

## FLUORID-BELASTUNG TERRESTRISCHER GASTROPODEN IN EMITTENTENNÄHE

Jürgen Vogel und J.C.G.Ottow

### ABSTRACT

Slugs and snails around an industrial emission source in southern Germany revealed a clear fluoride accumulation. Whole snails reached maximum levels of  $808 \mu\text{gF}\cdot\text{g}^{-1}$  in *Perforatella incarnata* and  $207 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  in the slug *Arion ater*. In different tissues of polluted *Helix pomatia*, shell and intestine tract showed the highest, whereas reproduction organs contained the lowest fluoride level. A strong positive correlation was found between the fluoride content in the shells and columella of *H. pomatia* and the HCl soluble fluoride concentrations of the top soils.

keywords: *fluoride, pollution, slugs, snails, Helix pomatia, soils*

### 1. EINLEITUNG

Die Fluorid-Kontamination von Landschaften kann vor allem im Umkreis bestimmter industrieller Emittenten (Aluminiumhütten, chemische und metallverarbeitende Industrie etc.) eine große lokale Bedeutung erlangen. Langfristige Belastungen mit potentiell toxischen Fluoriden können in Böden, Vegetation und Fauna zu Akkumulationen führen und eventuell Organismen, Stoffumsetzungen und Ökosysteme direkt oder indirekt negativ beeinflussen (RINK und WEIGMANN 1985). Um solche Gefahren abschätzen zu können, sind jedoch genaue Kenntnisse über das Verhalten von Fluoriden in Organismen und Landschaften erforderlich. Während die Erfassung der F-Gehalte bei aquatischen Mollusken bereits eine lange Tradition hat (z.B. CARLES 1907), liegen über die Fluorid-Belastung terrestrischer Gastropoden in anthropogen belasteten Ökosystemen kaum Daten vor.

### 2. MATERIAL UND METHODEN

#### 2.1. Untersuchungsgebiet

Untersucht wurde die Landschaft um das Kali-Chemie Werk in Bad Wimpfen/Neckar, einem seit ca. 65 Jahren in der Fluorchemie tätigen Unternehmen. Anhand der säurelöslichen Fluoridfraktion der Oberböden konnten drei Belastungszonen festgestellt werden (BREIMER et al. 1989), von denen die zentrale Zone auch aktuell mit Fluoriden stark belastet wird (VOGEL 1990). Als belastet gilt das Gebiet um den Emittenten mit über  $200 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  an säurelöslichem Fluorid im Oberboden.

#### 2.2. Analysen

Die Gastropoden wurden direkt in den drei Zonen gesammelt (1986-88). Bei *Helix pomatia* (Mai 1988) wurde auf möglichst gleiche Größe geachtet. Die Tiere wurden in 70 %-igem Alkohol abgetötet, mit 0,25 % CDTA-Lösung und dest. Wasser äußerlich mit einer Zahnbürste gereinigt. Bei *H. pomatia* erfolgte zusätzlich eine Auftrennung in einzelne Körperteile. Die

Columella wurde vom übrigen Gehäuse getrennt analysiert, da die erdigen Verunreinigungen nicht sicher zu entfernen waren. Anschließend wurden die Proben bei 60 °C 72 h lang getrocknet und im Achat-Mörser bzw. in einer Schwingmühle (Retsch MM2) staubfein gemahlen. Die Weichgewebe von *H. pomatia* und *Arion ater* wurden als Sauerstoffveraschung nach LEVAGGI et al. (1971), die ganzen Tiere mit Alkali-Schmelze nach HOPKINS (1977) und die Gehäuse und Columellen als säurelösliches Fluorid nach EYDE (1983) analysiert (vergl. auch VOGEL et al. 1989). Alle Fluorid-Bestimmungen erfolgten mit einer F-sensitiven Elektrode (WTW F 500) und einem Ionometer (WTW pMX 2000).

