

Zeitschrift:	Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber:	Schweizerischer Forstverein
Band:	125 (1974)
Heft:	10
Artikel:	Humusform, Nährelementvorräte und Ernährungszustand von Fichtenbeständen in Griechenland
Autor:	Alexandris, S.G.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-766248

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 20.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Humusform, Nährelementvorräte und Ernährungszustand von Fichtenbeständen in Griechenland¹

Von S. G. Alexandris, Thessaloniki

Oxf.: 18

Den Professoren *H. Franz* und *A. Krapfenbauer* an der Hochschule für Bodenkultur in Wien gewidmet

1. Einleitung und Problemstellung

Die Fichte hat ihre grösste Verbreitung in Mittel- und Nordeuropa. Im Gegensatz dazu ist ihre Verbreitung in Griechenland nur auf etwa 6000 ha (*Moulopoulos*, 1951) beschränkt; nach neuesten Schätzungen sollen es etwa 10 000 ha sein (*Dalakiouridis*, 1958).

Die gesamte Waldfläche Griechenlands umfasst 2 470 000 ha, das sind 19 % der gesamten Landesfläche. Das heisst, die Fichte hat nur einen Anteil von 0,4 % an der gesamten Waldfläche. Auf der genannten Gesamtwaldfläche Griechenlands werden jährlich nur 400 000 m³ technisches Nutzholz produziert; das entspricht einem durchschnittlichen Ertrag von weniger als 0,2 m³/ha/Jahr.

Die Fichtenwälder sind aber an der genannten Nutzholzproduktion jährlich mit 20 000 m³ beteiligt; das bedeutet, dass auf nur 0,4 % der Gesamtwaldfläche 5 % des insgesamt in Griechenland erzeugten Nutzholzes heranwächst, also zehnmal mehr, als man nach dem Durchschnittsertrag der Waldfläche des Landes erwarten könnte. Es besteht voraussichtlich auch die Möglichkeit, den Ertrag an Nutzholz aus Fichtenbeständen bis auf 40 000 m³/ha/Jahr, das heisst bis auf einen Anteil von 10 % an der gesamten Nutzholzproduktion, zu steigern. Dies weist abermals auf die besondere wirtschaftliche Bedeutung der Fichtenwälder Griechenlands hin.

In der vorliegenden Arbeit werden bei einigen gutwüchsigen, auf Quarzdiorit stockenden Fichtenbeständen die Nährstoffvorräte der Böden untersucht. Gleichzeitig wird in den Beständen der Ernährungszustand geprüft. Anhand der Untersuchungsergebnisse wird dann geprüft, ob es Zusammenhänge gibt zwischen den N-, P-, K-, Ca- und Mg-Spiegelwerten der Fichte

¹ Der Verfasser möchte an dieser Stelle Herrn Professor Dr. Spyros Dafis für seine freundliche Hilfe und wertvolle Diskussion herzlich danken.

Herzlichen Dank schulde ich auch Herrn Oberforstrat Dr. Werner Luft in Deutschland, der mir bei der sprachlichen Verbesserung meines Manuskriptes behilflich war.

und den Gesamtvorräten an Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium und Magnesium.

Zur Prüfung der genannten Zusammenhänge wurde zunächst die Verteilung der Baumwurzeln im Bodenvolumen untersucht. In allen Fällen war festzustellen, dass mehr als 80 % der Feinwurzeln den humosen A-Horizont durchwurzelten. Auf dieser Tatsache aufbauend wurden die Zusammenhänge zwischen den Nährelementmengen in der Feinerde des A-Horizontes und dem Ernährungszustand der Fichten untersucht. Um eine bessere Vorstellung über die Abhängigkeit des Ernährungszustandes von den Nährelementvorräten des Bodens zu gewinnen, wurde auch der Ernährungszustand der Fichtenbestände mit den gesamten Nährstoffvorräten (bis zum festen Gestein) der entsprechenden Bodenprofile korreliert. Die Zusammenhänge wurden auch bei verschiedener Exposition untersucht und miteinander verglichen.

Durch zahlreiche Untersuchungen ist bekannt, dass eine straffe Korrelation zwischen dem Ernährungszustand der Bäume und dem Nährelementvorrat des Bodens nicht zu erwarten ist (Wehrmann, 1961; Rehfuss, 1969; Fiedler et al., 1969; Alexandris, 1969). Das gilt auch für die Obstgärten Griechenlands (Polyzopoulos, 1971). Wie Rehfuss bereits besonders ausführte, darf zunächst schon aus folgendem Grund keine straffe Abhängigkeit erwartet werden: Die Elementkonzentrationen in den Nadeln sind als Quotienten aus aufgenommener Elementmenge und erzeugter Nadelmasse anzusehen. Außerdem hängt die Nährstoffaufnahme der Bäume nicht nur von dem Nährstoffvorrat des Bodens ab, sondern auch von vielen anderen Boden- und Standortsfaktoren (Wittich, 1958; Laatsch, 1967a; Tamm, 1964) sowie von Quotienten, die das Verhältnis der Nährelemente des Bodens zueinander charakterisieren, und von der Aktivität der Mykorrhiza.

Im Mittelmeerraum wird die Trophie der Waldbestände von den Standortsverhältnissen her besonders stark durch die Bodenfeuchtigkeit, die sich im Minimum befindet, beeinflusst (Laatsch 1967b; Alexandris, 1969, 1970, 1971). Auf jeden Fall soll aber auch der Nährstoffvorrat des Bodens einen mehr oder minder grossen Einfluss auf den Ernährungszustand der Bäume haben, und im Rahmen der vorliegenden Untersuchungen soll geprüft werden, ob die Wechselbeziehungen zwischen den Umweltfaktoren und dem Wachstum der Fichtenbestände im Rhodopen-Gebirge lockerer oder straffer Natur sind.

2. Standortsverhältnisse

Die untersuchten Bestände liegen auf dem griechischen Rhodopen-Gebirge in der Nähe der griechisch-bulgarischen Grenze auf 1500 m bis 1800 m Meereshöhe.

Das Klima des Untersuchungsgebietes wird als intermediäre oder Übergangsstufe zwischen dem mediterranen und dem mitteleuropäischen Klima

bezeichnet (Mariolopoulos, 1938). Leider gibt es keine meteorologische Station im Gebiet.

Die Niederschlagsmengen schwanken zwischen 1000 und 1200 mm (aus der Karte von Mariolopoulos und Karapiperis entnommen) mit einer mehr oder weniger gleichmässigen Verteilung über das ganze Jahr; das gibt dem Gebiet einen mitteleuropäischen Charakter. Die vorherrschenden, den mitteleuropäischen Verhältnissen vergleichbaren floristischen Elemente bekräftigen diese Feststellung (Dafis, im Druck). In pflanzensoziologischer Hinsicht gehört das Gebiet zum Vegetationsgürtel des Vaccinio-Piceatalia, und zwar zum Vaccinio-Piceion-Raum (Dafis, 1967).

Die untersuchten reinen Fichtenbestände stocken fast ausschliesslich auf Böden, die aus Quarzdiorit entstanden.

3. Untersuchungsmethoden

3.1 Arbeiten im Gelände

Vor Entnahme der Bodenproben wurde die Feinwurzelverteilung geprüft. Es wurde festgestellt, dass sich mehr als 80 % der Feinwurzeln im A-Horizont befinden. Viele Autoren (Zöttl, 1964; Fiedler et al., 1963) fanden den grössten Teil der Feinwurzeln in den obersten 6 cm des Mineralbodens.

