

Phyton (Austria)	Vol. 29	Fasc. 3 Sonderband „Zillertal“	(39)–(47)	21. 11. 1989
------------------	---------	--------------------------------------	-----------	--------------

## **Bodenkundliche Untersuchungen an drei ausgewählten Meßpunkten des Höhenprofiles „Zillertal“**

Von

Christoph MAJER \*)

Mit 1 Abbildung

Eingelangt am 22. Mai 1989

Key words: Water regime, C/N-ratio of humus layer, nutrients, soil acidity, cation exchange capacity, base saturation, heavy metals.

### Summary

MAJER Ch. 1989. Pedological investigation on three selected measurement-points of the altitude profile "Zillertal". – *Phyton (Austria)* 29 (3, Special issue "Zillertal"): (39)–(47). 1 figure. – German with English summary.

The soils are poor and acid probably due to the parent material. Different types of podzols and brown-earths are predominant. The sites are moderately moist to moist. While site 3 is comparatively dry on the surface the retention of the soil is high due to the high percentage of loam and clay. Site 2 is "wet", caused by an adjacent brook although the retention of this sandy colluvium is low. The humus type of sites 1 and 2 is mull to mor. The C/N-ratio is better than at site 3 (C/N=24) where the biotic activity is hampered. While site 2 is well supplied with all nutrients, for site 1 and 3 this applies only for N and P. The soils are acid, particularly soils 1 and 3. The lowest pH-values were found in the stratum 0–10 cm of sites 1 and 3, whereas in site 2 a moderate pH-depression was found between 10–20 cm. This is probably an effect of intensified humus-infiltration in this comparatively undisturbed soil profile. The CEC is rather high in the upper soil of sites 1 and 3, also of site 2 in spite of the soil type. There is, however, an abrupt decline to the lower strata. The high amount of Al (~ 80%) is corresponding to the acidity and might be bound as organic complex. The analytically obvious podzolisation processes do not appear in the soil profile.

The Ca-saturation in the upper stratum of soil 1 is caused by biotic accumulation, which is correlated to the voluminous humus layer and its composition. On sites 1 and 3 the base saturation is low to mediocre in contrary to site 2, where a V-value of 95% was found (possibly caused by Ca-input from adjacent agricultural soils). The high percentage of lead in the Ah- and Bh-horizons indicate the correlations of this

---

\*) Dipl.-Ing. Christoph MAJER, Forstliche Bundesversuchsanstalt, Institut für Standortskunde, Seckendorff-Gudent-Weg 8, A-1131 Wien.

element to the soil organic matter and to the parent material respectively. Zn is (biologically) accumulated in the humus layer. A depression of the Zn-concentrations in the Ah- and Bh-horizons could be due to plant uptake.

### Zusammenfassung

MAJER Ch. 1989. Bodenkundliche Untersuchungen an drei ausgewählten Meßpunkten des Höhenprofiles „Zillertal“. – *Phyton* (Austria) 29 (3, Sonderband „Zillertal“): (39)–(47), 1 Abbildung. – Deutsch mit englischer Zusammenfassung.

Die Böden der drei Untersuchungsorte sind sauer und basenarm. Der Wasserhaushalt der Standorte wird als frisch bis mäßig frisch eingestuft. Der Reifegrad der Bodenprofile ist speziell am Standort 1 und auf der Talwiese (2) gering. Mit zunehmender Meereshöhe wird die Humusform und -qualität ungünstiger. Standort 2 ist mit allen Nährstoffen ausreichend versorgt. Bei Standort 1 und 3 trifft dies nur für Stickstoff und Phosphor zu. Der Aluminium-Anteil am Kationenbelag ist an der Stockaste (Standort 3) mit über 80% außerordentlich hoch und liegt auf Standort 1 im Tiefenbereich 0–50 cm zwischen 60 und 70%. Auf Standort 2 ist er hingegen sehr gering. Die Basensättigung weist auf diesem Punkt ein für die Böden und das geologische Substrat des Gebietes ungewöhnlich hohes Niveau auf. Auf Standort 1 liegt der V-Wert im mittleren Bereich, im Oberboden des Standortes 3 ist er sehr gering. Aus der Palette der analysierten Schwermetalle wurden Blei und Zink herausgegriffen. Blei ist nicht wie üblich unter Wald in der Auflage akkumuliert, sondern zeigt auffällig erhöhte Werte in den oberen bis mittleren Mineralbodenschichten, was z. T. auf geogene Herkünfte zurückzuführen sein könnte. Zn zeigt das für Waldböden typische Maximum in der Humusaufgabe bei allgemein eher hohen Gehalten.

