

Phyton (Austria)	Vol. 29	Fasc. 3 Sonderband „Zillertal“	(103)–(110)	21. 11. 1989
------------------	---------	--------------------------------------	-------------	--------------

## Nähr- und Schadstoffgehalte von Nadelproben aus dem Höhenprofil „Zillertal“

Von

Friedl GLATTES \*)

Mit 1 Abbildung

Eingegangen am 2. Juni 1989

Key words: Needle analyses, content of nutrients and pollutants, *Picea abies*.

### Summary

GLATTES F. 1989. Content of nutrients and pollutants in spruce needles collected in the altitude profile "Zillertal". – *Phyton* (Austria) 29 (3, Special issue "Zillertal"): (103)–(110), 2 figures. – German with English summary.

Branches of Norway spruce of the three test trees (1=700 m, 2=1000 m, 3=1520 m) have been collected for needle analysis of contents of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, lead, cadmium, chloride and sulphur. The sampling was carried out with due regard to the regulations of the 2nd decree against the impact of forest-damaging air pollution. The three trees show an inadequate supply of nitrogen, the needles of the tree at the highest altitude display an inadequate supply of calcium and magnesium. Contrary to that, a sufficient supply of all other nutrients was observable in the current needles of the three trees. In the year of investigation 1988 the sulphur and chloride content of the needles (current and last year needle sets) did not exceed the limiting values established by the decree.

With respect to the classification of lead contents in needles of Norway spruce (KNABE 1984) no indication for an elevated input of lead was detectable. The concentration ranges of cadmium of the needles did not exceed the naturally occurring contents of cadmium in leaf organs (0.05–0.6 mg Cd/kg; GLATTES 1985).

### Zusammenfassung

GLATTES F. 1989. Nähr- und Schadstoffgehalte von Fichtennadeln aus dem Höhenprofil „Zillertal“. – *Phyton* (Austria) 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (103)–(110), 2 Abbildungen. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

---

\*) Dipl. Ing. F. GLATTES, Institut für Immissionsforschung und Forstchemie der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien (Austria).

Fichtenastproben der drei Probebäume (1=700 m, 2=1000 m, 3=1520 m) wurden nach den Bestimmungen der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen entnommen und die Nadelproben auf ihre Gehalte von Stickstoff, Phosphor, Kalium, Calcium, Magnesium, Blei, Cadmium, Chlorid und Schwefel analysiert. Bei der Beurteilung der Nährelementgehalte nach GUSSONE 1964 bestand nach den Ergebnissen der Nadelanalysen eine nicht ausreichende Stickstoff-Versorgung der drei Probebäume und eine nicht ausreichende Versorgung mit Calcium und Magnesium des höchstgelegenen Probebaumes. Die Schwefel- und Chloridgrenzwerte der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen wurden nicht überschritten.

Nach dem Beurteilungsschema von KNABE 1984 gibt es keinen Hinweis auf eine Blei-Immissionseinwirkung (Gehalte < 4mg/kg); die Cadmiumgehalte lagen innerhalb der in der Literatur genannten natürlichen Gehalte in Blattorganen (0,05–0,6 mg Cd/kg; GLATTES 1985).

### Einleitung

Die Nährelementversorgung ist ein wichtiges Beurteilungskriterium für den Gesundheitszustand der Waldbäume, da gut ernährte Bestände besser in der Lage sind, einen von außen auf das Ökosystem Wald einwirkenden Streß zu ertragen als weniger vitale Bäume (DÄSSLER 1981, FIEDLER & al. 1973, NEBE & al. 1986). Zur Erfassung der aktuellen Nährelementversorgung wurden die Hauptnährelementgehalte (N, P, K, Ca, Mg) in den Nadeljahrgängen 1 und 2 bestimmt. Um die Belastungssituation durch akkumulierbare anthropogene Luftverunreinigungen im Untersuchungsgebiet zu charakterisieren, wurden Gesamtschwefel, Chlorid- und Schwermetallgehalte (Pb und Cd) in den Nadeln analysiert. Die zulässigen Höchstanteile hinsichtlich Schwefel und Chlorid (Nadeljahrgang 1 und 2) in Nadelproben sind in der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen festgesetzt; für Schwermetallkonzentrationen in Nadelproben existieren keine gesetzlichen Grenzwerte.

