

# Auswirkung unterschiedlicher Düngungsmaßnahmen im Dauergrünland auf den Selengehalt im Boden und im Aufwuchs

A. Edelbauer und G. Eder

## Influence of different fertilizing measures in grassland on the selenium content in soil and plants

### 1. Einleitung

Bis vor nicht allzu langer Zeit galt Selen ausschließlich als toxisches Element. Verschiedene im 19. und 20. Jahrhundert an Haus- aber auch Wildtieren aufgetretene Erkrankungen, hervorgerufen durch Verzehr von Futter mit hohem natürlichem Selengehalt, sind in der einschlägigen Literatur dokumentiert (MAYLAND et al., 1989). Für Wildtiere liegen Berichte z. B. über das Saint Joaquin Valley in Kalifornien vor (OHLENDORF and SANTOLO, 1994). In jüngster Vergangenheit verursachten fehlerhaft dosierte Selenzusätze zum Futter Vergiftungen und Todesfälle bei Hausschweinen (SCHUH, 1999). Seit nahezu einem halben Jahrhundert ist aber auch die Essentialität von Selen für Mensch und Tier

bekannt und nunmehr Gegenstand einer steigenden Anzahl vor allem medizinischer Veröffentlichungen. Eine diesbezügliche Literaturübersicht findet sich etwa bei SCHRAUZER (1998). Nach dem Stand des Wissens zählt Selen nun zu den für Mensch und Tier essentiellen Ultraspurestoffen. Für eine ausreichende Versorgung z. B. der Wiederkäuer soll das wirtschaftseigene Futter mindestens 40 µg, besser 100 µg/kg TS Selen enthalten. Der Bedarf des Menschen wird für mitteleuropäische Verhältnisse mit etwa 1 µg/kg Körpergewicht und Tag angegeben. Die in Mitteleuropa produzierten Nahrungs- respektive Futtermittel erfüllen diese Ansprüche zumeist nur in unzureichendem Maße. Über die Selengehalte in Böden und Pflanzen Mittel- und Nordeuropas liegen zahlreiche Untersuchungen vor (GISSEL-NIELSEN et al.,

### Summary

In a 10-year static performed long-term fertilizing experiment, the effect on the selenium concentration in the different soil layers and in the grassland vegetation was investigated, comparing two treatments receiving increased nutrient supply in the form of sewage sludge or mineral fertilizer, with a control treatment.

Selenium enrichment as a result of the fertilizer was most pronounced in the upper soil layers at depths of 0–2.5 and 2.5–5.0 cm. Smaller increases in concentration could also be detected in the depth section from 10 to 20 cm.

A long period of applying no fertilizer also prevents the soil from input of accompanying substances of the fertilizers. This leads, among other effects, to an analytically detectable decrease of the selenium concentration in the top layer of the turf. However, selenium depletion as a result of omission of fertilization could be detected only in the depth section from 0–2.5 cm.

Based on the analytically determined change in the selenium content of the soil, it may be concluded that selenium quantities transported into the soil are less than 250 g/ha for sewage sludge application and less than 150 g/ha for mineral fertilization, respectively under the experimental conditions described.

With a single exception (1<sup>st</sup> cut 1990), the vegetation from the non fertilized control contained the highest selenium concentrations.

As demonstrated by the combined amount of selenium taken up over three cuts (Fig. 2), the selenium quantity added with the sewage sludge or mineral fertilizer is relatively poorly available to plants.

**Key words:** Selenium, grassland, soil, sewage sludge, long-term fertilizing experiment.

### Zusammenfassung

In einem über zehn Jahre statisch durchgeführten Dauerdüngungsversuch wurde geprüft, wie sich eine erhöhte Nährstoffzufuhr über Klärschlamm und Mineraldünger im Vergleich zur Nulldüngung auf den Selengehalt in den verschiedenen Bodenschichten und im Grünlandaufwuchs auswirkt.