Auf jeder Probefläche wurden repräsentativ zwei Bodenprofile ausgewählt, und aus jedem genetischen Horizont wurden je vier Volumenproben mit Stechquadraten von 10 x 10 x 10 cm Grösse entnommen. Aus der organischen Bodendecke wurden vier Flächenproben von 20 x 20 cm entnommen, von denen jeweils zwei zu einer Mischprobe zusammengefasst wurden. Jeder Probefläche wurden also zwei vollständige Probenreihen entnommen (Methodik Rehfuss, 1969). Es wurden volumengerechte Bodenproben entnommen, um eine erhöhte Aussagefähigkeit zu garantieren (Heinsdorf, 1963; Hunger, 1964; Emberger, 1965; Nebe, 1968; Rehfuss und Moll, 1965, und andere), an denen zugleich die Mächtigkeit und das Gewicht der einzelnen Horizonte bestimmt wurde. Der Ernährungszustand der Fichtenbestände wurde jeweils anhand von Nadelanalysen beurteilt. Die Nadelernte fand im Herbst statt, um einen relativ konstanten Nährstoffspiegelwert zu haben (Leyton, 1948; White, 1954; Wehrmann, 1959; Tamm, 1955; Streb, 1960; Höhne, 1964, und andere).

Auf jeder Probefläche wurden 5 bis 7 Bäume gefällt. Auf jeden Fall wurden die Bäume gleichmässig verteilt und zufällig auf den Flächen ausgewählt, so dass die Versuchsergebnisse als repräsentativ anzusehen sind.

Von den obersten Seitentrieben wurden jeweils mehr als 100 Nadelpaare als Proben entnommen (Wehrmann, 1959; Streb, 1961; Nebe, 1963; Höhne, 1963). Von jedem gefällten Baum wurde auch die Breite des letzten Jahrrings auf 20 cm Höhe über dem Boden gemessen.

3.2 Laboruntersuchungen

Der pH-Wert wurde mit der Glaselektrode in Wasser und KCl bestimmt.

Die C-Bestimmung erfolgte bei weniger humosen Mineralböden durch nasse Verbrennung nach dem Dichromatverfahren, bei humusreicherem Mineralböden durch das Glühverlustverfahren (Fiedler, 1965). Die N-Bestimmung erfolgte nach Kjeldahl. Zur P-Bestimmung wurde zweierlei durchgeführt: Bei wenig humosem Mineralboden wurde das zitronensäurelösliche Phosphat bestimmt; bei Humushorizonten wurde das Phosphat der Asche (Glühen im Muffelofen bei 600 °C) wie bei Nadelanalysen ermittelt.

Die austauschbaren Basen des Mineralbodens wurden im $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -Anzug bestimmt, und zwar K flammenphotometrisch, Ca titrimetrisch und Mg gravimetrisch.

Die Humusstoffgruppenanalyse wurde nach Kononova (Fiedler, 1965) durchgeführt.

Die Nadelanalyse erfolgte nach Veraschung des Materials und Lösung der Nährstoffe mit 6nHCl (Müller, 1970).

4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Boden — Humusprofil

Im allgemeinen gehören die Böden des Gebietes zu den Braunerden. Die herrschende Baumart hat einen starken Einfluss auf die Humusmenge und das Humusprofil, sowohl im Ektolithumus als auch im Entolithumus (Wilde, 1954, 1971).

Unter reinen Buchenbeständen herrschen Böden mit typischen Eigenschaften der Waldbraunerde vor, aber ohne Ausbildung einer Mull-Humusform. Der Endolithumus des A-Horizontes ist unter Buchenbeständen ein mullartiger Moder mit verhältnismäßig heller Farbe (10 YR 2/2), heller als bei reinen Fichtenbeständen, wo die Farbe dunkel, pechartig ist (5 YR 2/1).

Die aus Quarzdiorit entstandenen Mineralböden sind lehmige Sande bis sandige Lehme. Ein charakteristisches Merkmal der Böden ist die Abnahme der pH-Werte von oben (L-Lage) nach unten bis zum A-Horizont mit darauffolgender Zunahme bis zum C-Horizont (Abbildung 1).

Die erhöhten pH-Werte in der Humusauflage erklären sich durch Anhäufung der Basen, die durch die Wurzeln aus tieferen Bodenschichten geschöpft werden und dann mit abfallender Streu in den Auflagehumus gelangen.

Unter analogen Verhältnissen werden gleiche Waldbraunerden auch auf dem bulgarischen Teil des Rhodopen-Gebirges gebildet. Die unter dem Einfluss der Fichtenbestände entwickelten Böden werden von Sachariev als dunkelfarbige Gebirgswaldböden bezeichnet (Nebe und Donov, 1969).

<i>PH</i>	<i>0,1n KCl</i>
<i>H₂O</i>	1:2,5
1,5	5,20
5,50	5,20
5,60	5,00
5,20	4,50
4,45	3,20
5,10	4,60
5,10	4,70
5,60	4,80

