

Phyton (Austria)	Vol. 29	Fasc. 3 Sonderband „Zillertal“	(85)–(95)	21. 11. 1989
------------------	---------	--------------------------------------	-----------	--------------

Messungen der nassen Freilanddepositionen am Höhenprofil "Zillertal"

Von

Stefan SMIDT*)

Mit 7 Abbildungen

Eingegangen am 22. Mai 1989

Key words: Wet deposition, altitude profile.

Summary

SMIDT St. 1989. Measurements of wet depositions at the altitude profile "Zillertal". – *Phyton (Austria)* 29 (3, Special issue "Zillertal"): (85)–(95), 7 figures. – German with English summary.

At three altitudes (600 m, 1000 m and 1720 m a.s.l.) the rate and composition of wet deposition was measured using bulk collectors from May 1984 until December 1987. The measuring stations were located nearby the test trees 1 (700 m), 2 (1000 m) and 3 (1520 m). As our results suggest the mean values of ion concentrations (SO_4^- , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ , K^+) and deposition rates show marked differences at the three locations.

Both the values of ion concentration and their variation decreased parallel with increasing altitude with the exception of the proton (H^+) concentration values. On the other hand, the deposition rates of protons increased at higher altitudes, whereas the maximal values of deposition rates of sulphur and nitrogen were measured at the valley station. Differences between the stations were observable considering the distribution of the frequencies of ion concentrations as well as the deposition rates of the samples measured daily. Contrary to the valley station both mountain stations (1000 m/1720 m) are to be characterized as background stations.

Zusammenfassung

SMIDT St. 1989. Messungen der nassen Freilanddepositionen am Höhenprofil „Zillertal“. – *Phyton (Austria)* 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (85)–(95), mit 7 Abbildungen. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Von Mai 1984 bis Dezember 1987 wurden Messungen der nassen Freilanddepositionen mit Bulk-Sammlern in drei Seehöhen (600 m, 1000 m und 1720 m) durchge-

*) Dr. Stefan SMIDT, Institut für Immissionsforschung und Forstchemie der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien (Austria).

führt. Die Ergebnisse wurden den Probebäumen 1 (700 m), 2 (1000 m) und 3 (1520 m) zugeordnet.

Die Messungen haben ergeben, daß die drei Standorte sowohl hinsichtlich der Ionenkonzentrationen als auch der Elementeinträge unterschieden werden können: Die Ionenkonzentrationen und meist auch die Bandbreite der Monatsmittelwerte sind mit Ausnahme der Protonen am Talboden (600 m) durchschnittlich am höchsten und nehmen nach oben hin ab. Die Protoneneinträge steigen im Durchschnitt mit der Höhe an, während die Schwefel- und Stickstoffeinträge am Talboden (600 m) durchschnittlich am höchsten sind. Auch im durchschnittlichen Jahresgang der Elementeinträge gab es Unterschiede: An den beiden Bergstationen (1000 m/1720 m) traten in den regenreichen Sommermonaten Juli und August relativ hohe Schwefel- und Protoneneinträge auf, dagegen wurde an der Talstation der höchste Schwefeleintrag im März gemessen. Die höchsten Stickstoffeinträge traten an den Bergstationen während der Monate Februar bis April auf, an der Talstation zeigte sich der maximale Stickstoffeintrag im August. Beide Bergstationen, nicht jedoch die Talstation, können als Hintergrundmeßstationen bezeichnet werden.

Einleitung

Messungen der nassen Freilanddepositionen wurden in Österreich vor mehr als 30 Jahren begonnen und seit dem Auftreten großflächiger Waldsterbenserscheinungen in den frühen achtziger Jahren intensiviert. Zahlreiche Meßreihen aus Waldgebieten Österreichs und anderer Länder Europas lassen auf unterschiedliche Belastungen hinsichtlich der Ionenkonzentrationen und Elementeinträge in unterschiedlichen Seehöhen (ANONYM 1987; FUHRER 1987, HÜSER & REHFUESS 1988, SMIDT 1988a) sowie entlang von Höhenprofilen schließen (MARKART 1987, SCHRIMPF 1980, SMIDT 1988a, STÖHR 1988).