In den obersten Bodenschichten von 0–2,5 und 2,5–5,0 cm Tiefe war die Selenanreicherung als Folge der Düngung am ausgeprägtesten. Geringere Gehaltszunahmen konnten auch noch im Tiefenabschnitt von 10 cm bis 20 cm nachgewiesen werden.

Eine langfristig praktizierte Nulldüngung unterbindet auch die Zufuhr von Düngerbegleitstoffen. Dies führte unter anderem auch zu einer analytisch nachweisbaren Abnahme des Selengehaltes in der obersten Schichte der Grasnarbe. Eine Selenabreicherung als Folge der Nulldüngung konnte jedoch nur im Tiefenabschnitt von 0–2,5 cm festgestellt werden.

Von der analytisch ermittelten Änderung des Selengehaltes im Boden wird auf Selenfrachten von weniger als 250 g/ha durch Klärschlamm bzw. weniger als 150 g/ha durch Mineraldünger geschlossen, die unter den dargestellten Versuchsbedingungen in den Boden gelangen.

Der Aufwuchs von der ungedüngten Kontrollvariante enthielt mit einer Ausnahme (1. Schnitt 1990) die höchsten Selenkonzentrationen.

Die über drei Schnitte kumulierten Selenentzüge (Abb. 2) zeigen, daß die mit Klärschlamm bzw. Mineraldüngern zugeführte Selenmenge verhältnismäßig wenig pflanzenverfügbar ist.

**Schlagworte:** Selen, Grünland, Boden, Klärschlamm, Langzeit-Düngungsversuch.

1984; HARTFIEL und BAHNERS, 1987; YLÄRANTA, 1990; STÜNTZI, 1988; EDELBAUER und SPANISCHBERGER, 2000). Hingegen fehlen weitgehend Angaben über Selenfrachten, die mit verschiedenen Düngemitteln oder Klärschlamm in landwirtschaftlich genutzte Böden gelangen. Für Frachten betreffend die Schwermetalle Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni, Mo etc. findet sich z. B. bei WILKE und DÖHLER (1995) eine umfangreiche Zusammenstellung.

Darum war es nun nach Verfügbarkeit der für die Selenbestimmung erforderlichen technischen Einrichtungen von Interesse, vom Material dieses Langzeitdüngungsversuches die Anreicherung mit Selen in Böden und Pflanzen in Abhängigkeit der Düngungsmaßnahmen zu prüfen.

## 2. Material und Methoden

Die Anlage des Langzeitdüngungsversuches ist bei EDER (1996) ausführlich beschrieben.

Vom Boden- und Pflanzenmaterial der Variante 6 (hohe Klärschlammgabe, 7,5 t TM/ha u. Jahr), der Variante 9 (intensive Mineraldüngung, Angaben in kg/ha u. Jahr: 240 N als Nitramoncal, 84 P als Superphosphat und 299 K als 40er Kali,) und der Variante 10 (ungedüngte Kontrollvariante) wurden *Mischproben* aus den vier Wiederholungen auf den Gehalt an Selen untersucht.

Bodenproben wurden aus den Abschnitten 0–5,0; 5,0–10,0 und 10,0–20,0 cm Tiefe entnommen.

Der Aufschluß der Pflanzenproben erfolgte im Trace-O-Mat (EDELBAUER und SPANISCHBERGER, 2000). Die Bodenproben wurden mit  $\text{HClO}_4$  (180 °C, 8 h) extrahiert (AICHBERGER und HOFER, 1988). Nach Reduktion von Se VI zu Se IV erfolgte die Endbestimmung mittels Hydridtechnik (VGA 77, Fa. Varian) und Verwendung eines Atomabsorptionsspektrophotometers (Fa. Varian SpetrAA 300).

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Boden

Die Art und das Ausmaß langjährig durchgeführter Düngungsmaßnahmen können auch den Selengehalt von Grünlandböden in verschiedenen Tiefenabschnitten erheblich verändern (Tab. 1).