### Einleitung

Das Ausgangsmaterial für die Bodenbildung ist Quarzphyllit und damit im allgemeinen basenarm und sauer. Daher sind auch die vorkommenden Böden nährstoffarm und ebenfalls sauer. Sie gehören überwiegend der Braunerde-Podsolreihe an, vereinzelt sind auch Hanggleye zu beobachten.

### Material und Methode

Der Auflagehumus wurde mittels Stechrahmens (25×25 cm) flächenproportional geworben; die Mineralbodenproben wurden aus einer bzw. zwei (Stockaste) Profilgruben nicht volumsgerecht in dm-Tiefenstufen den Profilwänden entnommen. Jeweils 3 Einzelproben wurden aus einer Tiefenstufe zu einer Mischprobe vereinigt. Der Termin der Probenwerbung war Spätsommer 1988. Alle Proben wurden luftgetrocknet, gesiebt und der Feinanteil für die chemische Analyse vorbereitet. Beim Auflagehumus wurde zusätzlich das Gewicht bestimmt.

Folgende Analysenverfahren kamen zur Anwendung:

pH: in 0,01 mol/l CaCl<sub>2</sub>-Lösung;

N: Gesamtstickstoff nach Kjeldahl;

C<sub>org</sub>: Gesamtkohlenstoff als CO<sub>2</sub> nach trockener Verbrennung im Sauerstoffstrom und IR-Detektion.

Säureaufschluß: Aufschluß mit einem Gemisch von Salpetersäure-Perchlorsäure (5+1) bei 180°C. Folgende Parameter wurden in der Aufschlußlösung bestimmt: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (mittels Spektralphotometer), K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn, Cu, Zn, Co, Cr, Ni und Pb (mittels AAS in der Luft-Acetylen-Flamme), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (mittels AAS in der Lachgas-Acetylen-Flamme) und Cd (mittels AAS-Graphitrohrtechnik).

Kationenbelag: Auszug mit 0,1 mol/l Bariumchlorid-Lösung In der Auszugslösung wurden folgende Elemente analysiert: K, Ca, Mg, Fe und Mn (mittels AAS in der Luft-Acetylen-Flamme), Al (mittels AAS in der Lachgas-Acetylen-Flamme) und die Protonenkonzentration (über pH-Differenzmessung der Auszugslösung vor und nach der Schüttelung). Daraus wurden die Kationenaustauschkapazität (KAK) und Basensättigung (V-Wert) errechnet. Die Bestimmung der KAK erfolgte nur für den Mineralboden.

Korngrößen: 6 Fraktionen nach einer kombinierten Sieb- und Sedimentationsmethode. Für die Korngrößenbestimmung wurde nur die unterste Tiefenstufe (30–50 cm) herangezogen.

Die detaillierten Beschreibungen für Probenahme und Analyse sind den Richtlinien der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft zur Waldbodenuntersuchung (BLUM & al. 1986) zu entnehmen.

## Ergebnisse und Diskussion

### 1. Wasserhaushalt der Standorte

Nach forstökologischen Kriterien sind die untersuchten Standorte 1–3 als mäßig frisch bis frisch einzustufen. Der höchstgelegene Standort auf der Stockaste (3) ist zwar oberflächlich nur mäßig frisch, hat aber infolge des relativ hohen Ton- (18 bzw. 26%) und Schluffgehaltes eine höhere Wasserhaltefähigkeit als der Standort der Talwiese (2). Dieser ist wegen seiner Nähe zu einem Bach und aufgrund lokaler Vernässung in die Kategorie sehr frisch einzureihen.