Die vorliegenden Erhebungen, die seit der Einrichtung des Höhenprofils im Frühjahr 1984 (GLATTES & al. 1985) bis Dezember 1987 durchgeführt werden, sollten innerhalb eines sogenannten „Reinluftgebietes“ Hinweise auf unterschiedliche Immissionseinwirkungen in Abhängigkeit von der Seehöhe geben.

Material und Methoden

Die Probenahme erfolgte in 600 m, 1000 m und 1720 m Seehöhe. Die Meßergebnisse wurden den Probebäumen 1 (700 m), 2 (1000 m) und 3 (1520 m) zugeordnet. Gesammelt wurde mit Bulk-Sammlern (Durchmesser 20,5 cm) jeweils an Tagen mit Niederschlagsereignis. Während der Schneeperioden wurden die Sammler durch Kunststoffwannen ersetzt, aus denen der Schnee mit Kunststoffrohren (Durchmesser 11 cm) ausgestochen wurde. Bis Dezember 1985 wurde in den Tagesproben Menge (mm), pH (Glaselektrode) und Leitfähigkeit (Konduktometer) und in den Monatsmischproben die Ionengehalte Sulfat, Nitrat, Chlorid, Ammonium, ab 1986 auch Natrium und Kalium (Ionenchromatographie) sowie Calcium und Magnesium (Atomabsorptionsspektrometrie) analysiert. Ab 1986 erfolgte die Analyse sämtlicher Meßgrößen in den Tagesproben.

Ergebnisse

a) Ionenkonzentrationen

Die pH-Gesamtmittel der drei Meßstellen unterschieden sich kaum; die geringsten Monatsmittelwerte wurden an der Talstation, die höchsten an der höchstgelegenen Station festgestellt (Tab. 1). Die Leitfähigkeit (die unspezifische Meßgröße für den Gehalt an löslichen Ionen) nahm im Gesamtmittel nach oben deutlich ab. Ebenfalls abnehmend war die Bandbreite der Monatsmittel (Abb. 1).

Die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessungen spiegeln sich in den Werten der einzelnen Ionengehalte unterschiedlich stark wider: Die mittleren Werte und die Bandbreite nahmen besonders deutlich beim Sulfat mit

Tabelle 1 / Table 1

Mengengewichtete Mittelwerte der pH-Werte, Leitfähigkeiten und Ionengehalte ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) Mai 1984 bis Dezember 1987, Na und K 1986 und 1987
Weighted mean values of pH, conductivity and ion contents ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) May 1984 – December 1987, Na and K 1986 and 1987

Meßstelle	pH	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\text{SO}_4^{=}$	NO_3^{-}	Cl^{-}	NH_4^{+}	Ca^{++}	Mg^{++}	Na^{+}	K^{+}
Sportalm (1720 m) (Probebaum 3)	4,8	12,4	1,4	1,1	0,7	0,4	0,3	0,1	0,7	0,2
Talwiese (1000 m) (Probebaum 2)	4,9	15,5	2,0	1,6	0,8	0,6	0,5	0,1	0,7	0,2
Ramsau (600 m) (Probebaum 1)	4,9	17,9	2,9	1,7	1,0	0,8	0,9	0,2	0,8	0,6

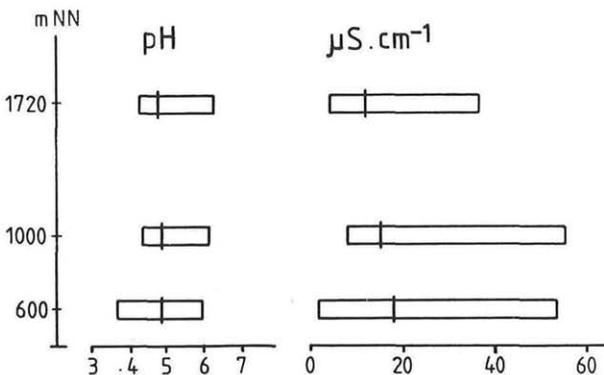


Abb. 1: Mengengewichtete mittlere pH-Werte, Leitfähigkeiten und Bandbreite der Monatswerte am Höhenprofil Zillertal (Mai 1984–Dezember 1987)