Als Folge der jährlichen Zufuhr von *Klärschlamm* (Variante 6) im Ausmaß von 7,5 t TM/ha und Jahr aus dem Einzugsbereich einer Großstadt stieg der Selengehalt am stärksten im Tiefenabschnitt von 0–5 cm, und zwar um 188 µg/kg (+ 44 %) an. In den anschließenden Abschnitten von 5–10 cm bzw. 10–20 cm konnte ebenfalls eine Zunahme registriert werden. Sie erfolgte mit 64 µg/kg (+ 16 %)

Tabelle 1: Selengehalte in  $\mu\text{g Se/kg}$  in Bodenproben unterschiedlich gedüngter Flächen  
 Table 1: Selenium content in  $\mu\text{g Se/kg}$  in soil samples from differently fertilized areas

Variante	Bodentiefe in cm	Versuchsjahr		
		1983	1989	1992
Variante 6 (hohe Klärschlammgabe, 7,5 t TM/ha u. J)	0 – 5,0	427	547	615
	5,0 – 10,0	404	436	468
	10,0 – 20,0	378	388	432
Variante 9 (intensive Mineraldüngung, 240 kg N als NAC, 84 kg P als Superphosphat und 299 kg K als 40er Kali, jeweils /ha u. J)	0 – 5,0	346	370	426
	5,0 – 10,0	331	350	398
	10,0 – 20,0	362	335	386
Variante 10 (ungedüngte Kontrollvariante)	0 – 5,0	334	324	305
	5,0 – 10,0	311	314	314
	10,0 – 20,0	320	310	315

respektive 54  $\mu\text{g/kg}$  (+ 14 %) in annähernd gleichem Ausmaß und fiel deutlich geringer aus als im oberen Bereich der Grasnarbe.

Auch die langjährige *Mineraldüngung* (Variante 9) bewirkte einen Anstieg im Selengehalt der beprobten Bodenschichten. Im Vergleich zur Klärschlammapplikation war die Zunahme geringer. Sie betrug im Tiefenabschnitt von 0–5 cm 80  $\mu\text{g/kg}$  (+ 23 %), im Bereich 5–10 cm 67  $\mu\text{g/kg}$  (+ 28 %) und in der untersten beprobten Schicht von 10–20 cm nur mehr 24  $\mu\text{g/kg}$  (+ 6,6 %).

Die fortgesetzten Entzüge bei *unterlassener Düngung* bewirkten in der Variante 10 im oberen Bereich der Grasnarbe (0–5 cm) einen deutlichen Rückgang des Selengehaltes um 29  $\mu\text{g/kg}$  (– 8,7 %).

Bei der Bodenprobennahme im letzten Versuchsjahr

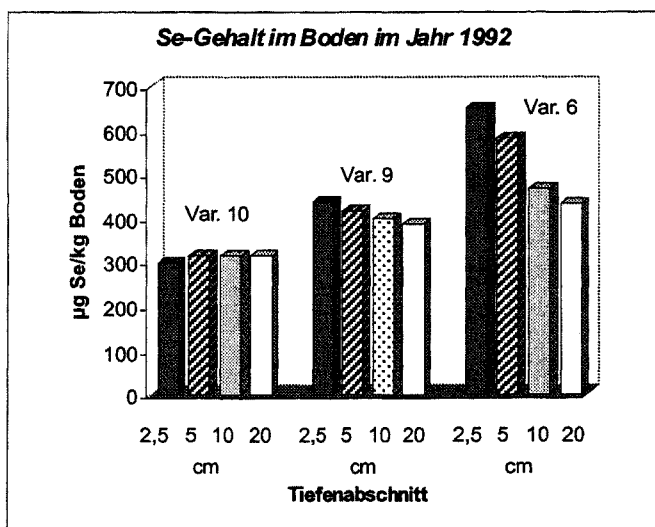


Abbildung 1: Änderung der Selenkonzentration in Bodenschichten bis 20 cm Tiefe in Abhängigkeit von der Düngung

Figure 1: Change in the selenium concentration in soil layers up to a depth of 20 cm depending on the applied fertilizer

1992 wurde die obere Schicht von 0–5 cm in die Abschnitte 0–2,5 cm und 2,5–5,0 cm weiter unterteilt. Die Selengehalte sind in Abbildung 1 dargestellt und zeigen auf, dass die An- bzw. Abreicherung sich vor allem in der obersten Schicht der Grasnarbe manifestiert.