### 3. ERGEBNISSE

#### 3.1. Fluorid-Gehalte verschiedener Arten

Die Fluorid-Gehalte lagen bei allen untersuchten Arten aus der belasteten Zone deutlich über denen aus der unbelasteten Zone (Tab. 1). Ein maximaler Wert wurde bei *Perforatella incarnata* mit 808 µgF.g<sup>-1</sup> erreicht.

**Tab. 1:** Fluorid-Gehalte in verschiedenen Gastropoden-Arten in µgF.g<sup>-1</sup>. X = Mittelwert, Minimum und Maximum, Ni = Anzahl der untersuchten Individuen, Na = Anzahl der Analysen.

Art	unbelastet			belastet		
	X	min-max	Ni:Na	X	min-max	Ni:Na
<i>Arion ater</i> (L.)	9,4	0-16,9	9:11	66,0	6,0-206,8	9:12
<i>Bradybaena fructicum</i> (MÜLLER)	-	-	-	150,9	-	1: 1
<i>Cepea hortensis</i> (MÜLLER)	27,7	-	1: 3	-	-	-
<i>Cochlodina laminata</i> (MONTAGU)	-	-	-	526,0	-	1: 1
<i>Discus rotundatus</i> (MÜLLER)	-	-	-	351,1	63,5-638,7	7: 2
<i>Eucomphalia strigella</i> (DRAPARNAUD)	26,1	-	4: 1	-	-	-
<i>Helicodonta obvoluta</i> (MÜLLER)	-	-	-	80,5	35,2-125,8	3: 4
<i>Monacha cartusiana</i> (MÜLLER)	-	-	-	49,5	-	3: 1
<i>Oxychilus alliarius</i> (MILLER)	72,2	-	16: 2	82,7	66,7- 92,8	17: 7
<i>Perforatella incarnata</i> (MÜLLER)	24,6	-	2: 3	180,6	28,9-808,3	32:28
<i>Trichia hispida</i> (L.)	-	-	-	152,5	-	1: 1

#### 3.2. Fluorid-Gehalte verschiedener Körperteile von *H. pomatia*

Die Fluorid-Gehalte verschiedener Körperteile von *H. pomatia* aus vier belasteten Biotopen zeigten ein differenziertes Bild (Tab. 2). Die Gehäuse (ohne Columella) und der Magen-Darmtrakt waren am stärksten, die Reproduktionsorgane am geringsten mit Fluorid belastet. In den Eiwweißdrüsen konnte kein Fluorid nachgewiesen werden.

Tab. 2: Fluorid-Gehalte in verschiedenen Körperteilen von *Helix pomatia* L. in  $\mu\text{gF}\cdot\text{g}^{-1} \pm$  Standardabweichung aus vier belasteten Biotopen. Ni = Anzahl der Individuen. In () Anzahl der Analysen. k.N. = kein Nachweis.

Körperteil	BIOTOP			
	3 Ni = 4	4 Ni = 4	8 Ni = 3	45 Ni = 4
Gehäuse (ohne Columella)	30,4 $\pm$ 0,9(3)	35,6 $\pm$ 0,9(3)	79,9 $\pm$ 1,2(3)	127,0 $\pm$ 2,5(3)
Fuß	58,6 $\pm$ 20,7(3)	15,6 $\pm$ 5,8(3)	26,7 $\pm$ 5,0(3)	29,0 $\pm$ 8,6(3)
Darmtrakt	127,4 $\pm$ 17,5(6)	105,8 $\pm$ 9,3(3)	333,2 $\pm$ 24,8(6)	145,4 $\pm$ 13,9(3)
Mitteldarmdrüse	33,6 $\pm$ 2,7(3)	12,4 $\pm$ 2,0(3)	230,0 $\pm$ 1,9(3)	20,6 $\pm$ 12,7(7)
Lunge	24,9 $\pm$ 15,0(5)	11,7 $\pm$ 3,5(3)	38,3 $\pm$ 5,8(3)	28,6 $\pm$ 6,4(7)
Eiweißdrüse	k.N. (3)	k.N. (2)	k.N. (5)	k.N. (3)
Reproduktionsorgane	6,3 $\pm$ 0,2(2)	k.N. (3)	6,7 $\pm$ 1,3(2)	k.N. (3)
restlicher Weichkörper	29,8 $\pm$ 5,4(2)	10,6 $\pm$ 4,6(2)	32,7 $\pm$ 1,8(2)	18,8 $\pm$ 5,5(3)