Fig. 1: Weighted mean values of pH, conductivity and range of the monthly mean values at the altitude profile Zillertal (May 1984–December 1987)

(88)

steigender Seehöhe ab, während bei den übrigen Ionen die Abnahme nicht so deutlich ausgeprägt war. Die Lage der Gesamtmittelwerte im unteren Bereich der Bandbreite der Monatsmittelwerte bei den Ionengehalten deutet ferner darauf hin, daß relativ hohe Monatsmittelwerte selten vorkamen (Abb. 2).

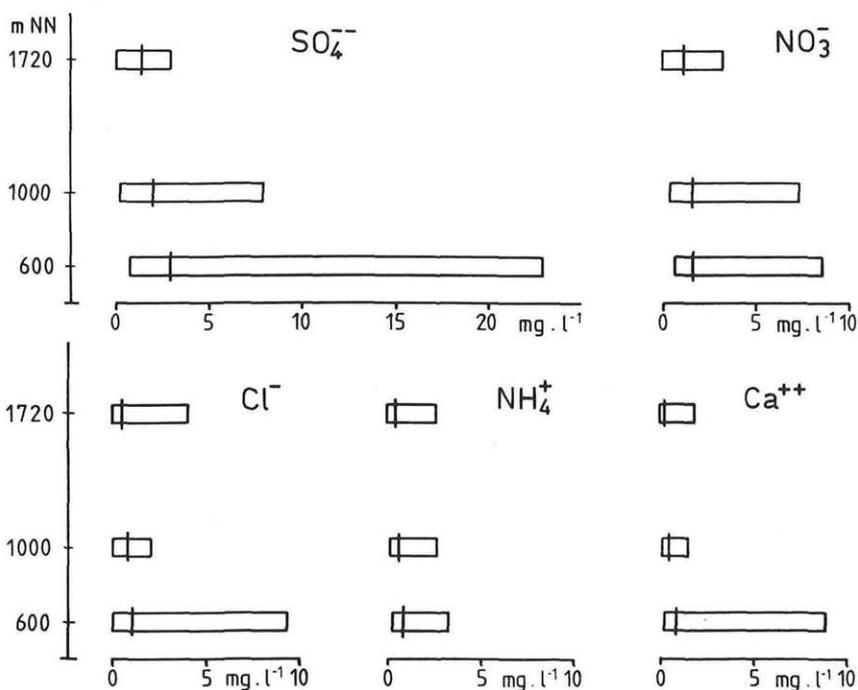


Abb. 2: Mengengewichtete Ionenkonzentrationen und Bandbreite der Monatswerte am Höhenprofil Zillertal (Mai 1984–Dezember 1987)

Fig. 2: Weighted means of ion concentration and range of the monthly mean values at the altitude profile Zillertal (May 1984–December 1987)

Tabelle 2 / Table 2

Logarithmische Klassengrenzen für Ergebnisse der Tagesprobenanalysen
Logarithmic class limits for samples measured daily

Klasse	1	2	3	4	5	6	7	8	9
pH-Wert	≤ 3,5	-4,0	-4,5	- 5,0	- 5,5	- 6,0	- 6,5	- 7,0	≥ 7,0
Leitfähigkeit ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$)	≤ 2,7	-4,5	-7,4	-12,1	-20,1	-33,1	-54,6	-90,0	≥90,0
Ionengehalte ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	0,0	0,1	-0,4	- 1,0	- 2,7	- 7,4	-20,1	-54,6	≥54,6
H-Einträge ($\text{g}\cdot\text{ha}^{-1}$)	-0,05	-0,14	-0,37	- 1,0	- 2,7	- 7,4	-20,1	-54,6	≥54,6
S- u. N-Einträge ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)	-0,03	-0,05	-0,08	- 0,1	- 0,2	- 0,4	- 0,6	- 1,0	≥ 1,0