Im Zusammenhang mit den Gehaltsänderungen in den beprobten Bodenschichten stellt sich auch die Frage, welche Mindestselenmengen in den einzelnen Varianten zugeführt bzw. entzogen worden sein müssen, damit es zu den analytisch festgestellten Veränderungen kommt.

Dazu wurde die in den einzelnen Bodenschichten enthaltene Selenmenge aus dem relativen Gehalt und der geschätzten Bodendichte (1,10 für die Schicht bis 5 cm, 1,25 für die Schicht bis 10 cm und 1,50 für die Schicht bis 20 cm) errechnet. Die Nettoanreicherung (ohne Entzug und Austrag in die Schicht tiefer als 20 cm bzw. ohne gasförmige Verluste) betrug 224 g Se/ha in der Variante 6 und knapp 122 g Se/ha in der Variante 9. In der ungedüngten Variante 10 nahm die in der Bodenschicht bis 20 cm Tiefe enthaltene Selenmenge als Folge der Entzüge und Verlagerung einschließlich gasförmiger Verluste um 21,6 g/ha ab.

Wie realistisch sind nun die errechneten Mengen?

Vom seinerzeit im Versuchszeitraum ausgebrachten Klärschlamm lagen keine Angaben über dessen Selengehalt vor. Zu Vergleichszwecken hat man Klärschlamm aus dem Jahr 1999 untersucht, und zwar je eine Probe aus einer österreichischen klein- bzw. großstädtischen Kläranlage. Bezogen auf die Trockensubstanz enthielt die Probe aus dem kleinstädtischen ländlichen Bereich 1,16 mg Se/kg, jene aus der Großstadt 8,12 mg Se/kg. Diese Gehalte stimmen gut mit den in der Literatur angegebenen Werten überein. Eine Zusammenfassung von Se-Gehalten im Klärschlamm findet sich bei HAYGARTH (1994). Danach bewegen sich die Gehalte zwischen 1,7 und 17,2 mg Se/kg in den USA, in Großbri-

tannien zwischen 1 und 10 mg Se/kg und global etwa zwischen 2 und 9 mg Se/kg. Die maximal zulässige Se-Konzentration im Klärschlamm für Anwendung in der Landwirtschaft wird mit 25 mg Se/kg angegeben. Mit einer Klärschlammmenge von 7,5 t TS/ha und Jahr können mit den für österreichische Schlämme ermittelten Gehalten im Verlauf von 10 Jahren Selenfrachten zwischen 87 g bis 609 g/ha ausgebracht werden. Selbst Gehalte von etwa 4 mg Se/kg reichen aus, um mit 7,5 t Klärschlamm-Trockenmasse die analytisch nachgewiesenen Anreicherungen hervorzurufen.

Die Gefahr einer Belastung der Böden mit Selen als Folge der Anwendung von Klärschlamm ist bei den ermittelten Selengehalten und den derzeit zulässigen Klärschlamm-mengen nicht gegeben (Begrenzung der ausgebrachten Klärschlamm-mengen z. B. durch die Niederösterreichische bzw. Steiermärkische Klärschlammverordnung, das Wasserrechtsgesetz und die Nitratverordnung).

Zur Erklärung der Selenanreicherung in den Bodenschichten als Folge der erhöhten Mineraldüngung kann der Selengehalt vor allem im Superphosphat herangezogen werden. Eine kürzlich untersuchte Probe dieses Düngers enthielt zwar nur 1,4 mg Se/kg. Aus der Literatur sind Gehalte für Superphosphat zwischen 0,5 und 25 mg Se/kg (KABATA-PENDIAS und PENDIAS, 1992) und zwischen 10 und 13,25 mg Se/kg für Ammonnitrat und Triple-Superphosphat bekannt (SENESI et al., 1979). Eigene Untersuchungen konnten in Rohphosphaten unterschiedlicher Herkunft Selengehalte zwischen 1,0 und 25,0 mg Se/kg feststellen. Somit ist eine Selenfracht von mehr als 12 g/ha und Jahr, die mit dem Mineraldünger im Versuchszeitraum in den Boden gelangte, durchaus realistisch.