### 3.3. Fluorid-Belastung von *H. pomatia*

Die Fluorid-Gehalte von *H. pomatia* aus belasteten Biotopen lagen bei Gehäuse und Columella hochsignifikant, bei Fuß und restlichem Weichkörper signifikant über denen aus unbelasteten Biotopen (Tab. 3). Keine Unterschiede traten zwischen den Trockengewichten von Gehäusen und Columella unterschiedlich belasteter Zonen auf (Tab. 3). Die Belastungssituation um den Emittenten wird an den F-Gehalten der Gehäuse deutlich (Abb. 1). So wurden stark erhöhte Fluorid-Gehalte nur in der Zone A um den Emittenten gefunden ( $> 200 \text{ mgF}\cdot\text{kg}^{-1}$  im Oberboden). Zwischen den  $\text{F}_{\text{HCl}}$ -Gehalten der Oberböden und den F-Gehalten von Gehäuse und Columella bestanden zudem hochsignifikante positive Korrelationen (Abb. 2). Keine Zusammenhänge konnten dagegen zwischen gleichzeitig gesammelten Gras-Mischproben und den Gehäusen bzw. dem Fuß oder restlichem Weichkörper gefunden werden.

Tab. 3: Fluorid-Belastung von *Helix pomatia* L. unterschiedlich belasteter Biotope (9 belastete mit 60 Individuen und 14 unbelastete mit 74 Individuen). X = Mittelwert, Minimum und Maximum, Na = Anzahl der Analysen. P = Signifikanz Niveau.

Körperteil	X	unbelastet		Na	X	belastet		Na	P $\leq$ X
		min-max				min-max			
Gehäuse (Gewicht in g)	3,07	0,85 - 5,83		74	3,40	1,03 - 6,23		60	--
Columella (Gewicht in g)	0,55	0,18 - 1,19		74	0,62	0,21 - 1,15		60	--
Gehäuse ( $\mu\text{gF}\cdot\text{g}^{-1}$ )	4,5	0,0 - 18,4		198	47,8	2,8 - 210,2		177	0,1
Columella ( $\mu\text{gF}\cdot\text{g}^{-1}$ )	14,9	3,8 - 34,8		35	78,0	29,4 - 151,9		30	0,1
Fuß ( $\mu\text{gF}\cdot\text{g}^{-1}$ )	23,6	0,0 - 132,4		177	42,1	3,0 - 133,0		163	1,0
restlicher Weichkörper ( $\mu\text{gF}\cdot\text{g}^{-1}$ )	20,0	1,3 - 82,9		176	60,0	3,3 - 188,9		161	1,0