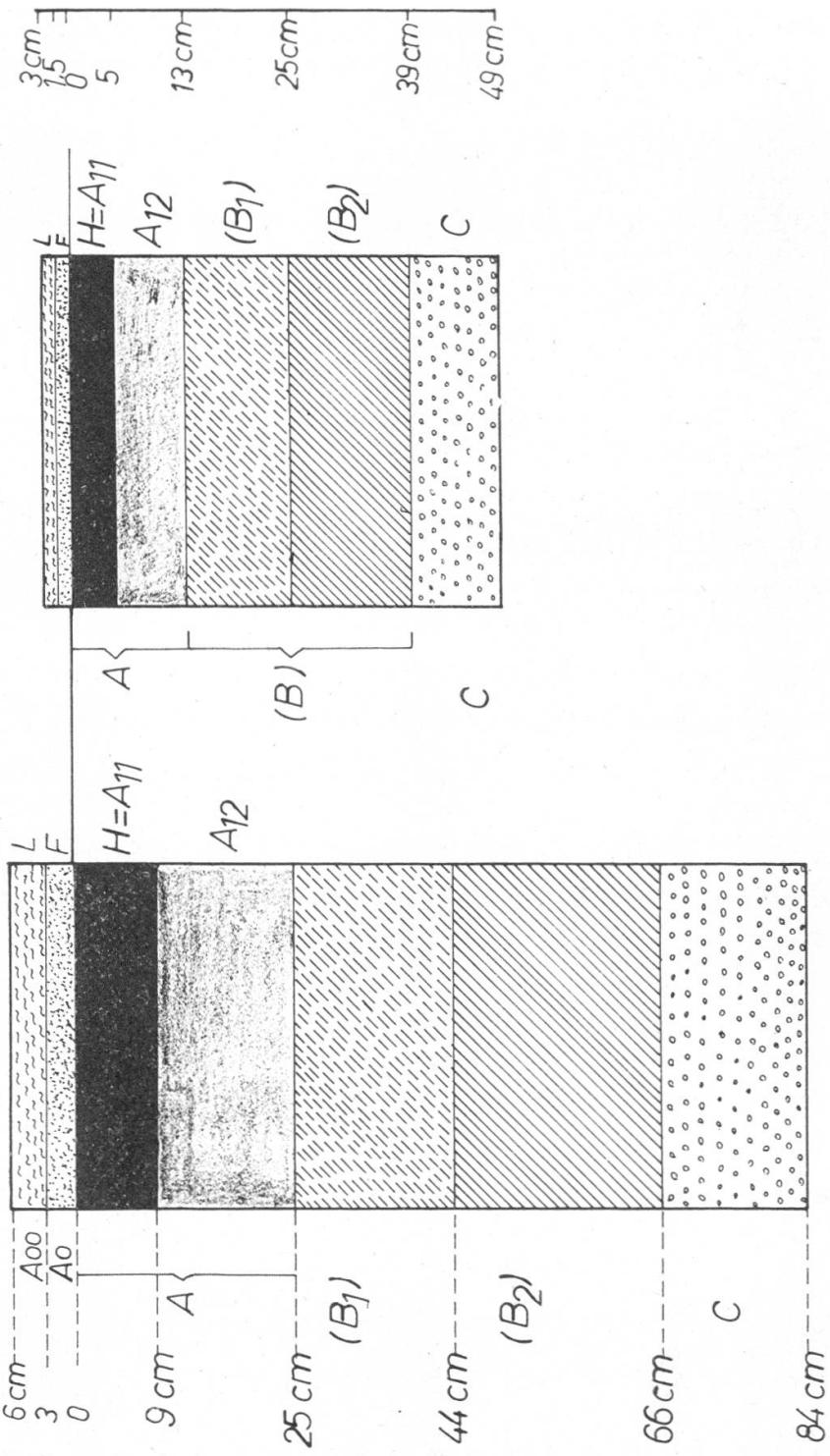


Abb. 1. Boden - und Humusmorphologie der untersuchten Böden

Charakteristische Eigenschaften der unter dem Einfluss der Fichte entwickelten Böden sind das idiomorphe Humusprofil und die Verteilung des Feinwurzelsystems der Fichte im A-Horizont. Dieses Humusprofil unterscheidet sich vom entsprechenden Humusprofil der meisten Fichtenwälder Mittel- und Nordeuropas durch die Dicke der F-Lage. Die Humusdecke (Ektohumus) ist 3 bis 6 cm mächtig und als rohhumusartiger Moder anzusprechen. Er ist aber kein Rohhumus und besteht aus den L- und F-Lagen. Die H-Lage befindet sich nicht im Auflagehumus wie in den meisten Humusprofilen der Fichtenwälder Mittel- und Nordeuropas, sondern sie bildet einen Teil des obersten humosen Mineralhorizontes (Abbildung 1). Dagegen ist die H-Lage bei Fichtenwäldern Mittel- und Nordeuropas dicker, und mindestens ein Teil, manchmal mehr als die halbe Mächtigkeit der Lage, gehört zum Auflagehumus (Ektohumus).

Die Morphologie der untersuchten Profile identifiziert sich ganz genau mit dem von Kubiena (1953) und Laatsch (1957) beschriebenen Moderhumusprofil (bis mullartiger Moder).

Die Humusqualität wird entscheidend durch das C/N-Verhältnis und die Stoffgruppenzusammensetzung bestimmt.

Das C/N-Verhältnis schwankt in den L- und F-Lagen und in den H- (= A₁₁) und A₁₂-Horizonten wie folgt:

Horizont	C/N von/bis	C/N \bar{x}	S ²	S	S/ \bar{x}
L(= A ₀₀)	30,50—38,49	36,7	4,64	2,154	0,0587
F(= A ₀)	26,91—31,00	29,7	1,93	1,390	0,0468
H(= A ₁₁)	16,51—24,03	19,9	3,84	1,960	0,0985
A ₁₂	13,12—24,27	18,7	5,89	2,427	0,1300

Tabelle 1 gibt auch Einblick in die Stoffgruppenzusammensetzung. Die Humuszusammensetzung lässt wichtige Ergebnisse erkennen. Sowohl die Humin- als auch die Fulvosäuren nehmen mit der Tiefe des Bodens zu.

Das C_h/C_f-Verhältnis erhöht sich von oben nach unten bis auf 1,16. Das ist charakteristisch und bestätigt, dass in Griechenland unter dem Einfluss von Fichtenbeständen keine Podsolierung eintritt. Erklärungen dafür sind in den besonderen klimatischen Bedingungen und den verhältnismässig hohen Vorräten an Erdalkalien zu finden. Dafis (mündliche Mitt.) vermutet, dass ausgedehnte Flächen im Rhodopen-Gebirge früher mit Buchenwäldern bestockt waren oder als Weide genutzt wurden. Diese Vermutung kann die höheren pH-Werte und die höheren C_h/C_f-Werte, die von den oberen zu den unteren Bodenhorizonten hin festzustellen sind, sehr gut erklären.

Auf jeden Fall muss man aber das Klima als eine der Hauptursachen für diese grossen Unterschiede ansehen.

Tabelle 1. Stoffgruppenanalyse des Humus der Böden unter Fichtenwäldern in Griechenland (Prozent des Kohlenstoffes)

Probe-fläche	Exposi-tion	Horizont	Humin-säuren H-C	Fulvo-säuren F-C	H-C/F-C	Rückstand R-C
5	N	H(= A ₁₁)	12,3	19,7	0,62	68,0
		A ₁₂	24,6	25,1	0,98	50,3
		(B)	29,9	28,6	1,05	41,5
9	NO	H(= A ₁₁)	9,8	18,6	0,53	71,6
		A ₁₂	22,1	20,8	1,06	57,1
		(B)	23,6	22,0	1,07	54,4
1	S	H(= A ₁₁)	24,5	24,5	1,00	51,0
		A ₁₂	30,6	28,3	1,08	41,1
		(B)	33,3	30,8	1,08	35,9
11	W	H(= A ₁₁)	15,4	23,0	0,67	61,6
		A ₁₂	32,3	31,1	1,04	36,6
		(B)	38,6	33,2	1,16	28,2

4.2 Nährstoffvorräte des Bodens

Die Mittelwerte der Nährstoffvorräte der untersuchten Probeflächen sind in der Tabelle 2 zusammengestellt. Sie veranschaulicht den Nährstoffvorrat jeder Probefläche bis zum festen Muttergestein, also einschliesslich der L- und F-Lage.

In Abbildung 2 werden ausserdem auch die Maximal- und Minimalwerte der Nährstoffvorräte für die verschiedenen Probeflächen aufgezeigt.

Kohlenstoffvorrat:

Die Mittelvorräte an organischem Kohlenstoff schwanken bei den einzelnen Versuchsflächen zwischen 89 und 167 t/ha (Gesamtdurchschnitt $\bar{x} = 111$ t/ha), einschliesslich des Kohlenstoffes der L- und F-Horizonte, der noch nicht oder kaum durch Mikroorganismen angegriffen ist. In den letztgenannten Lagen beträgt der Kohlenstoffanteil 30 % des gesamten vorhandenen Kohlenstoffes (24 bis 53 t/ha, $\bar{x} = 30,6$ t/ha).

Nebe und Donov (1969) fanden im Rahmen einer Untersuchung über die Schwankung des Vorrates an organischer Substanz in Abhängigkeit von der Meereshöhe im bulgarischen Rhodopen-Gebirge die gleiche Kohlenstoffmenge ($C = 33,6$ t/ha); im humosen A-Horizont fanden sie aber eine wesentlich höhere Humusmenge (240 t/ha). Erklärungen dafür sind in der allgemein vorherrschenden Nord-Exposition des bulgarischen Rhodopen-Gebirges und

in den niedrigeren pH-Werten zu finden (pH der Humusaufklage = 3,7 und des A-Horizontes = 3,4).

Jaeger und *Czerney* (1968) nennen als Ergebnisse von Messungen in 14 Beständen einen Mittelwert von 140 t/ha an organischer Substanz in der Humusaufklage (L-, F- und H-Lage).

Für Böden in Russland mit einer Tiefe von 1 m fand Tjurin (zitiert in *Kononowa*, 1958) noch beträchtlich grössere Humusmengen (700 t/ha).

Stickstoffvorrat:

Obwohl der Gehalt der Ausgangsgesteine an Stickstoff nur 3 bis 5 mg %² beträgt (*Rankama* und *Sahama*, 1950), wurden als Stickstoffanteile im Mineralboden 40 bis 320 mg % gefunden. Dieser Anteil steigt in den F- und H-Lagen bis zu einem Anteil von 830 mg % an. Der in den Mineralhorizonten gefundene Stickstoffgehalt stimmt mit den von *Apostolakis* und *Douka* (1970) im gleichen Untersuchungsgebiet gefundenen Werten (0,06 bis 0,40 g %) überein.