### Material und Methode

Die Fichtenastproben (*Picea abies* [L.] KARST.) wurden gemäß den Vorschriften vom 6./7. Quirl von den Probebäumen 1, 2 und 3 entnommen. Um die Veränderungen der Nährstoffgehalte im Verlauf der Vegetationsperiode in den Nadeln zu dokumentieren, wurden die Probebäume nicht nur im September, sondern auch im Mai und Juli beprobt.

Der Stickstoffgehalt wurde nach Kjeldahl-Aufschluß maßanalytisch bestimmt. Die übrigen Nährelemente wurden nach einem Schwefelsäure-Salpetersäureaufschluß photometrisch (P) bzw. mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie (K, Ca, Mg) erfaßt. Die Gesamtschwefelbestimmung erfolgte mit einem LECO-SC 132 Schwefelanalysator. Blei und Cadmium wurden nach dem Aufschluß mit einem Salpetersäure-Perchlorsäuregemisch in der Graphitrohrküvette analysiert. Die Bestimmung von Chlorid erfolgte potentiometrisch nach Extraktion mit Salpetersäure/Eisessig (GLATZEL 1974).

Die Beurteilung der Nährstoffgehalte erfolgte nach GUSSONE 1964, die der Schwefel- und Chloridgehalte nach der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen; die Beurteilung der Bleikonzentrationen wurde nach KNABE 1984 vorgenommen.

## Ergebnisse und Diskussion

### Nährstoffgehalte

Die Beurteilung der Nährstoffgehalte erfolgte nach Grenzwerten (GUSSONE 1964), welche sich von waldwachstumskundlichen Auswertungen ableiten und auch im Rahmen des Bioindikatornetzes zur Beurteilung des

Tabelle 1 / Table 1  
Nährstoffgehalte der Fichtennadeln der drei Probeebäume  
Content of nutrients in spruce needles of three trees

Probebaum (Seehöhe)	Nadeljahrgang 1 (1988)					Nadeljahrgang 2 (1987)				
	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
	Entnahme 5/88									
3 (1520 m)	—	—	—	—	—	1,14	0,15	0,37	0,29	0,09
2 (1000 m)	—	—	—	—	—	1,35	0,16	0,45	0,38	0,10
1 ( 700 m)	—	—	—	—	—	1,24	0,58	0,35	0,43	0,12
	Entnahme 7/88									
Probebaum (Seehöhe)	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
3 (1520 m)	2,25	0,38	1,06	0,17	0,11	1,06	0,12	0,62	0,46	0,11
2 (1000 m)	1,31	0,27	0,80	0,35	0,09	1,21	0,24	0,48	0,80	0,09
1 ( 700 m)	1,53	0,27	1,00	0,27	0,12	1,38	0,24	0,83	0,45	0,11
	Entnahme 9/88									
Probebaum (Seehöhe)	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
3 (1520 m)	1,40	0,24	0,73	0,26	0,11	1,45	0,18	0,70	0,40	0,10
	—	+	+	—	—					
2 (1000 m)	1,41	0,26	0,78	0,45	0,12	1,34	0,22	0,78	0,45	0,06
	—	+	+	+	+					
1 ( 700 m)	1,36	0,23	0,69	0,40	0,17	1,33	0,24	0,73	0,51	0,13
	—	+	+	+	+					

Beurteilung nach GUSSONE 1964: —: Ernährungszustand nicht ausreichend  
+: Ernährungszustand ausreichend