Die fortgesetzten Entzüge bei langfristig unterlassener Nährstoffzufuhr reduzierten auch den mit  $\text{HClO}_4$ -extra-

hierbaren Selengehalt im Tiefenabschnitt 0–5 cm in messbarem Ausmaß. In Summe ergibt sich über alle beprobten Schichten und den Versuchszeitraum ein Abgang von 21,6 g Se/ha. Der Selenentzug mit dem Grünlandaufwuchs aus den drei Schnitten erreichte 1990 0,33 g/ha und 1992 0,35 g/ha. Damit entfallen auf den Entzug über die Sprossmasse nur einige (3–4) g/ha im gesamten Versuchszeitraum. Anfänglich können aber höhere Entzüge über höhere Substanzbildung und möglicherweise höhere Gehalte zustande gekommen sein. Somit verbleiben noch mehr als 10 g Se-Verlust. Gasförmige Selen-Verluste aus Grünlandböden werden mit 100–200  $\mu\text{g Se/m}^2$  und Jahr beziffert (HAYGARTH, 1994). Dies entspricht einer Menge von 1–2 g Se/ha und Jahr. Allein durch die Verflüchtigung methylierter Selenverbindungen plus dem Entzug über die Sprossmasse könnte der Bilanzverlust von 21,6 g Se/ha, der im Verlauf der 10-jährigen Versuchsdauer entstanden ist, erklärt werden.

### 3.2 Selenkonzentrationen im Aufwuchs

Die Art der Düngung, ob Klärschlamm oder Mineraldüngung, hatte auf die Selenkonzentration im Grünlandaufwuchs keine eindeutige Auswirkung. Für die weiterführende Untersuchung zur Ermittlung der Selenkonzentration stand nur Material aus den Jahren 1990 und 1992 zur Verfügung. Der Aufwuchs wurde getrennt nach den Gruppen „Gräser“, „Leguminosen“ und „Kräuter“ gewichtsmäßig (frisch und trocken) erfasst und für die Analysen aufbereitet. Wegen des fallweise geringen bis fehlenden Leguminosenanteiles war nicht von jedem Schnitt ausreichend Material dieser Pflanzengruppe für die Untersuchung auf den

Tabelle 2: Gewichtete Selenkonzentration in  $\mu\text{g/kg}$  TS im Grünlandaufwuchs in Abhängigkeit von der Düngung

Table 2: Weighted selenium concentration in  $\mu\text{g/kg}$  of dry matter in the grassland vegetation depending on the applied fertilizer

Variante	Schnitt	Versuchsjahr	
		1990	1992
Variante 6 (hohe Klärschlammgabe, 7,5 t TM/ha u. J)	1.	83	51
	2.	52	65
	3.	61	66
Variante 9 (intensive Mineraldüngung, 240 kg N als NAC, 84 kg P als Superphosphat und 299 kg K als 40er Kali, jeweils /ha u. J)	1.	55	20
	2.	59	75
	3.	49	27
Variante 10 (ungedüngte Kontrollvariante)	1.	79	103
	2.	86	227
	3.	204	305

Selengehalt vorhanden. Die langjährig unterlassene Düngung in der Variante 10 bewirkte zum Zeitpunkt des dritten Schnittes in Gräsern, Leguminosen und Kräutern eine Zunahme der Selenkonzentration, besonders deutlich war dies im Jahr 1990 ausgeprägt.