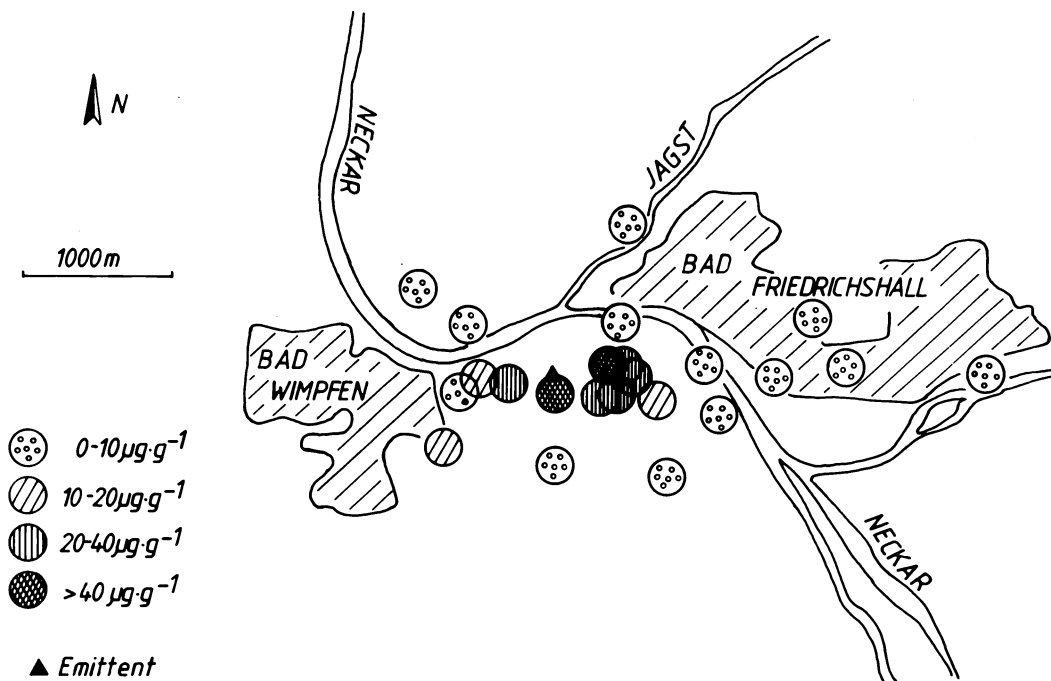


Abb. 1: Räumliche Fluorid-Belastung von *Helix pomatia* (Gehäuse) um den Emittenten in Bad Wimpfen.

#### 4. DISKUSSION

Die Fluorid-Gehalte der untersuchten Gastropoden belegen eine Fluorid-Akkumulation in Tieren aus der stark belasteten, emittentennahen Zone. Die gefundenen Werte sind in der Höhe mit den Werten vergleichbar, die BUSE (1986) in Gastropoden aus einem stark belasteten Gebiet in Wales fand. Von großem Interesse ist die Untersuchung einzelner Körperteile, da eine differenzierte Fluorid-Verteilung zu erwarten ist, wie dies u.a. für Schwermetalle schon mehrfach nachgewiesen wurde (MEINCKE und SCHALLER 1974, COUGHTREY und MARTIN 1976 und 1977, IRELAND 1979). Bei den vorliegenden Befunden (Tab. 2 und 3) sind die hohen F-Gehalte in Gehäuse und Darmtrakt interessant, wobei im Darmtrakt noch vorhandene Nahrungsreste den F-Gehalt mitbestimmen. Gerade aber die hohen Fluorid-Gehalte im Weichkörper sind für eine mögliche Fluorid-Anreicherung in Prädatoren von Schnecken wie z.B. Igel, Singvögel und verschiedenen Käferarten von Bedeutung und könnten zu weiteren Akkumulationen in anderen Trophiestufen führen. Warum in der Eiweißdrüse kein Fluorid-Nachweis zu führen war, ist noch unklar. Möglicherweise liegen die F-Analyse störende Verbindungen vor. Nach den Untersuchungen von MEINCKE und SCHALLER (1974) lagerten sich überwiegend Fe- und Zn-Ionen in der Eiweißdrüse von *H. pomatia* ab.

Hauptspeicherorgan für Fluoride ist bei *H. pomatia* jedoch das Gehäuse. Hier liegt das Fluor, bei durchschnittlichen  $\text{CaCO}_3$ -Gehalten in Gastropoden-Gehäusen von 87-97 % (WILBUR 1960) vermutlich immobilisiert als  $\text{CaF}_2$  vor. Die Gehäuse von *H. pomatia* dürften sich somit sehr gut als Akkumulations-Indikatoren für Fluorid-Belastungen eignen, zumal die Belastung des Bodens mit angezeigt wird (Abb. 2). Diese schon früher beschriebene Beziehung (VOGEL et al. 1989) konnte somit eindeutig bestätigt werden. Ungeklärt bleibt jedoch der Aufnahme-