Das Bodenprofil der Stockaste (3) weist den höchsten „Reifegrad“ auf. – Der Boden des Standortes 1 ist eine fortlaufend umgelagerte Braunerde. Der hohe Sandanteil des Korngrößenspektrums ist für solche unreife Böden in Steillagen charakteristisch. Der Boden der Talwiese ist ebenfalls ein unreifes Braunerde-Kolluvium mit hohem Sand- sowie Grobskelettanteil.

### 2. Humusqualität (C:N-Verhältnis)

Der Standort 1 und die Talwiese (2) weisen einen mullartigen Moder bis Moder auf. Die Humusform des Standorts Stockaste (3) ist dagegen rohumusartiger Moder. An diesem höchstgelegenen Punkt zeigt der Humus auch das ungünstigste (weiteste) C:N-Verhältnis mit 24. Ab einem C:N-Verhältnis von über 20 kommt es im allgemeinen zu einer Hemmung der mikrobiellen Tätigkeit (Tab. 1).

### 3. Nährstoffvorrat

Der Boden der Talwiese (2) ist mit allen Nährelementen ausreichend versorgt.

Tabelle 1 / Table 1

Chemische Kennwerte der Böden unter den Probestäumen.

Makroelemente in %.

Characteristic chemical values at the three sites.

Macroelements are given in %.

cm	pH (CaCl <sub>2</sub> )	C (%)	N (%)	C:N	P	K	Ca	Mg	Fe
Boden Probebaum 1									
Auflage	4,7	30,3	1,60	19	0,115	0,108	1,223	0,253	0,895
0-10	3,4	9,2	0,56	16	0,061	0,058	0,122	0,362	3,217
10-20	4,0	2,1	0,16	13	0,059	0,040	0,050	0,525	4,203
20-30	4,3	1,2	0,09	13	0,053	0,040	0,050	0,603	4,133
30-50	4,4	0,9	0,08	13	0,067	0,040	0,080	0,651	4,022
Boden Probebaum 2									
Auflage	5,4	24,4	1,29	19	0,75	0,12	1,34	0,41	1,33
0-10	5,5	9,8	0,63	16	0,52	0,07	0,49	0,69	2,69
10-20	4,4	9,4	0,64	14	0,52	0,07	0,45	0,57	2,50
20-30	4,8	4,5	0,33	14	0,53	0,04	0,37	0,71	2,99
30-50	5,9	1,2	0,11	11	0,61	0,07	0,26	0,82	3,50
Boden Probebaum 3									
Auflage	3,8	32,5	1,38	24	0,11	0,12	0,54	0,13	0,54
0-10	3,6	8,5	0,50	17	0,05	0,05	0,04	0,39	3,17
10-20	4,0	3,4	0,19	18	0,04	0,04	0,04	0,34	3,24
20-30	4,3	3,5	0,21	17	0,07	0,05	0,04	0,34	4,92
30-50	4,5	2,6	0,17	15	0,07	0,05	0,04	0,40	3,87

In den Böden von Standort 1 und 3 ist nur Stickstoff und Phosphor reichlich vorhanden. Mit Magnesium sind beide ausreichend versorgt. Der Kaliumvorrat ist ungenügend, der Calciumgehalt sehr gering (Tab. 1).

#### 4. Bodenreaktion

Die Bodenreaktion der 3 untersuchten Böden liegt im Bereich sehr stark sauer bis mäßig sauer, wobei die niedrigsten pH-Werte im Ah-Horizont bzw. obersten B-Horizont (pH 3,4-3,6) auf Standort 1 und auf der Stockkaste (3) gemessen wurden. Der initiale Boden der Talwiese (2) weist eine pH-Depression erst in einer sonst ungewöhnlichen Tiefe von 10-20 cm auf. Hier scheint eine verstärkte Humuseinwaschung in die obersten Zonen des Mineralbodens eine Rolle zu spielen (Tab. 1).