Die durchschnittliche Selenkonzentration im Aufwuchs, berechnet als gewichtetes Mittel aus den Konzentrationen der drei Fraktionen, bleibt bei hoher Nährstoffversorgung vom Schnittzeitpunkt weitgehend unbeeinflusst. Demgegenüber weist der dritte Aufwuchs von der Nullvariante sowohl 1990 als auch 1992 die höchste Selenkonzentration auf (Tab. 2).

Über ähnliche, wenn auch wesentlich geringere Konzentrationszunahmen vom ersten auf den zweiten Schnitt bei Haupt- und Spurennährstoffen im Wiesenheu berichtet FACHBERGER (1996) nach Auswertung von mehreren tausend Analyseergebnissen. In den älteren DLG-FUTTERWERTTABELLEN (1973) ist dieser Umstand ebenfalls dokumentiert.

Die Selenentzüge werden bekanntlich von der gebildeten Pflanzenmasse und ihrer Selenkonzentration bestimmt. Die insgesamt höhere Substanzbildung der gedüngten Varianten führte zu Entzügen, die mit durchschnittlich 536 µg/ha und Jahr um 60 % höher sind als jene der Nullvariante (Abb. 2). In den mit Klärschlamm bzw. mit Mineraldüngern hochversorgten Varianten entfielen 1990 ca. 60 % bzw. 46 % des Jahres-Selenentzuges auf den ersten Schnitt; 1992 lag der Schwerpunkt des jährlichen Selenentzuges

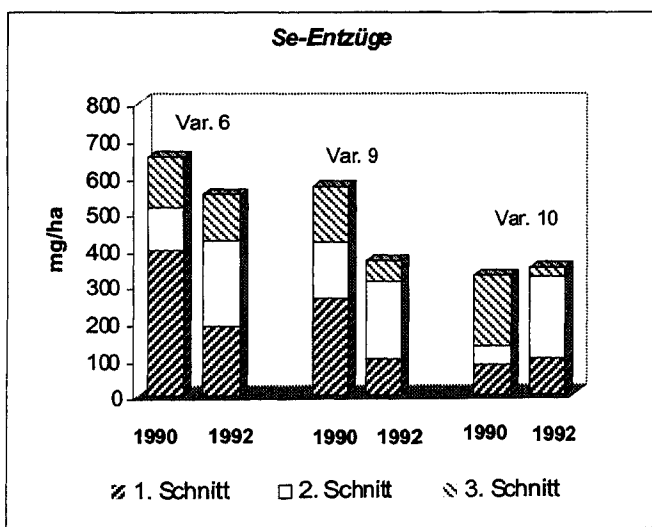


Abbildung 2: Kumulierte Selenentzüge in Abhängigkeit von der Düngung

Figure 2: Accumulated selenium taken up by shoots depending on the applied fertilizer

beim zweiten Schnitt. Im Gegensatz dazu wird in der ungedüngten Variante der überwiegende Anteil zu einem späteren Zeitpunkt, nämlich im dritten Schnitt (1990) bzw. im zweiten Schnitt (1992) entzogen.

Wie aus den Selenkonzentrationen der untersuchten Böden und Pflanzen und den kumulierten Selenentzügen hervorgeht, ist die Pflanzenverfügbarkeit des im Klärschlamm und Super-Phosphat enthaltenen Selens gering. Im Vergleich dazu führten in eigenen, noch unveröffentlichten Untersuchungen bereits weniger als 10 g Se/ha und Jahr in Form von Selenat, vor Vegetationsbeginn auf Grünlandflächen ausgebracht, zu Selenkonzentrationen von mehreren 100 µg/kg bezogen auf die Trockensubstanz des 1. Aufwuchses.