Ernährungszustandes der Fichten verwendet werden (STEFAN 1987). Die Bereiche beginnender Mängel können jedoch durch biologische, klimatische und genetische Faktoren beeinflusst werden (HUNGER & MARSCHNER 1987, SCHMIDT-VOGT & MAKKONEN-SPIECKER 1986 und SCHULZE & al. 1987) und sind in der weiteren Folge auch durch die Relationen einzelner Nährstoffe zueinander bestimmt (INGESTAD 1959, NEBE 1962 und STREBEL 1960). Bei der Beurteilung der Nährstoffversorgung an Hand der nadelanalytischen Befunde ist neben den Gehalten der Einzelnährstoffe aber auch der Relation der Nährelemente untereinander, in Hinblick auf Störungen des Nährstoffhaushaltes Augenmerk zuzuwenden.

Trotz der Einschränkungen für Sonderstandorte erscheint es notwendig, die Beurteilung des Ernährungszustandes der Fichten nach GUSSONE 1964 vorzunehmen, vor allem auch deshalb, da die 1986 publizierten ECE-Beurteilungsdaten in gleichen Konzentrationsbereichen festgesetzt wurden (Tab. 2).

Tabelle 2 / Table 2

Grenzwerte für Nährstoffgehalte der Fichtennadeln  
(Nadeljahrgang 1, Herbstentnahme) nach GUSSONE 1964 und ECE 1986  
Limiting values of the nutrients of spruce needles  
(current needles, autumn sampling) after GUSSONE 1964 and ECE standard 1986

Element (%)	Versorgung nach GUSSONE			ECE Beurteilungs- daten
	mangelhaft (--)	nicht ausreichend (-)	ausreichend (+)	
N	< 1,31	1,31–1,50	> 1,50	1,35
P	< 0,12	0,12–0,13	> 0,13	0,11
K	< 0,34	0,34–0,42	> 0,42	0,35
Ca	< 0,11	0,11–0,36	> 0,36	–
Mg	< 0,08	0,08–0,11	> 0,11	0,08

Der Ernährungszustand war nach den im September geworbenen Fichtennadeln hinsichtlich Stickstoff bei den drei Probebäumen nicht ausreichend; eine nicht ausreichende Versorgung mit Calcium und Magnesium zeigte nur der Probebaum 3 (Tab. 1). Mit Phosphor und Kalium waren alle drei Probebäume ausreichend versorgt.

Die Analysedaten der Proben der Entnahme im Juli deuten auf das unterschiedliche physiologische Alter der Nadeln infolge des zeitlich verschobenen Austriebes in den verschiedenen Seehöhen hin: der Stickstoffgehalt der Nadeln des Probebaumes 3 (1520 m Seehöhe) war zu diesem Beprobungstermin deutlich höher als in den Nadeln der tiefer gelegenen Probebäume 1 und 2 (700 und 1000 m Seehöhe), in denen die Abnahme der Stickstoffkonzentration bereits eingesetzt hatte. Wie aus der Literatur

(HÖHNE 1964, 1968) und aus Untersuchungen von Beobachtungsflächen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt bekannt ist, kommt es normalerweise zu einer Abnahme der Stickstoffgehalte vom Austrieb im Mai bis zum Herbst: diese konnte jedoch nur beim Probebaum 3 deutlich beobachtet werden. Im Herbst waren die Stickstoffgehalte der Nadeln aller drei Probebäume annähernd gleich.

Der Verlauf der Kalium- bzw. Calciumgehalte während der Vegetationsperiode entsprach den zahlreichen Angaben in der Literatur.