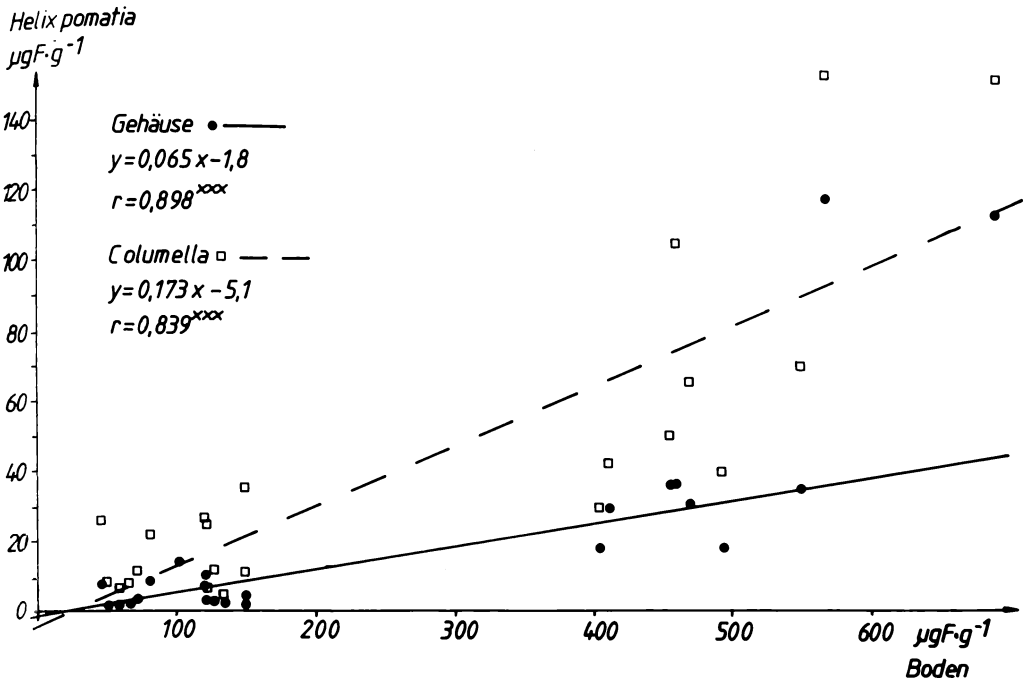


Abb. 2: Korrelation und Regression zwischen den Fluorid-Gehalten der Oberböden und den Fluorid-Gehalten von Gehäuse und Columella von *Helix pomatia*. Die beiden Extremwerte der Gehäuse (Ausreißerschranke  $P \leq 0,1 \%$ ) wurden bei der Berechnung nicht berücksichtigt.

weg des Fluorids. Prinzipiell sind drei Wege möglich. Erstens, eine direkte Aufnahme über die Luft, was wenig wahrscheinlich ist. Zweitens, eine Aufnahme über die Nahrung. Diese Annahme ist realistisch, da Gastropoden als Primär-Konsumenten über sehr effiziente Aufnahme- und Assimilationsmechanismen verfügen (WIESER 1978). Allerdings konnte kein Zusammenhang zwischen der Belastung von *H. pomatia* und grünen, frischen Vegetationsproben (Gras-Mischproben) gefunden werden, wie dies für den zweiten Aufnahmeweg zu erwarten wäre. Drittens, eine direkte Aufnahme des Fluorids aus dem Boden. Diese Möglichkeit wäre bei der, für *H. pomatia* schon beschriebenen, direkten Aufnahme von Calcium aus dem Boden über die Fuß-Epidermis gegeben (FRICK 1965). Dabei könnte auch im Boden vorliegendes Fluorid (z.B. als  $\text{CaF}_2$ ) mit aufgenommen werden. Auch SIMKIES und WILBUR (1977, aus IRELAND 1979) beschreiben Aufnahme und Abgabe von Kationen über die Fuß-Epidermis bei Gastropoden. Derartige Mechanismen würden die hochsignifikante Korrelation von Fluorid-Gehalt im Oberboden und in den Gehäusen erklären (vgl. auch VOGEL et al. 1989). Für genaue Aussagen sind dazu jedoch ergänzende Laboruntersuchungen nötig.