#### 5. Kationenaustauschkapazität und Basensättigung

Die effektive Kationenaustauschkapazität (KAK) in den obersten Mineralbodenhorizonten ist auch bei den sauren Braunerden der Standorte

Tabelle 2 / Table 2

Kationen-Austauschkapazität (KAK), S- und V-Wert sowie Prozentsatz der Kationen an der Austauschkapazität der Böden unter drei Probedäumen  
Cation exchange capacity, S- and V-values and percent of cations of the exchange capacity from the soils of the three sites

cm	KAK	S	V	Na	Kationenbelag in % KAK (B/BT Auszug)							
					K	Ca	Mg	Fe	Mn	Al	H	
Boden Probebaum 1												
0-10	18,72	6,4	34,3	0,0	1,0	25,4	8,0	1,4	0,8	59,3	4,2	
10-20	4,53	1,1	23,4	0,0	2,6	13,0	7,7	0,4	0,8	72,8	2,7	
20-30	2,30	0,7	29,2	0,0	5,2	15,2	8,7	0,4	0,9	66,6	3,0	
30-50	1,57	0,4	26,1	0,0	5,7	12,1	8,3	0,3	0,9	69,9	2,9	
Boden Probebaum 2												
0-10	27,70	26,7	96,3	0,0	1,3	81,3	13,7	0,1	0,5	2,5	0,6	
10-20	27,68	26,0	94,0	0,0	1,0	79,0	14,0	0,1	0,4	4,7	0,7	
20-30	18,77	18,2	97,1	0,0	0,8	78,4	17,9	0,1	0,5	1,9	0,5	
30-50	7,16	7,1	99,2	0,0	1,1	80,5	17,6	0,0	0,2	0,4	0,2	
Boden Probebaum 3												
0-10	12,51	1,3	10,7	0,0	1,8	4,3	4,6	1,7	0,1	84,0	3,5	
10-20	5,56	0,8	14,9	0,0	1,4	5,2	8,3	0,4	0,5	81,3	2,9	
20-30	5,54	2,4	43,3	0,0	1,4	14,8	27,1	0,1	1,0	53,6	2,0	
30-50	3,06	1,2	39,9	0,0	1,6	18,0	20,3	0,2	1,2	56,8	1,9	

1 und 3 nicht unbeträchtlich. Sie nimmt dort allerdings von der obersten Schicht des Mineralbodens zur Tiefe hin abrupt ab. Beim Standort 2 (Talwiese) ist dagegen ein solch markanter Tiefengradient kaum gegeben, die Werte sind insgesamt recht hoch.

Die Basensättigung liegt im Profil des Standortes 1 im mittleren Bereich der gesamten Basensättigung. Der Al-Belag ist dort entsprechend hoch. Die starke Humussättigung im A-Horizont 0-10 cm kommt hier gut zum Ausdruck (Tab. 2). In den tieferen Straten geht die Tiefenfunktion des V-Wertes in etwa konform mit dem pH-Wert-Verlauf. Das Bodenprofil Talwiese (2) nimmt nicht nur unter den drei besprochenen, sondern auch gegenüber allen anderen Punkten des Schwendberges eine Sonderstellung ein, insbesondere durch den für die Silikatböden des Untersuchungsgebietes extrem hohen V-Wert von über 95% im Durchschnitt des Profils. Ursache hierfür ist der initiale Charakter des Bodens, der weniger durch Auswaschung als durch laufende Nachwitterung des Ca-reichen Grundgesteines geprägt scheint. Außerdem dürfen die Bewirtschaftungsmaßnahmen auf der daneben liegenden landwirtschaftlichen Fläche (Kalkung!) zu diesem ungewöhnlich hohen V-Wert beitragen.