Im Zusammenhang mit der unzureichenden Stickstoffversorgung lag das N/P-Verhältnis bei allen drei Probebäumen unter dem als normal angesprochenen Bereich von 7–10 (STREBEL 1960, HÜTTL 1986). Die Bereiche harmonischer Versorgung (K/Mg 2.2–6.4, K/Ca 0.8–2.4, HÜTTL 1986) wurden bezüglich des K/Mg und K/Ca-Verhältnisses, mit Ausnahme des Probebaumes 3, eingehalten, wo die angegebenen Bereiche knapp überschritten wurden. Nach INGESTAD 1967, welcher auf die Nährstoffverhältnisse N/P, N/K, N/Ca und N/Mg eingeht, wäre bei einer ausreichenden Stickstoffversorgung (=100%) ein Anteil von  $\geq 10\%$  P,  $\geq 50\%$  K und  $\geq 5\%$  bei Ca bzw. Mg erforderlich. Der Stickstoffversorgung entsprechend werden diese Anteile bei den drei Probebäumen zum Teil deutlich überschritten.

Im Verhältnis zu den talnäheren Bäumen 1 und 2 ergibt sich für den Baum 3 demnach eine ungünstigere Nährelementversorgung.

### Schadstoffgehalte

Die Schwefelgehalte der Fichtennadeln sind aus Tab. 3 zu ersehen; es kam weder in den einjährigen noch in den zweijährigen Nadeln zu einer Überschreitung der gesetzlichen Grenzwerte. Wenn auch 1988 eine Über-

Tabelle 3 / Table 3  
Gesamtschwefelgehalte (% S)  
Total sulphur contents (% S)

Probebaum (Seehöhe)	NJ. 1 (1988)			NJ. 2 (1987)		
	5/88	7/88	Entnahme 9/88*)	5/88	7/88	9/88**)
	% S					
3 (1520 m)	–	0,14	0,09	0,09	0,08	0,11
2 (1000 m)	–	0,09	0,09	0,08	0,10	0,10
1 ( 700 m)	–	0,10	0,10	0,09	0,10	0,12

Höchstwerte nach der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen:

\*) 0,11% S, \*\*) 0,14% S

schreitung des Grenzwertes von Schwefel nicht gegeben war, so ist aus den Mittelwerten (1984–1988) und Bandbreiten der den drei Probebäumen benachbarten Bäume des Höhenprofils zu ersehen (Abb. 1), daß die Nadeln

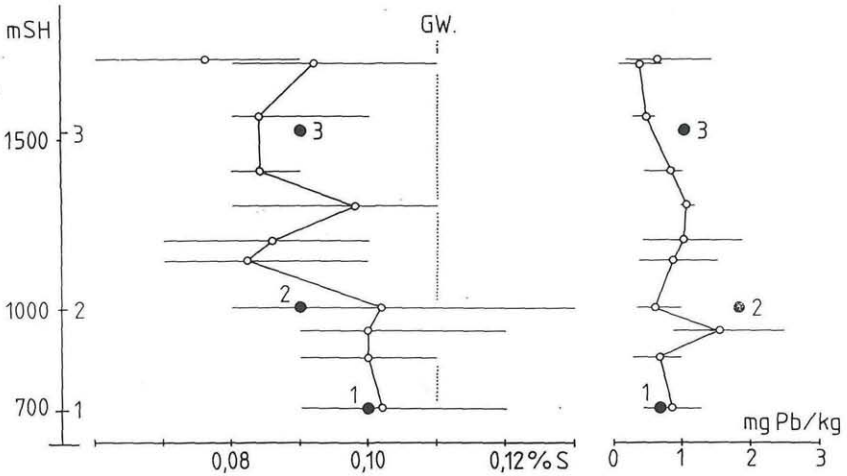


Abb. 1: Schwefel- (links) und Bleigehalte (rechts) der Fichtennadeln. Mittelwerte und Bandbreiten über das Höhenprofil (Probenahmen Herbst 1984–1988).

Fig. 1: Sulfur- (on the left) and lead (on the right) contents of spruce needles. Mean values and ranges along the altitude profil (Sampling autumn 1984–1988).

der talnahen Probebäume (nahe 1 und 2) höhere Schwefelgehalte aufwiesen, wogegen geringere Schwefelgehalte am Standort des Probebaumes 3 zu erkennen waren.