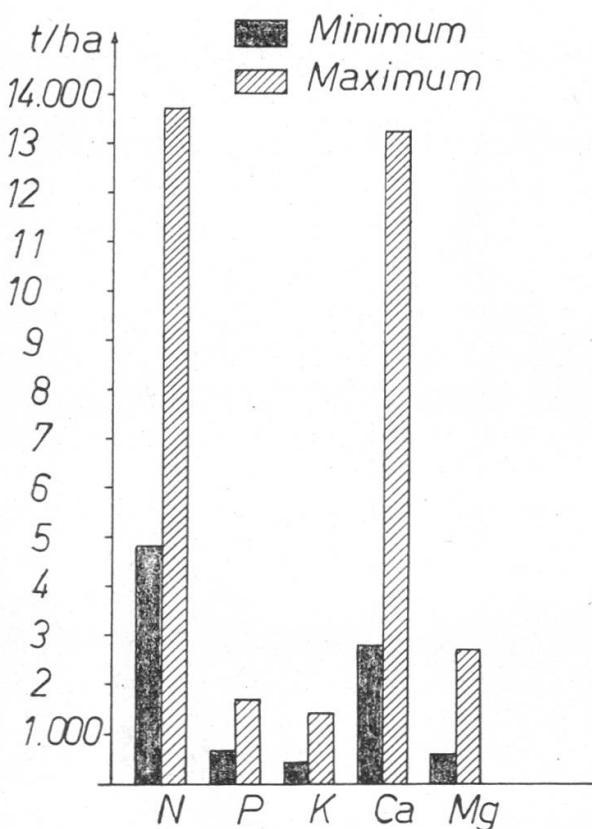


Abb. 2. Schwankung der gesamten Nährstoffvorräte des Bodens.

² Gemeint ist mg pro 100 g Trockensubstanz.

Es ist auch bekannt, dass durch die Niederschläge ganz geringe N-Mengen in den Boden gelangen; sie können 2 bis 13 kg/Jahr/ha betragen (*Scheffer und Schachtschabel*, 1966).

Innerhalb eines bestimmten Zeitraumes sind die Stickstoffvorräte des Bodens daher im wesentlichen von den Humusmengen und deren C/N-Verhältnis abhängig.

Ausgehend vom N-Gehalt jedes Horizontes wurden N-Vorräte jeder Versuchsfläche berechnet. Sie schwanken zwischen 4,8 und 10,1 t/ha ($\bar{x} = 7,5$ t/ha), mit einer Ausnahme bei der Versuchsfläche Nr. 5 mit 13,7 t/ha, was wohl auf die starke Humusaufgabe und die Stabilisierung der Huminsäuren durch die Basen zurückzuführen ist (Wittich, 1952).

Durch viele in Deutschland durchgeföhrte Untersuchungen ist bekannt, dass die Stickstoffvorräte in Bayern zwischen 1 und 16 t/ha schwanken (*Madl*, 1960; *Emberger*, 1965). *Rehfuss* (1969) berichtet für Böden unter bayrischen Tannenwäldern von Schwankungen zwischen 4 und 12,5 t/ha, für einen Ausnahmefall sogar von 21,4 t/ha. *Tölle* (1968) gibt für Nordostdeutschland eine Schwankung von 1,6 bis 9,0 t/ha an.

Vergleicht man die bei uns gefundenen N_t -Vorräte (4,8 bis 10,1 t/ha) mit den genannten, für Mitteleuropa charakteristischen Werten, so sind einige Unterschiede festzustellen. Die bei uns gefundenen niedrigsten N_t -Vorräte sind höher als die entsprechenden mitteleuropäischen Minimalwerte. Die Ursache dafür ist rasch zu finden; bei den vorliegenden Untersuchungen blieben die schlechten Fichtenstandorte ausgeschlossen. Die ermittelten Maximalwerte der N_t -Vorräte sind dagegen niedriger als die entsprechenden mitteleuropäischen. Das ist auf die niedrigere Humusmenge und den bei griechischen Klimaverhältnissen ganz anders verlaufenden Abbaurhythmus der organischen Substanz zurückzuführen.

Vorrat an Phosphor und Basen:

Der Gehalt des Bodens an zitronensäurelöslichem Phosphor schwankt zwischen 20 und 30 mg P pro 100 g Feinboden. Das gilt für die Horizonte F, A, B und C. In der L- und teilweise in der F-Lage wurde der salzsäurelösliche Phosphor in der Asche bestimmt. In diesem Fall schwankten die Werte zwischen 80 und 110 mg P pro 100 g Trockenmasse.

Wie man aus der Tabelle 2 entnehmen kann, schwanken die zitronensäurelöslichen Phosphorvorräte im ganzen Profil zwischen 0,66 und 1,70 t/ha (Mittelwert $\bar{x} = 1,01$ t/ha).

Diese Werte deuten alle darauf hin, dass die Variabilität des Phosphorvorrates nur der Variabilität der organischen Substanz folgt. Das ist verständlich, da das Ausgangsmaterial bei allen Versuchsflächen dasselbe ist (Quarzdiorit).

Tabelle 2. Nährstoffvorrat an C, N, P, K, Ca, Mg im ganzen Bodenprofil
 (L,-F,-A,-B,-C-Horizonten)
 in t/ha

Probe- fläche Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Mittel- werte \bar{x}
<i>Total</i>														
C	97,60	92,70	111,50	88,90	153,70	106,50	167,30	100,10	123,10	111,60	97,80	92,40	101,50	111,10
N	5,10	4,90	7,40	6,30	13,70	9,10	8,20	5,70	9,60	7,00	5,30	10,10	4,80	7,48
P	0,84	0,74	0,89	0,66	1,70	1,09	1,21	0,72	1,43	1,18	0,88	0,94	0,86	1,01
K	0,99	0,97	1,10	0,96	1,40	0,93	1,17	1,29	1,08	1,22	0,40	1,08	0,97	1,04
Ca	11,85	9,62	13,22	10,03	12,64	7,65	12,86	2,80	11,77	4,37	12,71	5,42	10,97	9,68
Mg	1,35	0,56	1,21	0,98	1,96	0,78	2,72	1,36	1,73	1,35	1,13	0,71	1,06	1,30

Die Mittelwerte des austauschbaren Kaliumvorrates schwanken in den verschiedenen Versuchsflächen im ganzen Profil zwischen 0,40 und 1,40 t/ha (Mittelwert $\bar{x} = 1,04$ t/ha). In diesen Werten ist auch der salzsäurelösliche Kaliumanteil der L-Lage enthalten (Abbildung 2).

Die grössten Schwankungen weisen die entsprechenden Mittelwerte des austauschbaren Kalziums und Magnesiums auf; sie schwanken mehr oder weniger unabhängig von der organischen Substanz und den N_t- und P-Vorräten, sowohl im ganzen Profil als auch im oberen humosen Boden (A-Horizont).

Aus der Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass die Maximal- und Minimalwerte des austauschbaren Kalziums im ganzen Profil von 2,80 bis 13,22 t/ha ($\bar{x} = 9,68$) schwankt. Die entsprechenden Mg-Vorräte schwanken im ganzen Profil von 0,56 bis 2,72 t/ha ($\bar{x} = 1,30$ t/ha).

4.3 Ernährungszustand der griechischen Fichte

4.3.1. Allgemeine Bemerkungen

Die Probeflächen wurden auf wenig geneigtem Gelände ausgewählt; so waren am besten von Erosion oder Akkumulation ungestörte Bodenprofile zu finden. Aus diesem Grund sind auch die ausgewählten Standorte mit die besten. Da die Böden aus dem gleichen Ausgangsmaterial entstanden (Quarzdiorit), ist das Relief aber ein entscheidender Faktor für die Standortgestaltung.