Tabelle 3 / Table 3

Schwermetalle im Säureaufschluß der Böden unter den drei Probestäumen (mg/kg)  
 Heavy metals after acid desintegration of the soils at the three sites (mg/kg)

cm	Mn	Cu	Zn	Co	Cr	Ni	Pb
Boden Probestaum 1							
Auflage	1317	32	106	6	5	11	96
0-10	178	24	57	9	13	24	99
10-20	262	26	82	17	19	34	47
20-30	250	29	79	23	18	42	25
30-50	228	33	79	24	19	49	32
Boden Probestaum 2							
Auflage	377	26	106	8	11	19	93
0-10	206	29	87	16	17	33	141
10-20	175	28	83	15	17	33	148
20-30	241	30	90	16	20	38	123
30-50	219	41	95	15	22	41	50
Boden Probestaum 3							
Auflage	247	26	93	5	5	7	88
0-10	150	25	61	9	14	18	148
10-20	318	31	55	13	13	19	134
20-30	1303	36	69	27	19	24	57
30-50	1443	33	99	29	19	23	49

Der Al-Anteil am Ionenbelag entspricht dem Säurestatus. Auf der Stockaste (3) ist der Anteil von Al am Kationenbelag mit über 80% exorbitant hoch. Aluminium ist dort vermutlich am Humus (komplex) gebunden. Al wird wahrscheinlich mit Humusperkolaten in die tieferen Mineralbodenschichten (B-Horizont) transportiert. Dies würde Podsolierung bedeuten, die jedoch in den Profilausprägungen nicht deutlich zum Ausdruck kommt.

Die relativ hohe Ca-Sättigung (25%) auf Standort 1 in der Zone von 0-10 cm deutet auf Bioakkumulation, was sowohl mit der Mächtigkeit der Humusaufgabe (doppelt so hoch wie auf allen anderen Punkten) als auch mit deren günstigeren Zusammensetzung eng korreliert. Da es sich hier um einen Mischbestand (Ahorn, Eiche und Linde) mit reichhaltiger Strauchschicht (Hasel, Brombeere) handelt, ist die anfallende Streu von wesentlich besserer Qualität und leichter zersetzbar als jene im Fichtenreinbestand mit Preiselbeer- und Heidelbeerbewuchs an der Stockaste (3).

## 6. Schwermetalle

Von den Schwermetallen seien hier zwei Elemente herausgegriffen: das Blei, welches als „Immissionsleitsubstanz“ gilt, und das Zink (Tab. 3).