Da für Blei- und Cadmiumgehalte in Nadelproben keine gesetzlichen Grenzwerte existieren, wurden die Bleigehalte nach KNABE 1984 beurteilt (Tabellen 4 und 5) und die Cadmiumgehalte mit vorhandenen Analysedaten verglichen (GLATTES 1985).

Die Bleigehalte (0,69–1,83 mg/kg) ergaben keinen Hinweis auf Immissionseinwirkung (< 4 mg/kg, Abb. 2). Verglichen mit den Bleigehalten der Nadelproben vergangener Beprobungsjahre am Untersuchungsprofil war der Bleigehalt in den Nadeln des Probebaumes 2 (Talwiese, 1000 m; 1,83 mg/kg, Nadeljahrgang 1, Herbstentnahme) relativ hoch.

Die Cadmiumgehalte der Nadeln der drei Probebäume (0,04–0,13 mg/kg) lagen in einem Konzentrationsbereich, der dem der übrigen Nadelproben des Profiles im Untersuchungszeitraum entspricht.

Der gesetzliche Höchstwert für Chlorid (0,1%; Tab. 4) wurde nicht überschritten.

Tabelle 4 / Table 4

Blei-, Cadmium- und Chloridgehalte der Fichtennadeln der 3 Probebäume  
Lead-, cadmium- and chloride contents in spruce needles of three trees

Probebaum (Seehöhe)	NJ. 1 (1988)			NJ. 2 (1987)		
	Pb (mg/kg)	Cd	Cl (%)	Pb (mg/kg)	Cd	Cl (%)
	Entnahme 5/88					
3 (1560 m)	0,05	0,15	0,04	0,84	0,05	–
2 (1000 m)	0,95	0,30	0,03	1,73	0,11	–
1 ( 700 m)	0,68	0,16	0,04	2,18	0,15	–
	Entnahme 9/88					
	Pb (mg/kg)	Cd	Cl (%)	Pb (mg/kg)	Cd	Cl (%)
3 (1560 m)	1,03	0,04	0,04	1,61	0,13	0,04
2 (1000 m)	1,83	0,11	0,07	1,55	0,11	0,04
1 ( 700 m)	0,69	0,10	0,06	1,80	0,04	0,05

Höchstwerte nach der 2. Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen:  
0,10% (NJ. 1 und 2)

Tabelle 5 / Table 5

Bewertung der Bleigehalte von Fichtennadeln (nach KNABE 1984)  
Classification of the lead contents of spruce needles (KNABE 1984)

Klasse	mg Pb/kg	Hinweis auf Immissionseinwirkung
1	unter 4,0	kein Hinweis
2	4,0– 7,9	möglich
3	8,0–15,9	beginnend
4	16,0–31,9	stärker
5	über 31,9	sehr stark

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß alle drei Probebäume eine nicht ausreichende Stickstoffversorgung aufweisen, jedoch beim Probebaum 3 nach den Ergebnissen der chemischen Nadelanalysen außerdem auch noch eine unzureichende Calcium- und Magnesiumversorgung besteht, der sich auch in unterschiedlichen Nährelementquotienten dokumentiert (N/Ca, K/Ca). Außer daß der Bleigehalt des jüngsten Nadeljahrganges des Probebaumes 2 relativ höher als bei den beiden anderen Probebäumen lag, ergab sich für 1988 kein Hinweis auf Einwirkungen akkumulierbarer Schadstoffe (S, Cl, Cd).

