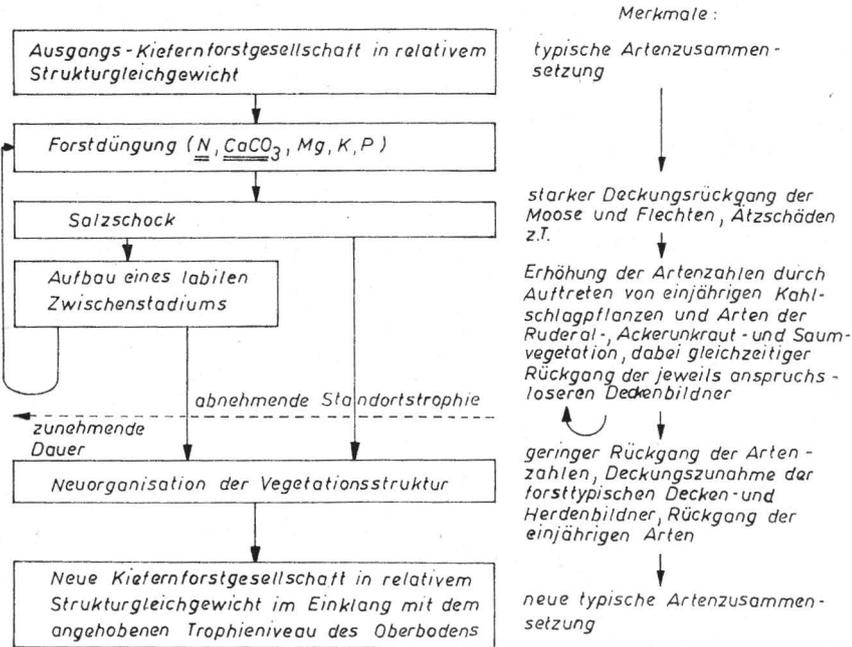


Abb. 5

Versuch	Gandenitz I			
	0	-N	Voll-düngung	Volldüngung + Kalk
Versuchsglieder				
Artenzahlen	12	13	15	22
<i>Vaccinium myrtillus</i>	30	20	10	15
<i>Avenella flexuosa</i>	40	60	10	15
<i>Pleurozium schreberi</i>	60	50	30	25
<i>Rubus idaeus</i>			10	20
<i>Epilobium angustifolium</i>			3	5
<i>Calamagrostis epigeios</i>			70	70
<i>Scleropodium purum</i>		5	20	15
<i>Sambucus nigra</i>				0
<i>Urtica dioica</i>				10
<i>Oxalis acetosella</i>				3
<i>Moehringia trinervia</i>				3
<i>Mycelis muralis</i>				2
<i>Hypnum cupressiforme</i>	10		1	0
<i>Dicranum undulatum</i>	5			
<i>Dicranum scoparium</i>				
<i>Cladonia rangiferina</i>				
Vegetationseinheiten				
Stand 1985 :	0-Flächen :	Myrtillo - Cultopinetum		
	-N Glied :	Myrtillo - Cultopinetum		
	Volldüngung :	Calamagrostia - Cultopinetum		
	Volldüngung + Kalk :	Urtica - Calamagrostia - Cultopinetum		

Ausgangsstandort : leicht oberbodendegradierter, mittelmäßig nährstoffversorgte podsolige Sandbraunerde mit durchschnittlicher Wasserversorgung, Standortsguppe M 2

Abb. 6

Versuch	Gandenitz II (gegattert)			
	0	-N	Voll- düngung	Volldüngung + Kalk
Versuchsglieder				
Artenzahlen	11	14	16	16
<i>Vaccinium myrtillus</i>	20	0	3	
<i>Avenella flexuosa</i>	30	40	5	
<i>Pleurozium schreberi</i>	60	60	5	5
<i>Rubus idaeus</i>			30	35
<i>Epilobium angustifolium</i>			70	20
<i>Calamagrostis epigeios</i>			20	30
<i>Scleropodium purum</i>			5	5
<i>Sambucus nigra</i>				2
<i>Urtica dioica</i>				25
<i>Oxalis acetosella</i>				0
<i>Moehringia trinervia</i>				1
<i>Mycelis muralis</i>				
<i>Hypnum cupressiforme</i>	5	5		
<i>Dicranum undulatum</i>	5	10		
<i>Dicranum scoparium</i>	5	5		
<i>Cladonia rangiferina</i>	0	0		