Zum Vergleich der Ionengehalte wurde für die drei Meßstellen die Berechnung der Häufigkeitsverteilung der Tagesprobenergebnisse vorgenommen (pH und Leitfähigkeit: 1984–1987, Sulfat, Nitrat und Ammonium: 1986, 1987). Hierbei wurden logarithmische Klasseneinteilungen (Tab. 2) und zur besseren Gegenüberstellung die Darstellung der Summenhäufigkeiten gewählt (Abb. 3). Diese zeigt für den pH-Wert, Sulfat, Nitrat und Ammonium, daß die drei Stationen auch nach den relativen Häufigkeiten der Ionengehalte deutlich voneinander unterschieden werden können: Die sigmoiden Kurvenverläufe für die Talstation liegen in allen vier Beispielen rechts, dies bedeutet, daß an dieser Station die Klassen mit hohen Werten stärker besetzt sind. Die Station in 1000 m nimmt eine Mittelstellung ein, das Datenkollektiv der höchstgelegenen Station zeigt einen Verlauf, der auf die größte Häufigkeit niedriger Werte hinweist.

b) Elementeträge

Die mittleren jährlichen Elementeträge (für 1984 wurden die Monate Mai bis Dezember auf das gesamte Jahr hochgerechnet) zeigen nur beim Protoneneintrag eine Zunahme mit der Seehöhe. Sowohl für den Sulfat-schwefel-Eintrag als auch für den Stickstoffeintrag (NO_3^- und NH_4^+) ergaben sich die Maximalwerte am Talboden. Für die beiden Bergstationen

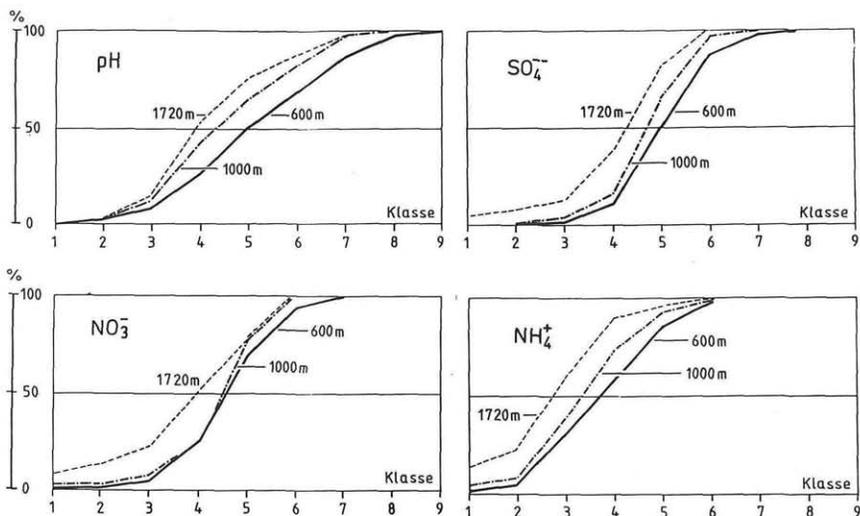


Abb. 3: Summenhäufigkeiten der pH-Werte, Sulfat-, Nitrat und Ammoniumgehalte in Tagesproben am Höhenprofil Zillertal (Mai 1984–Dezember 1987)

Fig. 3: Cumulative frequency of pH-values, sulfate, nitrate and ammonium content in the samples measured daily at the altitude profile Zillertal (May 1984–December 1987)

Tabelle 3 / Table 3

Mittlere jährliche Elementeinträge 1984–1987 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$)
 Yearly means of element deposition 1984–1987 ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$)

Meßstelle	H	S	N
Sportalm (1720 m) (Probebaum 3)	0,25	7,5	8,5
Talwiese (1000 m) (Probebaum 2)	0,15	7,0	8,5
Ramsau (600 m) (Probebaum 1)	0,10	8,5	9,5

wurden sowohl beim Schwefel- als auch beim Stickstoff-Eintrag annähernd gleichniedrige Quantitäten errechnet (Abb. 4).