Blei: Die Akkumulation von Pb in der Humusaufgabe von Waldböden

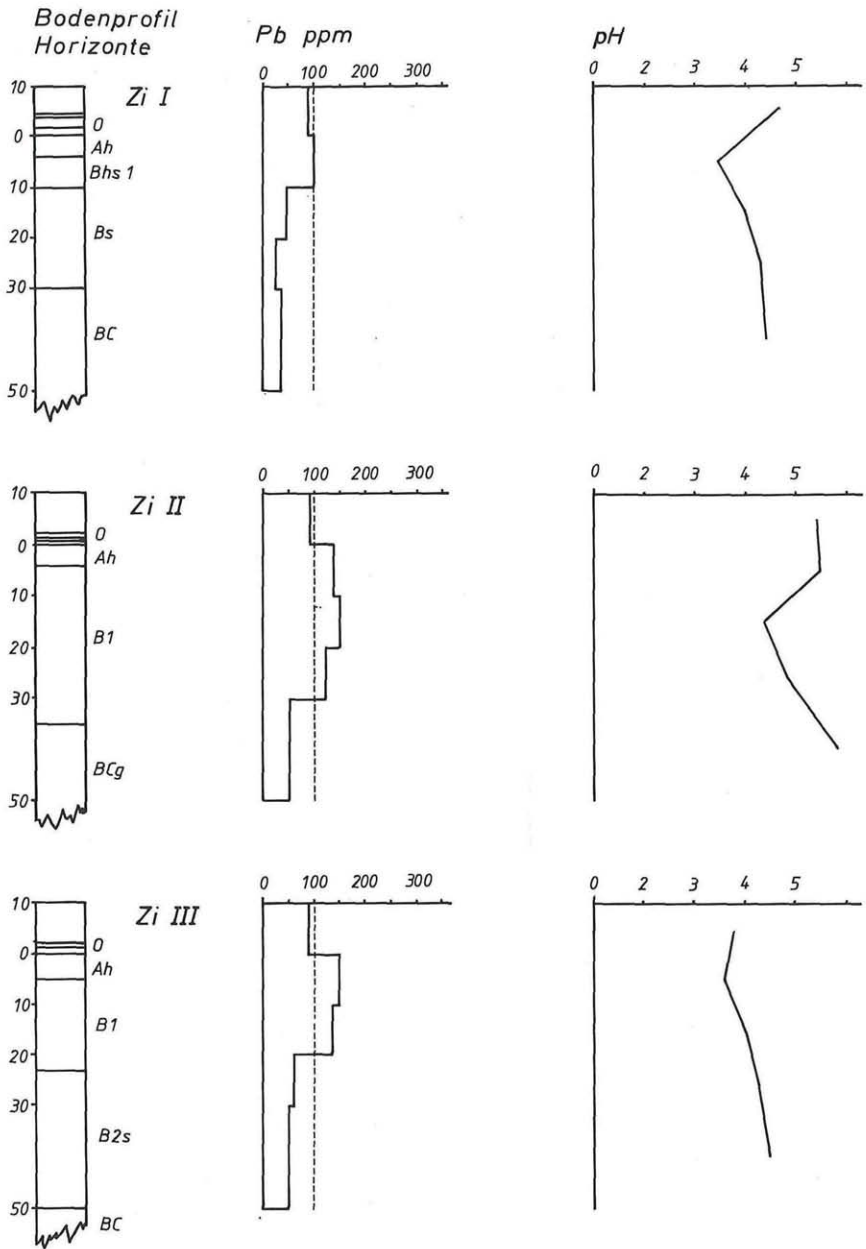


Abb. 1: pH-Werte und Bleigehalte verschiedener Bodenhorizonte an den Probe-  
flächen Zi I, Zi II und Zi III.

Fig. 1: pH and lead contents in different horizons of soils at the sites Zi I, Zi II and  
Zi III.

(46)

und hier besonders in Fichtenbeständen ist ein bekanntes Phänomen. Dies trifft hier jedoch nur für den Standort 1 zu. In den Böden der Talwiese (2) und Stockaste (3) hingegen liegt das Maximum in tieferen Schichten des Mineralbodens (10–20 bzw. 20–30 cm) und überschreiten dort den von KLOKE 1981 angegebenen Grenzwert von 100 ppm (Abb. 1). Hier stellt sich die Frage nach der Sinnhaftigkeit dieser Grenzwerte für Waldböden, die eigentlich für landwirtschaftliche Böden entwickelt wurden.

Fallweise im Gebiet auftretende hohe Werte in den tieferen Mineralbodenschichten (Höhenprofil Zillertal, Pt. 9) können wohl nur mit geogener Herkunft erklärt werden.

Die hohen Pb-Gehalte in den Ah- bzw. Bh-Horizonten dokumentieren die enge Bindung an die organische Substanz im Mineralboden. Bei Podsolierungsvorgängen wird dadurch das ansonsten wenig mobile Pb vertikal oder bei Vergleyungsprozessen, wie sie im Profil Talwiese (2) angedeutet sind, lateral verlagert (KEILEN 1978).

Nach LÄG & al. 1969 sind *Picea abies*, *Vaccinium myrtillus* und *Vaccinium vitis-idaea* gegenüber einem weiten Bereich von Pb-Gehalten im Boden tolerant. *Deschampsia flexuosa* ist sogar noch gegenüber 3,1% Pb in der Wurzelzone resistent.