Vegetationseinheiten

Stand 1985: 0-Flächen : *Myrtilla-Cultopinetum*, Tendenz zu
 -N Glied : *Avenella - Cultopinetum*
 Volldüngung : *Epilobium - Phase des Rubo-Cultopinetum*
 Volldüngung + Kalk : *Rubo - Cultopinetum, Urtica - Ausb.*

Ausgangsstandort: Versuchsf lächen gegattert, stärker oberbodendegradierte mittel-
 mäßig nährstoffversorgte podsolige Sand-Braunerde mit
 durchschnittlicher Wasserversorgung, Standortgruppe M2

Abb. 7

Versuch	Triebtsch			
	0	-N	Voll- düngung	Volldüngung + Kalk
Versuchsglieder				
Artenzahlen	13	14	17	17
<i>Agrostis tenuis</i>	0			1
<i>Avenella flexuosa</i>	60	60	25	8
<i>Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea</i>	20	8	3	3
<i>Pleurozium schreberi</i>	70	60	25	25
<i>Hypnum cupressiforme</i>				
<i>Dicranum scoparium</i>				
<i>Ptilidium ciliare</i>				
<i>Cladonia rangiferina</i>				
<i>Dicranum spurium</i>				
<i>Calamagrostis epigeios</i>		5	50	80
<i>Moehringia trinervia</i>			2	2
<i>Epilobium angustifolium</i>			1	1
<i>Scleropodium purum</i>		2	20	35
<i>Urtica dioica</i>				5
<i>Rubus idaeus</i>			0	8

Vegetationseinheiten Stand 1985:
 0-Flächen : *Avenella - Cultopinetum*
 -N Glied : *Avenella - Cultopinetum*
 Volldüngung : *Calamagrostia - Cultopinetum*
 Volldüngung + Kalk : *Urtica - Calamagrostio - Cultopinetum*

Ausgangsstandort: ziemlich nährstoffarmer Sand-Braunpodsol mit überdurch-
 schnittlicher Wasserversorgung, Standortgruppe Z1

Abb. 8

Versuch	Löpten			
	0	-N	Voll- düngung	Volldüngung + Kalk
Versuchsglieder				
Artenzahlen	11	9	14	22
<i>Agrostis tenuis</i>			1	2
<i>Avenella flexuosa</i>			2	2
<i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>V. vitis-idaea</i>				
<i>Pleurozium schreberi</i>	2	2	10	15
<i>Hypnum cupressiforme</i>	20	20	30	10
<i>Dicranum scoparium</i>	7	7	5	1
<i>Ptilidium ciliare</i>	2	2	2	0
<i>Cladonia rangiferina</i>	2			
<i>Dicranum spurium</i>	2			
<i>Calamagrostis epigeios</i>			30	70
<i>Moehringia trinervia</i>			1	3
<i>Epilobium angustifolium</i>				1
<i>Scleropodium purum</i>				2
<i>Urtica dioica</i>				0
<i>Rubus idaeus</i>				0

Vegetationseinheiten Stand 1985:

- 0-Flächen : *Hypno-Cultopinetum clad.*
- N Glied : *Hypno-Cultopinetum typ.*
- Volldüngung : *Hypno-Calamagrostio-Cultopinetum*
- Volldüngung + Kalk : *Calamagrostio-Cultopinetum*

Ausgangsstandort: ziemlich nährstoffarmer, oberbodendegradierter Sand-Braunpodsol
mit durchschnittlicher Wasserversorgung, Standortsgruppe Z2