Literatur

- BUNDESGESETZBLATT FÜR DIE REPUBLIK ÖSTERREICH, – Jahrgang 1984, 89. Stück:  
Zweite Verordnung gegen forstschädliche Luftverunreinigungen.
- DÄSSLER H. G. 1981. Einfluß der Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Ursachen, Wirkungen, Gegenmaßnahmen. – VEB Gustav Fischer Verlag. Jena.
- ECE 1986. Draft Manual on Methodologies and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forest.
- FIEDLER H. J., NEBE W. & HOFFMANN F. 1973. Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Gustav Fischer Stuttgart.
- GLATTES F. 1985. Schwermetall- und Ozongehalte in Waldökosystemen. – Allg. Forstztg. 96, 268–270.
- GLATZEL G. 1974. Analytische Methoden zum Nachweis der Schädigung von Pflanzen durch Auftausalze. – Eur. J. For. Path. 52–53.
- GUSSONE H. A. 1964. Faustzahlen für Düngung im Walde. – Bayr. Landw. Verl. München Basel Wien.
- HÖHNE H. 1964. Untersuchungen über die jahreszeitlichen Veränderungen des Gewichtes und Elementgehaltes von Fichtennadeln in jüngeren Beständen des Osterzgebirges. – Arch. Forstwes. 13: 747–774.
- 1968. Die methodischen Grundlagen der Nadelanalyse unter besonderer Berücksichtigung von *Picea abies* (L.) KARST. und *Pinus silvestris* L.-Habil. Schrift TU Dresden (Tharandt).
- HUNGER W. & MARSCHNER W. 1987. Zum Ernährungszustand der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) auf Naßstandorten im Lausitzer Tiefland. – Arch. Nat.schutz Landsch.forsch. (Berlin) 27: 195–204.
- HÜTTL R. 1986. Neuartige Waldschäden und Nährelementversorgung von Fichtenbeständen (*Picea abies* KARST.) in Südwest-Deutschland. – Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen, Heft 16.
- INGESTAD T. 1959. Studies on the nutrition of forest tree seedlings. II. Mineral nutrition of spruce. *Physiol. Plantarum*, Kopenhagen 12, 568–593.
- 1967. Methods for uniform optimum fertilization of forest tree plants. – *Proz. 14th IUFRO Congress. Section 22*, 265.
- KNABE W. 1984. Merkblatt zur Entnahme von Blatt- und Nadelproben für chemische Analysen. – Allg. Forstzeitschr. 847–848.
- NEBE W. 1962. Über den Ernährungszustand älterer Fichtenbestände in den mittleren Berglagen unter besonderer Berücksichtigung des Osterzgebirges. – Diss. TU Dresden (Tharandt).
- , FIEDLER H. J., ILGEN G. & HOFMANN W. 1986. Immissionsbedingte Ernährungsstörungen der Fichte (*Picea abies* (L.) KARST.) in Mittelgebirgslagen. – *Flora* 179: 453–462.
- SCHMIDT-VOGT H. & MAKKONEN-SPIECKER K. 1986. Unterschiede im Nährelementspiegel von Nadeln verschiedener Fichtenherkünfte (*Picea abies* (L.) KARST.). – Allg. Forst- u. J. Ztg. 157: 8.
- SCHULZE E. D., OREN R. & ZIMMERMANN R. 1987. Die Wirkung von Immissionen auf 30jährige Fichten in mittleren Höhenlagen des Fichtelgebirges auf Phyllit. – Allg. Forstztg. 27/28/29: 725–730.
- STEFAN K. 1987. Ergebnisse der Schwefel- und Nährstoffbestimmungen in Pflanzenproben des österreichischen Bioindikatornetzes. – VDI-Berichte 609.
- STREBEL O. 1960. Mineralstoffernährung und Wuchsleistung von Fichtenbeständen (*Picea abies*). – *Bayer. Forstwiss. Cbl.* 79: 17–42.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Phyton, Annales Rei Botanicae, Horn](#)

Jahr/Year: 1989

Band/Volume: [29\\_3](#)

Autor(en)/Author(s): Glattes Friedl

Artikel/Article: [Nähr- und Schadstoffgehalte von Nadelproben aus dem Höhenprofil "Zillertal". 103-110](#)