Jahresgang der Elementeinträge: Die Einträge werden von den Ionengehalten und den Niederschlagsmengen bestimmt (Abb. 5). Letztere sind unter anderem dafür verantwortlich, daß relativ hohe Werte in den regenreichen Sommermonaten und die Minimalwerte meist im Oktober auftreten.

Relativ hohe Protonen-Einträge wurden im März und Juli auf der Sportalm (1720 m) und an der Talstation auch im Dezember festgestellt. Sehr geringe Werte waren an allen Stationen im April, Oktober und November zu beobachten. Bei den Schwefeleinträgen traten die Maximalwerte an den drei Meßstellen in verschiedenen Monaten auf: Im August auf der Sportalm (1720 m), im Juli auf der Talwiese (1000 m) und im März in der Ramsau (600 m). Sehr geringe Mengen wurden allgemein im Oktober und auf der Talwiese in den Monaten Dezember und Jänner gefunden. Die Höchstwerte der Stickstoffeinträge ergeben sich für die beiden Bergstationen im April, für die Talstation jedoch im Juli. Minimalwerte traten durchwegs im Oktober auf. Besonders auffallend ist der hohe mittlere Stickstoffeintrag im April auf der Sportalm.

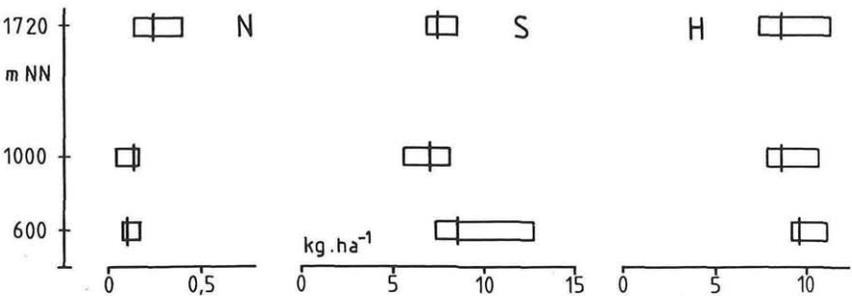


Abb. 4: Mittlere jährliche H^+ -, S- und N-Einträge und Bandbreite der Monatswerte am Höhenprofil Zillertal (Mai 1984–Dezember 1987)

Fig. 4: Yearly mean values of H^+ -, S- and N-deposition and range of the monthly mean values at the altitude profile Zillertal (May 1984–December 1987)

Wie bei den Ionenkonzentrationen wurden auch für die Tagesereignisse Häufigkeitsverteilungen der Protonen-, Schwefel- und Stickstoff-Einträge berechnet. Tagesereignisse mit relativ geringen Protonen-Einträgen herrschen an der Talstation vor; an den beiden Bergstationen sind die Klassen mit größeren Quantitäten stärker besetzt (Abb. 6). Demgegenüber sind Tagesereignisse mit geringen Schwefel- und Stickstoff-Einträgen an den Bergstationen am häufigsten. Bei Niederschlagsereignissen mit relativ großen Einträgen von mehr als 0,2 kg S bzw. N pro Hektar sind jedoch keine Unterschiede zwischen den Meßstellen feststellbar.

Diskussion

Die bisher durchgeführten Messungen haben gezeigt, daß in allen drei Seehöhen mit unterschiedlichen Belastungen hinsichtlich der Ionenkonzentrationen und der Elementeinträge zu rechnen ist. Frühere Auswertungen ergaben dementsprechend, daß an den drei Meßstellen des Zillertals sogar Ionenkonzentrationen in Tagesproben derselben Tage unterschiedlich hoch sind (SMIDT 1986). Vergleicht man die Ergebnisse der drei Freilandmeßstellen mit anderen Meßstellen in Österreich, so läßt sich folgendes feststellen:

Ionenkonzentrationen: Die Gesamtmittel der pH-Werte lagen zwischen 4,8 bzw. 4,9 und waren daher „schwach abgesenkt“, da bei der Gesamtbreite der Jahresmittelwerte in Österreich von 4,2 bis 6,2 eine deutliche Verschiebung in den saureren Bereich vorliegt. Die Gesamtmittel der Leitfähigkeiten an der höchstgelegenen Station kann mit $12,4 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ als „unbedeutend“ ($< 15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), an den beiden anderen mit weniger als $30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ als „schwach erhöht“ klassifiziert werden. Diese Werte können

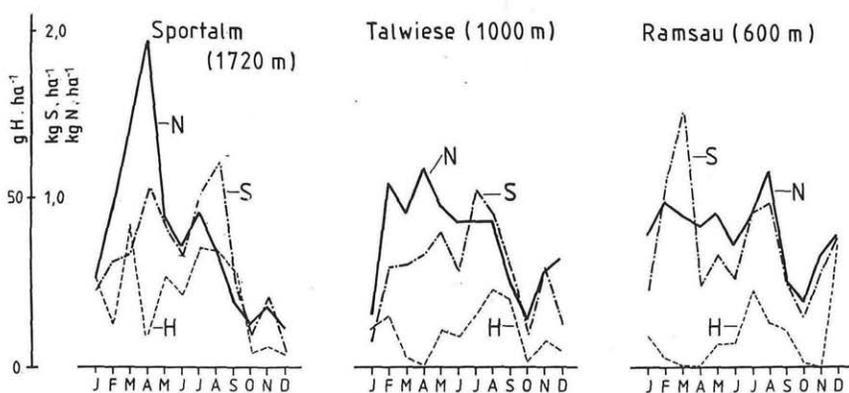


Abb. 5: Mittlere monatliche Elementeinträge am Höhenprofil Zillertal (Mai 1984–Dezember 1987)

Fig. 5: Monthly mean values of element deposition at the altitude profile Zillertal (May 1984–December 1987)

(92)

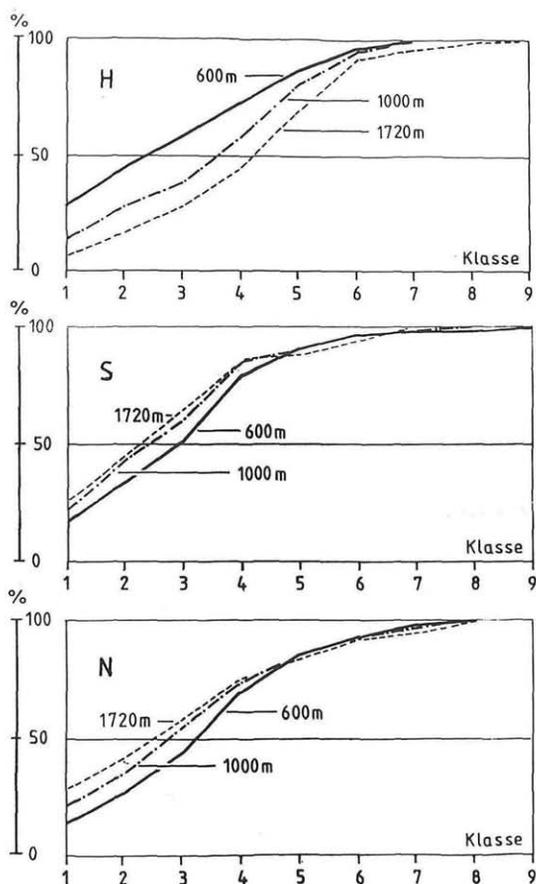


Abb. 6: Summenhäufigkeiten von H^+ -, S- und N-Einträgen in Tagesproben am Höhenprofil Zillertal

Fig. 6: Cumulative frequency of H^+ -, S- and N-deposition in samples measured daily at the altitude profile Zillertal

auch im Vergleich zu anderen österreichischen Meßstellen als gering bezeichnet werden. Die durchwegs geringen Ionengehalte lagen mit Ausnahme von Sulfat an der Talstation unter $2,5 \text{ mg Ion.l}^{-1}$. Monatsmittelwerte hingegen wiesen – insbesondere an der Talstation – mitunter „erhöhte“ (bis 5 mg.l^{-1}) oder auch „stark erhöhte“ Werte (bis 10 mg.l^{-1}), Sulfat sogar „sehr stark erhöhte“ Werte ($> 10 \text{ mg.l}^{-1}$) auf, welche auf lokale Quellen zurückgeführt werden müssen.