Abb. 9

Vegetationstypenwandel nach langjähriger Wirkungszeit der Forstdüngung

Normale ökologische Reihe der
Kiefernforst- und Waldgesellschaften

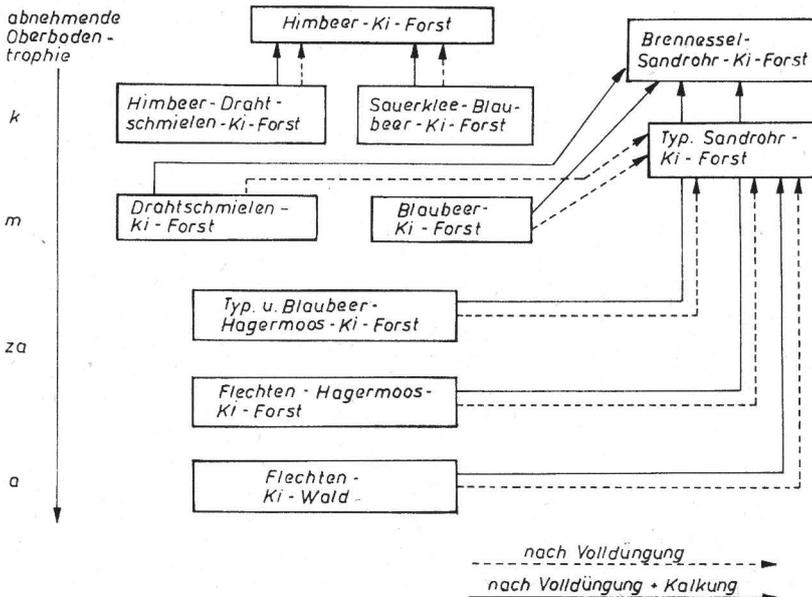


Abb. 10

Vegetationsveränderung zu charakterisieren. Die Entwicklung der bodendeckenden Sandrohrherden ist ökologisch bedenklich hinsichtlich der dadurch möglichen starken Wurzel- und vor allem Wasser Konkurrenz für die Bäume besonders in Trockenjahren. Weiterhin begünstigt die Nährstoffzuführung langfristig den Hallimasch als gefährlichen Schaderreger für die Stabilität der Bestände und vermindert den Mykorrhiza-Besatz. Schließlich stellen die entstehenden, in sich sehr stabilen Sandrohrdecken noch eines der schwersten Kulturhindernisse bei der Walderneuerung dar. Es erscheint deshalb geraten, die forstlichen Düngungsmaßnahmen im Gesamtzusammenhang ihrer Wirkungen zu sehen und sie vor allem mit Blick auf die Langzeitwirkungen der neuentstehenden Bodenvegetationsdecken kritisch ökonomisch zu durchleuchten.

Zusammenfassend läßt sich sagen:

- Düngungen von Stickstoff und Kalk in Kiefernbeständen verändern langfristig die Bodenvegetation in wesentlicher und in typischer Weise.
- Die spezifischen Reaktionen der Bodenvegetation erlauben über den ermittelten Zeigerwert praktische Kontrollmaßnahmen zur Qualität der durchgeführten Düngungen, z. B. zur Homogenität der Düngerausbringung und zur Abgrenzung des Düngebereiches.
- An Hand des spezifischen Zeigerwertes der Vegetation können auch über die Luft eingetragene Fremdstoffe von Kalk und Stickstoff identifiziert und flächenmäßig abgegrenzt werden.
- Stickstoff- und Kalzdüngungen führen langfristig im größten Teil des Hauptkiefern-anbaugebietes unseres Landes in den Beständen zur Ausbildung von langlebigen und konkurrenzstarken *Calamagrostis epigeios*-Decken, die für die forstliche Bewirtschaftung als nachteilig zu bewerten sind.
- Ein komplexer wirklich standortmeliorierender Einfluß der Forstdüngung konnte im düngedürftigen Standortsbereich der Kiefer nach 20jähriger Wirkungsdauer noch nicht nachgewiesen werden.

S c h r i f t t u m

- Hippeli, P.: Untersuchungen über die Möglichkeiten der Ertragssteigerung durch Mineraldüngung in mittelalten Kiefernbeständen auf verbreiteten Standorten im Tiefland der DDR. Tagungsbericht der AdL 103 (1970) 41-59.
- Hippeli, P., und G. Hofmann: Die Forstdüngung - eine wichtige Intensivierungsmaßnahme zur Steigerung der Quantität und Qualität des Äsungsangebotes im Walde. Jagdinf. 6 (Eberswalde) (1977) 1, 39-68.
- Hofmann, G.: Vegetationsveränderungen in Kiefernbeständen durch Mineraldüngungen und Möglichkeiten zur Nutzenanwendung der Ergebnisse für biologische Leistungsprüfungen. Beitr. Forstwirtsch. (1972) 2, 29-36.
- Ritter, G., und H. Tölle: Stickstoffdüngung in Kiefernbeständen und ihre Wirkung auf Mykorrhizabildung und Fruktifikation der Symbiosepilze. Beitr. Forstwirtsch. (1978) 4, 162-166.
- Rodenkirchen, H.: Wirkungen von Meliorationsmaßnahmen auf die Bodenvegetation eines ehemals streugennutzten Kiefernstandortes in der Oberpfalz. Forstl. Forschungsber. (München) 53 (1982).

Prof. Dr. Gerhard Hofmann
 Institut für Forstwissenschaften Eberswalde
 Forschungsbereich Ökologie
 Alfred-Möller-Straße
 Eberswalde-Finow
 DDR - 1300