Der Ernährungszustand der untersuchten Fichtengruppen wird durch Abbildung 3 sowie durch Tabelle 3 (g % Trockensubstanz, 105 °C) veranschaulicht. Wir können allgemein folgendes feststellen:

Auf Nord-Expositionen stockende Fichten sind am besten mit N und P versorgt; besteht ein guter Stickstoffvorrat, dann sind die Bäume auch meist gut mit Phosphor versorgt.

Zwischen den K- und Ca-Spiegelwerten besteht, von wenigen Ausnahmen abgesehen, eine gegenläufige, eine negative Korrelation. Das bestätigen auch die gegenläufigen Tendenzen, die man bei der Abbildung 3 erkennen kann. Eine Erklärung dafür findet man durch das Antagonismusphänomen (Wittich, 1958; Lundegardh, 1951; Themlitz, 1958; Mitscherlich und Wittich, 1958, und andere).

Zwischen dem N-Ernährungszustand und dem Zuwachs (Dickenwachstum) besteht folgende lineare Korrelation:

$N\% = 0,998$ und $0,032 \cdot \text{Jahrringbreite}$ ($r = 0,897$; $B = 80\%$). Diese Korrelation gilt aber nur für Bäume mit einem Alter von 51 bis 65 Jahren. Für Bäume aus 75- bis 84jährigen Beständen liessen sich keine gesicherten Zusammenhänge zwischen N-Spiegelwerten und Jahrringbreiten feststellen ($r = 0,254$).

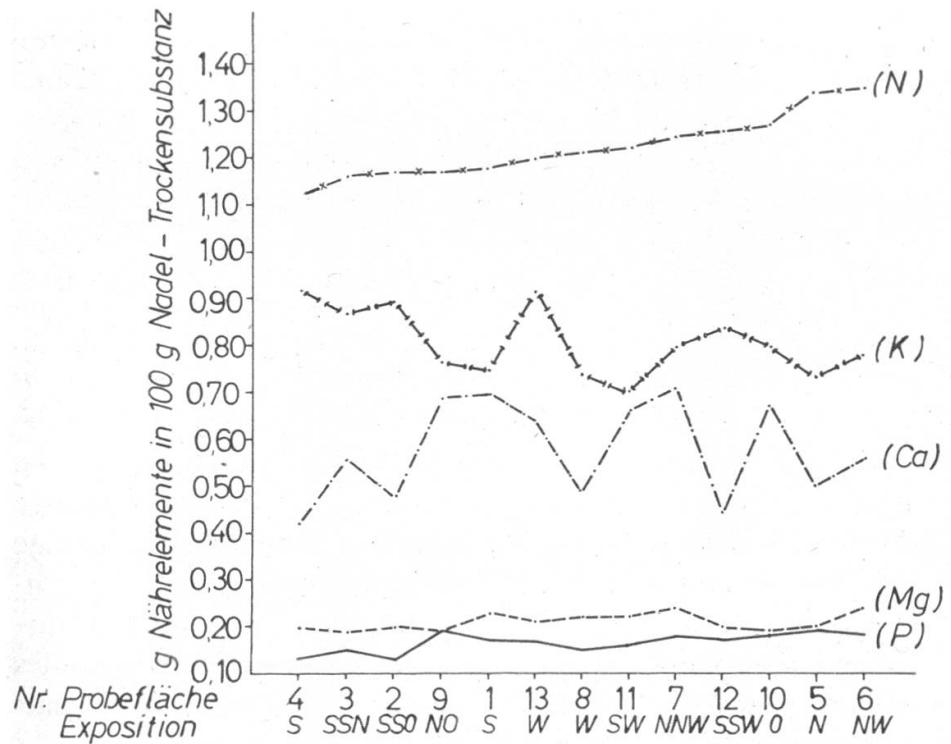


Abb. 3. Nährstoffgehalte in 100 g Trockensubstanz halbjähriger Nadeln.

Tabelle 3. Die Probeflächen-Mittelwerte der Nährelementgehalte in den halbjährigen Nadeln in Prozent der Trockensubstanz

Fläche	Exposition	$N \text{ \%}$	$P \text{ \%}$	$K \text{ \%}$	$Ca \text{ \%}$	$Mg \text{ \%}$	$Asche \text{ \%}$
4	S	1,12	0,13	0,92	0,42	0,10	3,077
3	SSW	1,16	0,15	0,87	0,56	0,09	3,205
2	SSO	1,17	0,13	0,90	0,48	0,10	3,264
9	NO	1,17	0,19	0,77	0,69	0,09	3,454
1	S	1,18	0,17	0,75	0,70	0,13	3,476
13	W	1,20	0,17	0,92	0,64	0,11	3,495
8	W	1,21	0,15	0,74	0,49	0,12	3,363
11	SW	1,22	0,16	0,70	0,66	0,12	3,186
7	NNW	1,25	0,18	0,80	0,71	0,14	3,502
12	SSW	1,26	0,17	0,84	0,44	0,10	3,365
10	O	1,27	0,18	0,80	0,67	0,09	3,487
5	N	1,34	0,19	0,73	0,50	0,10	3,112
6	NW	1,35	0,18	0,78	0,56	0,14	3,147
\bar{x}		1,22	0,165	0,81	0,58	0,11	3,318

4.3.2 Ernährungszustand in Abhängigkeit von Nährstoffvorräten

Die Ernährungsverhältnisse der Fichten im mitteleuropäischen Raum wurden mehrfach untersucht, in Bayern von Wehrmann (1963) und Strelbel (1960, 1961), im Schwarzwald von Moll (1965) und Evers (1972), in Oberschwaben von Rehfuss und Moll (1965), in Sachsen und Thüringen von Nebe (1962, 1968) und Hunger (1964), im Osterzgebirge von Höhne (1970) und Fiedler und Nebe (1969), in Österreich von Krapfenbauer (1969) und Glatzel (1970, 1971), in Polen von Nebe und anderen (1964, 1967), in Bulgarien von Nebe und Donov (1969).

Im Gegensatz dazu wurden die Ernährungsverhältnisse der Fichten in Griechenland bisher noch nicht untersucht, und es gibt bis heute keine darüber orientierende Arbeit.

Durch die folgenden Ausführungen wird versucht, die Zusammenhänge zwischen Ernährungszustand und Nährstoffvorräten zu klären. Eine analoge Untersuchung hat Rehfuss (1969) in Tannenbeständen Bayerns durchgeführt. Bei Überprüfung der Relationen wurde die Abhängigkeit der Nährstoffspiegelwerte von den Nährstoffvorräten des humosen A-Horizontes einerseits und von den Nährstoffvorräten des ganzen Bodenprofils anderseits untersucht.

Stickstoffernährung:

Die N-Spiegelwerte schwanken zwischen 1,12 und 1,35 g N %. Es ergibt sich ein Mittelwert von 1,22 g N % Trockensubstanz; die Abweichungen der Extremwerte (Maximum und Minimum) sind gleich.

Die beste N-Versorgung finden wir für Bäume der Probeflächen Nrn. 5, 6 und 10 bestätigt. Probefläche Nr. 5 und Nr. 6 haben eine nördliche und Probefläche Nr. 10 eine östliche Exposition; für alle diese Versuchsorte ist eine höhere Bodenfeuchtigkeit charakteristisch.

Vergleicht man die gefundenen N-Spiegelwerte mit denen von Wehrmann (1,20 bis 2,00 g N %; 1961) von Höhne (1,28 bis 1,67 g N %; 1968) und andern bekannten Werten und mit den Optimalwerten aus mehreren Beständen von Strelbel (1,44 g N %; 1961) und von Nebe und Benes (1,46 g N %; 1966), so kann man sagen, dass fast alle Probebäume mangelhaft mit Stickstoff versorgt sind. Wenn man die durch unsere Untersuchungen ermittelten N-Spiegelwerte mit den von Fiedler und Nebe (1969) zusammengestellten Werten für 16jährige Fichtenjungbestände auf Quarzporphyrit vergleicht, so findet man grosse Ähnlichkeit. Völlige Übereinstimmung ergibt sich schliesslich beim Vergleich unserer Werte mit denen von Nebe und Donov (1,09 bis 1,41 g N %; $\bar{x} = 1,27$; 1969).