## Literatur

- AICHBERGER, K. und G. F. HOFER (1988): Arsen-, Quecksilber- und Selengehalte landwirtschaftlich genutzter Böden Oberösterreichs. *Die Bodenkultur* 40, 1–10.
- DLG-FUTTERWERTTABELLEN (1973): Arbeiten der DLG, Band 62, DLG-Verlag, Frankfurt (Main).
- EDELBAUER, A. und H. SPANISCHBERGER (2000): Selengehalt im österreichischen Wintergetreidesortiment. *Ernährung/Nutrition* 24, 369–376.
- EDER, G. (1996): Klärschlammgaben und Müllkompostgaben auf Dauergrünland in ihren Auswirkungen auf den Boden, die Pflanzen und das Sickerwasser. In VDLUFA (Hrsg.): *Sekundärrohstoffe im Stoffkreislauf der Landwirtschaft*. 108. VDLUFA-Kongress, Trier, Kongressband 1996, Trier, VDLUFA-Verlag Darmstadt, 413–416.
- FACHBERGER, H. (1996): Untersuchungen über den Einfluss regionaler Gegebenheiten auf den Nähr- und Mineralstoffgehalt von Grundfuttermitteln in Österreich. Dissertation, Universität für Bodenkultur, Wien.
- GISSEL-NIELSEN, G., U. C. GUPTA, M. LAMAND and T. WESTERMARCK (1984): Selenium in soils and plants and its importance in livestock and human nutrition. *Advances in Agronomy* 37, 397–460.
- HARTFIEL, W. und N. BAHNERS (1987): Selenmangel in der Bundesrepublik Deutschland. *VitaMinSpur* 2, 125–131.
- HAYGARTH, Ph. M. (1994): Global importance and global cycling of Selenium. In: FRANKENBERGER, W. T. (Jr.) and S. BENSON (Eds.): *Selenium in the environment*. Marcel Dekker Inc., New York, Basel, Hongkong, 1–27.

- KABATA-PENDIAS, A. and H. PENDIAS (1992): Trace elements in soils and plants. 2<sup>nd</sup> Ed. CRC Press, Boca Raton Ann Arber London, 1–66.
- MAYLAND, H. F., L. F. JAMES, K. E. PANTER and J. L. SONDEREGGER (1989): Selenium in seleniferous environments. In: JACOBS, L. W. (Ed.): Selenium in agriculture and environment. SSSA Special Publication No. 23, Madison, Wisconsin, 15–50.
- OHLENDORF, H. M. and G. M. SANTOLO (1994): Kesterson Reservoir – past, present and future: An ecological risk assessment. In: FRANKENBERGER, W. T. (Jr.) and S. BENSON (Eds.): Selenium in the environment. Marcel Dekker Inc. New York, Basel, Hongkong, 69–117.
- SCHUH, M. (1999): persönliche Mitteilung ALVA-Vortrag 1999.
- SCHRAUZER, G. N. (1998): Selen. Neue Entwicklungen aus Biologie, Biochemie und Medizin. 3. Auflage, Johann Ambrosius Barth Verlag, Heidelberg, Leipzig.
- SENESE, N., M. POLEMIO and L. LORUSSO (1979): Content and distribution of arsenic, bismuth, lithium and selenium in mineral and synthetic fertilizers and their contribution to soil. *Commun. in Soil Science and Plant Analysis* 10 (8), 1109–1126.
- STÜNTZI, H. (1988): Applikation von Selen auf Dauerwiesen. 1. Wirkung von Selenit und Selenat auf verschiedene Pflanzenarten im Langzeitversuch. *Schweiz. Landw. Fo.* 27, 191–201.
- WILKE, W. und H. DÖHLER (1995): Schwermetalle in der Landwirtschaft. Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e. V. Darmstadt, Arbeitspapier 217.
- YLÄRANTA, T. (1990): The selenium content of some agricultural crops and soils before and after addition of selenium to fertilizers in Finland. *Annales Agriculturae Fenniae* 29, 131–139.

### **Anschrift der Verfasser**

**Ao. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Anton Edelbauer**, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Universität für Bodenkultur Wien, A-1180 Wien, Gregor Mendel-Straße 33; e-mail: edelbaue@edv1.boku.ac.at

**HR Dipl.-Ing. Dr. Gerfried Eder**, Abteilung Agrarökologie, Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning.

Eingelangt am 23. März 2001

Angenommen am 25. April 2001