Zink ist vornehmlich in der Auflage akkumuliert. Fichtenstreu weist im allgemeinen höhere Werte (60–160 ppm, KEILEN 1978) als Kiefernstreu (46–85 ppm, MATERNA 1961) auf. Die Ursache der hohen Zn-Werte liegt nicht nur in der Einbeziehung in den Biokreislauf, sondern vor allem in der starken Fixierung des Zn in relativ stabilen und wenig beweglichen organischen Komplexen (FIEDLER & REISSIG 1964, FIEDLER 1988).

In der gesamten organischen Auflage an den Punkten des Zillertaler Höhenprofils wurden Mengen von 3,9–19,6 kg/ha ermittelt, im Vergleich dazu: in der Bärhalde (Schwarzwald) liegen die Zn-Mengen zwischen 2,3 und 16,6 kg/ha, im Solling (N-Deutschland) zwischen 9 und 10 kg/ha.

Der Tiefenverlauf des Zn ist gekennzeichnet durch eine Depression im Ah- bzw. im obersten B-Horizont. Nach KEILEN 1978 läßt dies auf eine verstärkte Pflanzenaufnahme schließen.

Eine für Podsole typische Zn-Tiefenfunktion, nämlich Zunahme der Gehalte mit der Tiefe, finden wir in den Profilen Talwiese (2) und Stockaste (3), während für Braunerde der entgegengesetzte Verlauf, also Zunahme der Gehalte zum Oberboden hin, charakteristisch ist. Zn wird pH-abhängig verlagert. Organische Substanz, Tonminerale und Sesquioxide (in Semipodsolon und Podsolon) zeigen eine deutliche Präferenz zur Zn-Sorption.

#### Danksagung

Für die gewissenhafte Durchführung der Analysen wird Frau E. FINK und den Herren D. BINDER, R. KULOVICS und R. RADAÜSCHER, sowie für die sorgfältige Durchführung der angefallenen Arbeit Frau G. HUDJERA und den Herren A. FIEGE und R. HORACZEK gedankt.



### Literatur

- BLUM & al. 1986. Waldbodenuntersuchung. Geländeaufnahme, Probennahme, Analyse. Hrsg.: Arbeitskreis Waldbodenuntersuchung der Österreichischen Bodenkundlichen Gesellschaft, Wien.
- FIEDLER H. J. 1988. Zur Zinkausstattung der Fichtenökosysteme in Gebieten mit neuartigen Waldschäden. – Allg. Forstzeitschr. 22 (2): 61–66.
- , & REISSIG H. 1964. Lehrbuch der Bodenkunde. – VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- GLATTES F., SMIDT S., DRESCHER A., MAJER CH. & MUTSCH F. 1985: Höhenprofil Zillertal – Untersuchung einiger Parameter zur Ursachenfindung von Waldschäden. FBVA Berichte 9, Schriftenreihe der Forstlichen Bundesversuchsanstalt, Wien.
- KEILEN K. 1978. Spurenelementverteilung und Bodenentwicklung im Bärhaldegranitgebiet (Südschwarzwald). – Freiburger Bodenkundl. Abhandlungen 8: 1–278.
- KLOKE A. 1981. Sollen Richtwerte für tolerierbare Schwermetallgehalte in landwirtschaftlich/gärtnerisch genutzten Böden auch für Forstböden gelten? – Mitt. Forstl. Bundesvers. Anst. 137, II: 241–246.
- LÅG, J., HVATUMØ Ø. & BØLVIKEN B. 1969: An occurrence of naturally lead-poisoned soil at Kastard near, Gjøvik, Norway. – Norges Geologiske Undersøkelse 266: 141–159.
- MATERNA J. & KOHOUT R. 1961: Cu-, Zn-, Ni- und Cr-Gehalt in Podsolböden von Nord- und Südböhmen. – Communic. Inst. Forest. Cechoslov. Vol. 2:37, Praha 1961.

# 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): Majer Christoph

Artikel/Article: [Bodenkundliche Untersuchungen an drei ausgewählten Meßpunkten des Höhenprofils "Zillertal". 39-47](#)