In beiden Fällen (eigene Versuchsergebnisse und die von Nebe und Donov, 1969), die sich auf das Rhodopen-Gebirge beziehen, ist das Wachstum der Fichtenbestände sehr befriedigend, obwohl die N-Spiegelwerte (1,12 bis

1,35 g N %; $\bar{x} = 1,22$) beim Vergleich mit denen Mitteleuropas niedriger sind.

Bei Überprüfung der Relationen zwischen den N-Spiegelwerten und den N_t-Vorräten des gesamten Profiles jeder Probefläche fanden wir keinen statistisch gesicherten Zusammenhang ($r = 0,324$; $B = 10 \%$).

Schliesslich prüften wir auch die Zusammenhänge zwischen den N-Spiegelwerten und den C/N-Quotienten sowohl bei der F-Lage wie auch beim humosen A-Horizont. Im ersten Fall gibt es keinen gesicherten Zusammenhang (C/N-Mittelwerte 26,91 bis 31,00; $\bar{x} = 29,69$; $r = -0,180$; $B = 3,2 \%$). Im zweiten Fall fanden wir eine negative Korrelation, welche durch die Gerade $Y = 1,976 - 0,039 X$ charakterisiert wird ($r = 0,775$, $P = 0,05$; C/N-Quotienten des A-Horizontes: 17,34 bis 22,36, $\bar{x} = 19,30$).

Wie die Korrelation bestätigt, sind die N-Spiegelwerte nur vom C/N-Verhältnis des humosen A-Horizontes abhängig; in diesem gesicherten Zusammenhang finden wir den besten Weiser für den N-Ernährungszustand, insbesondere wenn es sich um eine mullartige Moder-Humusform handelt.

Bisher konnte schon allgemein bestätigt werden, dass die N-Nadelkonzentration vom C/N-Verhältnis im Bodenhumus abhängt (Wehrmann, 1963; Fiedler und Nebe, 1963; Strel, 1960; Evers, 1967; Rehfuss, 1969, und andere), nachdem Zötl (1960, 1968) Untersuchungen im Brutschrank durchführte, welche zeigten, dass die N-Mineralisierung vom C/N-Verhältnis der Humusproben, insbesondere bei Rohhumus und Modersubstrat, abhängt.

Wehrmann (1963), Fiedler und Nebe (1963) und andere setzen die optimale Ernährung der Fichte mit dem C/N-Verhältnis der F-Humuslage fest. Als Grenzwert für eine optimale Ernährung geben sie einen C/N-Quotienten von <26 (F-Humuslage) an.

Evers (1967) und Rehfuss (1969) geben den gleichen Grenzwert (<26), aber für Mischproben der F- und H-Lage, an. Die genannten Autoren gehen jedoch meistens von mehr oder weniger podsolierten Böden mit einer mächtigeren F-Lage aus, die sich während mehrerer Jahre ansammelte.

Phosphorernährung:

Die P-Spiegelwerte schwanken zwischen 0,13 und 0,19 g P % Trockensubstanz. Probekörper mit ausreichender N-Versorgung hatten meist auch keinen Mangel an Phosphor.

Die von uns ermittelten Werte stimmen genau überein mit denen von Wehrmann (0,13 bis 0,20 g P %), Höhne (0,13 bis 0,22 g P %), Fiedler und Nebe (0,13 bis 0,14 g P %). Nebe und Donov (1969) fanden dagegen erheblich höhere P-Konzentrationen (0,22 bis 0,24 g P %) als wir, obwohl die anderen Nähr-elementkonzentrationen fast genau mit unseren Ergebnissen übereinstimmen. Die Unterschiede sind wahrscheinlich auf die verschiedene Bindungsform des organischen Phosphors zurückzuführen.

Bei der statistischen Überprüfung der Abhängigkeit der P-Spiegelwerte von den Vorräten an zitronensäurelöslichem Phosphor im humosen A-Horizont wurde eine lockere Bindung ($r = 0,278$) gefunden. Zwischen dem P-Ernährungszustand der Probewäume und dem zitronensäurelöslichen P-Vorrat im ganzen Bodenprofil besteht folgende gesicherte Beziehung ($r = 0,836$): $P \text{ \% (Nadeln)} = 0,109 + 0,056 \cdot P\text{-Vorrat}$.

Kaliumernährung:

Die Werte für die K-Ernährung, ausgedrückt durch die K-Spiegelwerte der Probewäume, schwanken zwischen 0,70 und 0,92 g K % Trockensubstanz. Der Minimalwert (0,70 g K %) stimmt fast genau mit den Ergebnissen von Fiedler und Nebe (1969), Höhne (1970) und andern überein. Der ermittelte Maximalwert (0,92 g K %) ist viel niedriger als entsprechende Werte bei den Versuchsergebnissen von Wehrmann (1963) in Bayern und von Höhne (1968) in Ostdeutschland (1,25 g K % bzw. 1,36 g K %). Diese Unterschiede lassen sich auf jeden Fall erklären; sie sind auf das verschiedene Ausgangsmaterial mit verschiedenem K-Gehalt zurückzuführen.

Genaue Übereinstimmung ergibt sich schliesslich wieder beim Vergleich unserer Ergebnisse mit den Schwankungen der K-Spiegelwerte, die Nebe und Donov (1969) bei Untersuchungen im benachbarten bulgarischen Rhodopen-Gebirge fanden.

Bei der statistischen Überprüfung der Beziehungen zwischen den K-Spiegelwerten der Probewäume und den austauschbaren K-Vorräten in den humosen A-Horizonten der entsprechenden Probeflächen fanden wir eine ziemlich gesicherte positive Beziehung bestätigt ($r = 0,603$), welche sich wie folgt charakterisieren lässt: $K \text{ \% (Nadeln)} = 0,657 + 0,399 \cdot K\text{-Vorrat}$.

Zwischen den K-Spiegelwerten und den austauschbaren K-Vorräten im ganzen Bodenprofil gibt es keine gesicherte Beziehung ($r = 0,036$).

Kalziumernährung:

Trotz breiter Schwankung der Ca-Vorräte bei den verschiedenen Versuchsflächen weichen die Ca-Spiegelwerte nur wenig voneinander ab. Als Minimalwert ermittelten wir 0,42 g Ca % und als Maximalwert 0,71 g Ca % Trockensubstanz ($\bar{x} = 0,58 \text{ g Ca \%}$).

Den gleichen Mittelwert finden wir bestätigt durch Untersuchungen von Strebel (1961), von Fiedler und Nebe (0,37 bis 0,79 g Ca %) und von Nebe und Donov (0,47 bis 0,89 g Ca %).

Statistisch gesicherte Beziehungen bestehen weder zwischen den Ca-Spiegelwerten und den austauschbaren Ca-Vorräten des A-Horizontes ($r = 0,145$) noch zwischen den Ca-Spiegelwerten und den Ca-Vorräten des ganzen Bodenprofils ($r = 0,365$).

Magnesiumernährung:

Die Mg-Spiegelwerte weichen nur wenig voneinander ab (0,09 bis 0,14 g Mg %). Bei Untersuchungen in Mitteleuropa fand man das gleiche Ergebnis für Fichtenbestände, die auf verschiedenen Böden stocken, bestätigt (Wehrmann, 1963; Höhne, 1968, 1970; Glatzel, 1971; Nebe und Donov, 1969); Fiedler und Nebe (1969) berichten abweichend davon über eine breite Schwankung der Mg-Spiegelwerte (0,10 bis 0,25 g Mg %), und zwar für Bäume, die auf armen Standorten aus Quarzporphyrit in Ostdeutschland heranwachsen.