Jahreselementeinträge: Die Protoneneinträge an allen drei Stationen waren mit $< 0,25 \text{ kg H}^+ \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ „gering“, die Schwefel- und Stickstoff-

Einträge mit Werten unter $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$ ebenfalls „gering“. Die relativ höchsten Protoneneinträge wurden im Sommer, an der höchstgelegenen Station jedoch schon im März gefunden. Die Schwefeleinträge waren ebenfalls im Sommer am höchsten. An den beiden Bergstationen wurden im Mittel die stärksten Stickstoffeinträge im April gemessen.

Die Auswertungen zeigen, daß beide Bergstationen hinsichtlich der Freilandeinträge schwach belastet sind und als Hintergrundmeßstellen angesprochen werden können. An der Talstation werden aufgrund lokaler Emissionen teilweise deutlich höhere Quantitäten deponiert. Die seehöhenabhängige Abnahme der Leitfähigkeit und der SO_4^- , NO_3^- , Cl^- , NH_4^+ und Ca^{++} -Konzentrationen weist jedoch darauf hin, daß 100 Höhenmeter oberhalb des Talbodens beim Probebaum 1 (700 m) geringere Belastungen zu erwarten sind. Demgegenüber bedeutet die markante Zunahme des Protoneneintrages mit der Stationshöhe, daß eine relativ hohe Belastung an der höchstgelegenen Station (1720 m) gegeben ist.

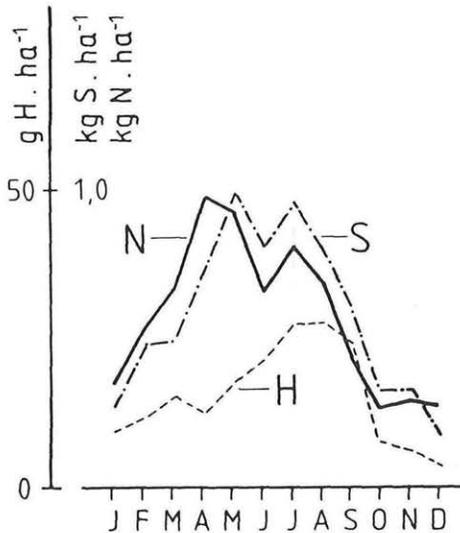


Abb. 7: Gemittelte monatliche Elementeinträge von 8 emittentenfernen Bulkmeßstellen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt (1983–1987)
Kärnten: 2 auf der Koralpe 1080/1611 m; Tirol: 2 im Zillertal 1000/1720 m, Patscherkofel 1960 m, Achenkirch 1000 m und Haggen 1700 m; Steiermark: Gleinalm 1000 m

Fig. 7: Monthly mean values of element deposition at 8 background stations of the Federal Forest Research Station (1983–1987)
Carinthia: 2 on the Koralpe 1080/1611 m; Tyrol: 2 in the Zillertal 1000/1720 m, Patscherkofel 1960 m; Achenkirch 1000 m and Haggen, 1700 m; Styria: Gleinalm 1000 m