### Danksagung

Wir danken Frau A. Schroff, Frau L. Thiele-Eichenberg und Frau G. Will für ihre wertvolle technische Hilfe. Diese Untersuchungen wurden mit Mitteln des Landes Baden-Württemberg gefördert (Projekt Wasser-Boden-Abfall, PWAB 85006).

## LITERATUR

- BREIMER R.F., VOGEL J., OTTOW J.C.G., 1989: Fluorine contamination of soils and earthworms (*Lumbricus* spp.) near a site of long-term industrial emission in southern Germany. - Biol. Fert. Soils 7: 297-302.
- BUSE A., 1986: Fluoride accumulation in invertebrates near an aluminium reduction plant in Wales. - Environ. Pollut. (Ser.A) 41: 199-217.
- CARLES P., 1907: Le fluor dans les coquilles des mollusques. - C.R. Acad. Sci. Paris 144: 437-438.
- COUGHTREY P.J., MARTIN M.H., 1976: The distribution of Pb, Zn, Cd, and Cu within the terrestrial mollusc *Helix aspersa* Müller. - Oecologia (Berlin) 23: 315-322.
- COUGHTREY P.J., MARTIN M.H., 1977: The uptake of lead, zinc, cadmium and copper by the pulmonate mollusc, *Helix aspersa* Müller, and its relevance to the monitoring of heavy metal contamination of the environment. - Oecologia (Berlin) 27: 65-74.
- EYDE B., 1983: Determination of acid soluble fluoride in soils by means of an ion-selective electrode. - Fresenius Z. Anal. Chem. 316: 299-316.
- FRICK W., 1965: Der Kalziumstoffwechsel bei *Helix pomatia* unter dem Einfluß wechselnder Kohlensäureatmosphären. - Mitt. Zool. Mus. Berlin 41: 96-120.
- HOPKINS D.M., 1977: An improved ion-selective electrode method for the rapid determination of fluorine in rocks and soils. - J. Res. U.S. Geol. Survey 5: 589-593.
- IRELAND M.P., 1979: Distribution of essential and toxic metals in the terrestrial gastropod *Arion ater*. - Environ. Pollut. 20: 271-278.
- LEVAGGI D.A., OYUNG W., FELDSTEIN M., 1971: Microdetermination of fluoride in vegetation by oxygen bomb combustion and fluoride ion electrode analysis. - J. Air Pollut. Control Assoc. 21: 277-279.
- MEINCKE K.-F., SCHALLER K.-H., 1974: Über die Brauchbarkeit der Weinbergschnecke (*Helix pomatia* L.) im Freiland als Indikator für die Belastung der Umwelt durch die Elemente Eisen, Zink und Blei. - Oecologia (Berlin) 15: 393-398.
- RINK U., WEIGMANN G., 1985: Wirkung von Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und Fluorwasserstoff (HF) auf Tiere. - Literaturstudie im Auftrag des Bundesministers für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Berlin.
- VOGEL J., 1990: Fluorid-Belastung und Toxikologie edaphischer Evertabraten in Emittenten-nähe. - Dissertation, Universität Gießen.
- VOGEL J., BREIMER R.F., OTTOW J.C.G., 1989: Fluoridbelastung von Böden, Vegetation und Bodentieren in der unmittelbaren Umgebung eines Emittenten. - Verh. Ges. Ökol. (Göttingen 1987) 17: 619-625.
- WIESER W., 1978: Consumer strategies of terrestrial gastropods and isopods. - Oecologia (Berlin) 36: 191-201.
- WILBUR K.M., 1960: Shell structures and mineralisation in molluscs. - In: SOGNAES, R.F. (ed): Calcification in biological systems. American Association for the Advancement of the Science Publications 64: 15-40.

## ADRESSE

Dr. J. Vogel  
Prof. Dr. J.C.G. Ottow  
Institut für Mikrobiologie und Landeskultur  
Senckenbergstr.3  
D-W-6300 Gießen

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

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [19 3 1991](#)

Autor(en)/Author(s): Vogel Jürgen, Ottow Johannes C.G.

Artikel/Article: [Fluorid-Belastung terrestrischer Gastropoden in Emittentennähe 177-182](#)