Die Mg-Spiegelwerte und die vorhandenen austauschbaren Mg-Vorräte, sowohl im humosen A-Horizont als auch im ganzen Bodenprofil variieren völlig unabhängig voneinander ($r = 0,02$ bzw. $r = 0,23$). Eine Erklärung dafür ist in den geringen Abweichungen zu suchen, welche verschiedene Autoren für Mg-Spiegelwerte in Fichtenbeständen fanden, die klimatisch, petrologisch usw. in ganz verschiedenen Gebieten wachsen.

5. Zusammenfassung

Die griechische Fichte wächst in der südlichen Grenze der Verbreitung dieser Baumart in Europa. Sie wächst auf Kristallingesteinen, und zwar meist auf Quarzdiorit.

Unter den Fichtenbeständen bildet sich ein idiomorphes Moder-Humusprofil, dessen Humusauflage (Ektohumus) aus den L- und F-Lagen besteht und dessen ganze H-Lage Teile des humusreichen mineralischen A-Horizontes aufweist.

Die Nährstoffvorräte der Versuchsflächen schwanken im ganzen Profil wie folgt: Gesamtstickstoff (N_t) zwischen 4,8 und 13,7 t/ha ($\bar{x} = 7,48$ t/ha), zitronensäurelöslicher Phosphor zwischen 0,66 und 1,77 t/ha ($\bar{x} = 1,01$ t/ha), austauschbares Kalium zwischen 0,40 und 1,40 t/ha ($\bar{x} = 1,04$ t/ha), austauschbares Gesamtkalzium zwischen 2,80 und 13,22 t/ha ($\bar{x} = 9,68$ t/ha) und austauschbares Gesamtmagnesium zwischen 0,56 und 2,72 t/ha ($\bar{x} = 1,30$ t/ha).

Die C/N-Verhältnisse schwanken:

in der L-Lage zwischen 30,50 und 38,49 ($\bar{x} = 36,7$),
in der F-Lage zwischen 26,91 und 31,00 ($\bar{x} = 29,7$),
in der H-Lage zwischen 16,51 und 24,03 ($\bar{x} = 19,9$) und
im A¹²-Horizont zwischen 13,12 und 24,27 ($\bar{x} = 18,7$).

Die halbjährigen Nadeln der Probearäume enthielten 1,12 bis 1,35 % Stickstoff, 0,13 bis 0,19 % Phosphor, 0,70 bis 0,92 % Kalium, 0,42 bis 0,71 % Kalzium und 0,09 bis 0,14 % Magnesium. Der Aschegehalt schwankt zwischen 3,08 % und 3,5 % ($\bar{x} = 3,32$).

Zwischen der Konzentration einzelner Nährelemente der Nadeln und den entsprechenden Nähr-elementvorräten der Böden gibt es nur zum Teil straffe Korrelationen, und zwar zwischen P-Spiegelwerten und P-Vorräten im ganzen Profil ($r = 0,836$) sowie zwischen K-Spiegelwerten und K-Vorräten in den A-Horizonten ($r = 0,603$). Verhältnismässig schwache Bindungen bestehen aber zwischen Ca-Spiegelwerten und Ca-Vorräten in den ganzen Bodenprofilen ($r = 0,395$).

Die N-Spiegelwerte sind signifikant an die C/N-Verhältnisse des humosen A-Horizontes gekoppelt ($N \% = 1,976 - 0,039 \cdot C/N$; $r = 0,775$; $B = 60 \%$).

Im Versuchsjahr (1970) erwiesen sich die Jahrringbreiten 51 bis 65jähriger Fichten in spezifikanter Weise verknüpft mit den entsprechenden N-Spiegelwerten ($r = 0,897$; $B = 80 \%$); für älter als 65jährige Fichtenbestände liess sich ein Zusammenhang zwischen Jahrringbreiten und N-Spiegelwerten nicht bestätigen.

Den besten Ernährungszustand hatten Fichten, die auf Standorten mit nördlicher Exposition stockten, was meines Erachtens darauf hinweist, dass die Bodenfeuchtigkeit der entscheidende Wachstumsfaktor ist.

Résumé

L'état de nutrition de pessières de Grèce en relation avec la forme de l'humus et la teneur en substances nutritives du sol

En Grèce, l'épicéa croît à la limite méridionale de sa répartition européenne; les sols, cristallins, sont généralement constitués de diorite de quartz.

Sous les peuplements d'épicéa, on trouve un profil à humus-moder idiomorphe dont la couche humifère (ectohumus) se compose des strates L et F, et dont la strate H entière recèle des particules issues de l'horizon A humifère et minéralisé.

Dans les placettes d'essai, la teneur en substances nutritives prend, en moyenne de profil, les valeurs suivantes: azote total (N_t) de 4,8 à 13,7 t/ha ($\bar{x} = 7,48$ t/ha), phosphore soluble à l'acide citrique de 0,66 à 1,77 t/ha ($\bar{x} = 1,01$ t/ha), potassium échangeable de 0,4 à 1,4 t/ha ($\bar{x} = 1,04$ t/ha), calcium total échangeable de 2,8 à 13,22 t/ha ($\bar{x} = 9,68$ t/ha) et magnésium total échangeable de 0,56 à 2,72 t/ha ($\bar{x} = 1,3$ t/ha).

Le rapport C/N varie:

- dans la strate L de 30,5 à 38,49 ($\bar{x} = 36,7$)
- dans la strate F de 26,91 à 31,0 ($\bar{x} = 29,7$)
- dans la strate H de 16,51 à 24,03 ($\bar{x} = 19,9$)
- dans l'horizon A₁₂ de 13,12 à 24,27 ($\bar{x} = 18,7$).

Les aiguilles âgées de six mois prélevées sur les arbres d'essai contenaient 1,12 à 1,35 % d'azote, 0,13 à 0,19 % de phosphore, 0,7 à 0,92 % de potassium, 0,42 à 0,71 % de calcium et 0,09 à 0,14 % de magnésium. La teneur en cendres variait de 3,08 à 3,5 % ($\bar{x} = 3,32$).

La comparaison de la concentration de divers éléments nutritifs dans les aiguilles et dans le sol ne livre de bonnes corrélations qu'en partie: il s'agit du phosphore dans les aiguilles et en moyenne de profil ($r = 0,836$) et du potassium dans les aiguilles et dans les horizons A ($r = 0,603$). La liaison est relativement peu étroite entre le calcium dans les aiguilles et en moyenne de profil ($r = 0,395$).

La concentration de N est liée de façon significante au rapport C/N de l'horizon humifère A ($N \% = 1,976 - 0,039 \cdot C/N; r = 0,775; B = 60 \%$).

L'année des essais (1970), la largeur du cerne annuel fut en étroite corrélation avec la concentration de N dans les aiguilles ($r = 0,897; B = 80 \%$), pour des épicéas âgés de 55 à 65 ans, alors qu'il n'a pas été possible d'établir une relation analogue pour des arbres plus âgés.

Les épicéas croissant en exposition nord témoignaient de l'état de nutrition le meilleur, ce qui tend à démontrer, à mon avis, que l'humidité du sol est le facteur de croissance décisif.