Auch hinsichtlich des Jahresganges ist mit unterschiedlichen Einträgen zu rechnen: Für 8 emittentenferne Bulk-Meßstellen der Forstlichen Bundesversuchsanstalt wurden die monatlichen Elementeinträge für den Beobachtungszeitraum 1983 bis 1987 gemittelt, um einen durchschnittlichen Jahresgang für relativ wenig belastete Bergstationen zu erhalten (Abb. 7). Es zeigte sich, daß der Protoneneintrag bis Juli ansteigt und bis Dezember auf den Minimalwert absinkt. Beim Schwefeleintrag wird das Maximum nach einem fast stetigen Anstieg im Mai erreicht; bis zum Absinken zum Minimalwert im Oktober wird im Juni ein Zwischenminimum erreicht. Einen ähnlichen Verlauf nimmt der Stickstoffeintrag, jedoch mit dem ersten Maximum im April. Während der Vegetationszeit (April bis Oktober) werden beim Wasserstoff und Schwefel rund $\frac{1}{4}$ des Jahreseintrages abgesetzt, beim Stickstoff etwas weniger. Die größten Schwefel- und Stickstoff-Einträge sind nach bisherigen Beobachtungen an Bergstationen somit im Frühjahr und die größten Protoneneinträge im Sommer zu erwarten.

Die vorliegenden Erhebungen wurden mit den im Februar 1986 und in den Monaten Januar bis März 1987 durchgeführten Neuschnee-, Reif- und Rauh(-reif)frost-Untersuchungen in diesem Höhenprofil verglichen (STÖHR 1988): Für Schnee zeigten sich im wesentlichen analoge Ergebnisse hinsichtlich eines „Höhentrends“. Im Reif wurden im Vergleich zum Neuschnee an der Talstation bis über 10fache Erhöhungen von Ionenkonzentrationen gemessen, welche – mit Ausnahme von Nitrat und Protonen – nach oben wesentlich stärker als im Neuschnee abnahmen. Demgegenüber zeigten Ionenkonzentrationen von Nebelfrostbildungen uneinheitliche Veränderungen mit der Seehöhe, die dadurch charakterisiert waren, daß an der höchstgelegenen Station dieser Meßreihe (Arbiskopf, 2133 m) sehr hohe NO_3^- -, NH_4^+ - und SO_4^{2-} -Konzentrationen im Rauh frost gemessen wurden.

Literatur

- ANONYM 1987: Deposizioni atmosferiche nel Nord Italia. – Rapporto finale anni 1983–1984. – Quaderni (Ingegneria Ambientale Inquinamento e Depurazione), Milano.
- FUHRER J. 1986. Study of acid deposition in Switzerland: temporal variation in the ionic composition of wet deposition at rural sites during 1983–1984. – *Environm. Pollut. (Series B)* 12: 111–129.
- GLATTES F. & SMIDT S. 1987. Höhenprofil Zillertal, Ergebnisse 1985. – FBVA-Berichte Nr. 20.
- , – DRESCHER A., MAJER C. & MUTSCH F. 1985. Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden am Beispiel eines Höhenprofils im Zillertal/Tirol, erste Ergebnisse. – FBVA-Berichte Nr. 9.
- HÜSER R. & REHFUESS K. E. 1988. Stoffdeposition durch Niederschläge in ost- und südbayerischen Waldbeständen. – Schriftenreihe der Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität München und der Bayer. Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt, Nr. 86.

- MARKART G. 1987. Studien zur winterlichen Schadstoffdeposition entlang eines Höhenprofils im Gebiet Spital am Pyhrn – Wurzeralm. – Diplomarbeit Universität f. Bodenkultur, Wien.
- SCHRIMPF E. 1980. Zur zeitlichen und räumlichen Belastung des Fichtelgebirges mit Spurenmetallen – Analysen von Baumringabschnitten und von Schnee. – Natur und Landschaft 55; 460–462.
- SMIDT S. 1986. Depositionsmessungen in verschiedenen Höhenlagen. – Beiträge zur Umweltgestaltung, Heft A 98: Alpine Umweltprobleme, Facharbeitstagung Achenkirch „Der Wald als Lebensraum“, S. 88–97. – Erich Schmidt Verlag.
- 1988 Messungen der nassen Deposition in Österreich. – FBVA-Berichte Nr. 27.
- STÖHR D. 1988. Winterliche Schadstoffdeposition in einem inneralpinen Tal – am Beispiel des Zillertales. – Dissertation Universität f. Bodenkultur Wien.

ZOBODAT - 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): Smidt Stefan

Artikel/Article: [Messungen der nassen Freilanddepositionen am Höhenprofil "Zillertal". 85-95](#)