Traduction: J.-P. Sorg

Literatur

- (1) *Alexandris, G., S., 1969: Mitteilungen des forstlichen Versuchszentrums von Thessaloniki, Nr. 29 (G)*
- (2) *Alexandris, G., S., 1970: Dasika Chronika, 135; 136 (G)*
- (3) *Alexandris, G., S., 1971: Mitteilungen des forstlichen Versuchszentrums von Thessaloniki, Nr. 46 (G)*
- (4) *Apostolakis, G., C., and Douka, E., C., 1970: Soil Sci, Soc. Amer. Proc., 34, 2, 290—296*
- (5) *Dafis, S., 1967: Veröffentlichungen der CEA, 35, Brugg (Schweiz)*
- (6) *Dafis, S., 1974: Standortuntersuchungen in griechischen Fichtenwäldern (im Druck)*
- (7) *Dalakiouridis, D., 1958: Forsteinrichtungsplan Elatias-Mandrion (G)*
- (8) *Emberger, S., 1965: Forstwiss. Cbl. 84, 156—193*
- (9) *Evers, H. F., 1967: Mitt. Verein Forstl. Standortskde u. Forstpflanzenzchtg. 17, 69—76*
- (10) *Evers, H. F., 1972: Allg. Forst- u. Jgdztg., 143, 6—12*
- (11) *Fiedler, H., J., u. Mitarbeiter, 1965: Die Untersuchung der Böden. Steinkopff-Verlag Dresden u. Leipzig*

- (12) *Fiedler, H., J., u. Nebe, W.*, 1963: Archiv f. Forstwesen 12, 963—991
- (13) *Fiedler, H., J., u. Nebe, W.*, 1969: Archiv f. Forstwesen 18, 747—756
- (14) *Fiedler, H., J., Hunger, W., u. Zant, R.*, 1963: Archiv für Forstwesen 12, 1124—1223
- (15) *Fiedler, H., J., Heinze, M., u. Hofmann, W.*, 1969: Archiv für Forstwesen, Bd. 18, 5, 505—549
- (16) *Glatzel, G.*, 1971: Cbl. ges. Forstwesen 88, 4, 195—223
- (17) *Glatzel, G.*, 1970: Cbl. ges. Forstwesen 87, 3, 127—144
- (18) *Heinsdorf, D.*, 1963: Archiv für Forstwesen, 12, 868—886
- (19) *Höhne, H.*, 1963: Archiv für Forstwesen, 12, 341—360
- (20) *Höhne, H.*, 1964: Archiv für Forstwesen, 13, 747—774
- (21) *Höhne, H.*, 1968: Tag. Ber. Dt. Akad. Landw. Wiss. Berlin, Nr. 84, 77—93
- (22) *Höhne, H.*, 1970: Tag. Ber. Dt. Akad. Landw. Wiss. Berlin, Nr. 103, 147—165
- (23) *Hunger, W.*, 1964: Diss. T. U. Dresden, Tharandt
- (24) *Jäger, H., u. Czerney, P.*, 1968: Tag. Ber. Dt. Akad. Landwirtsch. Wiss. Berlin, Nr. 84, 187—198
- (25) *Kononowa, M.*, 1958: Deutscher Verlag d. Wissenschaften, Berlin
- (26) *Krapfenbauer, A.*, 1969: Cbl. ges. Forstwesen 86, 4, 189—219
- (27) *Kubiena, W.*, 1953: Bestimmungsbuch u. Systematik der Böden Europas. Stuttgart
- (28) *Laatsch, W.*, 1957: Dynamik der mitteleuropäischen Mineralböden. Dresden u. Leipzig. Verl. Steinkopff
- (29) *Laatsch, W.*, 1967a: XIV. IUFRO-Kongress, München II, 22—35
- (30) *Laatsch, W.*, 1967b: Forstw. Cbl. 86, 69—81
- (31) *Leyton, L.*, 1948: For. Abstr. 9, 399—408
- (32) *Lundegardh, H.*, 1951: Leaf analysis. London
- (33) *Madl, W.*, 1960: Diss. Univ. München (zit. Laatsch: Bodenfruchtbarkeit u. Nadelholzanbau München 1969)
- (34) *Mariolopoulos, E.*, 1938: Das Klima von Griechenland, Athen (G)
- (35) *Mitscherlich, G., u. Wittich, W.*, 1958: Allg. Forst- u. Jagdztg., 129, 169—190
- (36) *Moll, W.*, 1965: Schriftenr. Forstl. Abtl. Un. Freiburg, 4, 252—265
- (37) *Moulopoulos, Chr.*, 1951: Waldbauvorlesungen. Thessaloniki (G)
- (38) *Müller, W.*, 1970: Archiv f. Forstwesen, 19, 9/10, 861—876
- (39) *Nebe, W.*, 1962: Diss. T. U. Dresden
- (40) *Nebe, W.*, 1963: Archiv für Forstwesen, 12, 1024—1052

- (41) *Nebe, W.*, 1968: Tag. Ber. Dt. Akad. Landwirt. Wiss. Berlin, Nr. 84, 47—59
- (42) *Nebe, W., Rzeznik, Z., u. Czerney, P.*, 1964: Wiss. Z. Techn. Univ. Dresden, 13, 1505—1510
- (43) *Nebe, W., u. Benes, S.*, 1965: Archiv f. Forstwesen, Bd. 14, 1003—1020
- (44) *Nebe, W., u. Benes, S.*, 1966: Archiv f. Forstwesen, Bd. 15, 1225—1233
- (45) *Nebe, W., u. Rzeznik, Z.*, 1967: Archiv f. Forstwesen, Bd. 16, 641—649
- (46) *Nebe, W., u. Donov, V.*, 1969: Archiv f. Forstwesen, Bd. 18, 7, 707—718
- (47) *Polyzopoulos, N.*, 1971: Die Bodenanalyse für praktische Ziele. Landw. Minist., Athen (G)
- (48) *Rankama, K., and Sahama, G., Th.*, 1950: Geochemistry. Chic. Univ. Press, Chicago
- (49) *Rehfuss, E., K., u. Moll, W.*, 1965: Allg. Forst- u. Jagdztg. 136, 211—223
- (50) *Rehfuss, E., K.*, 1969: Forstw. Cbl. 88, 359—372
- (51) *Scheffer, F., u. Schachtschabel, P.*, 1966: Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand-Enke-Verlag. Stuttgart
- (52) *Strebel, O.*, 1960: Forstwiss. Cbl. 79, 17—42
- (53) *Strebel, O.*, 1961: Forstwiss. Cbl. 80, 344—352
- (54) *Tamm, C., O.*, 1955: Medd. Skogsforskn. Inst., Stockh., 45 (5) 1—34
- (55) *Tamm, C., O.*, 1964: Intern. Review of Forestry Research, 1, 115—170
- (56) *Themlitz, R.*, 1958: Kali-Briefe, Fachgeb. 6, Folge 1
- (57) *Tölle, H.*, 1968: Archiv f. Forstwesen, 17, 889—913
- (58) *Wehrmann, J.*, 1959: Forstw. Cbl. 78, 77—97
- (59) *Wehrmann, J.*, 1961: Forstwiss. Cbl. 80, 272—287
- (60) *Wehrmann, J.*, 1963: Landwirtsch. Forsch. XVI, 130—145
- (61) *White, D., P.*, 1954: Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 18, 326—330
- (62) *Wilde, S., A.*, 1954: Proc. Wis. Acad. of Sci. Arts and Lett. 43, 137—163
- (63) *Wilde, S., A.*, 1971: Soil Science, 111, 1—12
- (64) *Wittich, W.*, 1952: Schriftenreihe d. forstl. Fak. d. Univ. Göttingen, 4
- (65) *Wittich, W.*, 1958: Allg. Forstzeitschr., 13, 10, 121—124
- (66) *Zöttl, H.*, 1960: Forstw. Cbl. 79, 221—236
- (67) *Zöttl, H.*, 1964: Mitt. a. d. Staatsforstverwaltung Bayerns, 34, 333—342
- (68) *Zöttl, H.*, 1968: Dutch Nitrogenous Fertilizer Review, 8—16