

3 Elementgehalte und ihre zeitliche Entwicklung 1990 → 1995 → 2000

In den Kapiteln 3.1.1 und 3.2.8 werden wie in den Abschlussberichten des Moos-Monitorings 1990 und 1995 die Analysenergebnisse des Moos-Monitorings 2000 für jedes Metall vorgestellt und mit den Ergebnissen aus den Vorgängervorhaben verglichen. In Kapitel 3.1 werden die Standardelemente des Moos-Monitoring 1995 (SIEWERS & HERPIN 1998) beschrieben. Es handelt sich um As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sb, Ti, V und Zn. In Kapitel 3.2 erfolgt die Darstellung der übrigen, neben anderen im Berichtsteil II des Moos-Monitorings 1995 (SIEWERS et al. 2000) aufgeführten Zusatzelemente Al, Ba, Ca, K, Mg, Mn, Na, und Sr. Die methodische Vorgehensweise bei der Beschreibung der Elementgehalte und der Entwicklung der Stoffgehalte richtet sich dabei nach folgendem Schema:

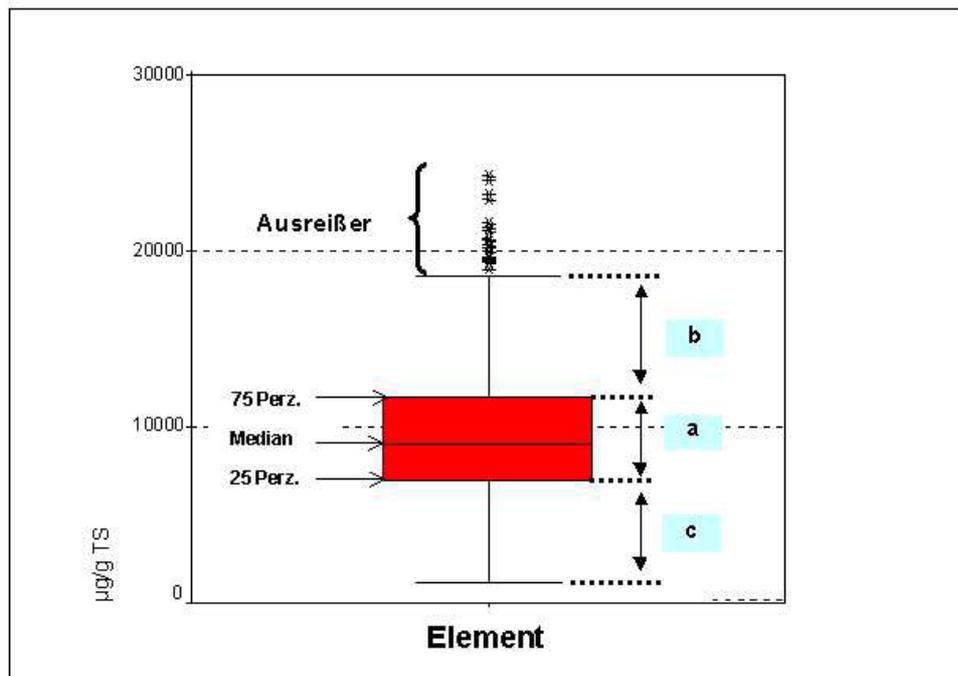
1. Allgemeine Beschreibung der Metalle,
2. Beschreibung der Analyseergebnisse des Moos-Monitorings 2000 sowie
3. Beschreibung der Veränderung der jeweiligen Stoffgehalte seit dem Moos-Monitoring 1990 und 1995.

zu 1. Vorerst werden für das jeweilige Metall allgemeine Hinweise über natürliche Vorkommen, Emissionsquellen und daraus resultierende Gehalte in Lithosphäre, Atmosphäre und Biosphäre vorgestellt. Diese Ausführungen wurden nach Absprache mit Dr. Siewers komplett aus den Abschlussberichten des Moos-Monitorings 1995 übernommen.

zu 2. Die statistische Beschreibung der Ergebnisse des Moos-Monitorings 2000 erfolgte wie in den Vorgängerprojekten mit Hilfe von Karten, Tabellen und Diagrammen. So wurden für jedes Metall pro Land und Moosart die statistisch-deskriptiven Parameter Minimum, Maximum, Median und 98-Perzentil in einer Tabelle zusammengetragen. Um die Unterschiede der

Stoffbelastung in den Ländern untereinander und im Verhältnis zum Bund zu verdeutlichen, wurden die landesweiten Mediane in einem Diagramm dem bundesweiten Median gegenübergestellt. Zur Veranschaulichung der Messwertverteilungen wurden pro Element für jedes Land Box- und Whiskerplots erstellt (→ Anhang B). Die Zuordnung der in einem Box- und Whiskerplot beschriebenen statistischen Kennzahlen richtet sich nach den Vorgaben der Statistik-Software SPSS und ist in der Abbildung 1 veranschaulicht:

Abbildung 1: Box- und Whiskerplot nach SPSS



Für a gilt: 50 % aller Analysenwerte

Für b gilt: $b \leq 1,5 \cdot a$

Für c gilt: $c \leq 1,5 \cdot a$

Neben den in Kapitel 2.2.5 beschriebenen und in den Text integrierten IDW-Karten wurden die Ergebnisse des Moos-Monitorings 2000 zusätzlich in Form von Punktkarten aufgearbeitet (→ Anhang A3). Zur Hervor-

hebung von Ausreißern sind in diesen Karten die 98-Perzentile des Bundesgebietes markiert worden. Die Klassifizierung der Messwerte richtet sich nach den Vorgaben des Moos-Monitorings 1990 und 1995.

- zu 3. Um die flächenhafte Entwicklung der Stoffgehalte seit dem Moos-Monitoring 1990 bzw. 1995 zu veranschaulichen, wurden die Ergebnisse der Monitoringvorhaben 1990 und 1995 ebenfalls mit dem IDW-Algorithmus der GIS-Software ArcView verrechnet und die daraus resultierenden Karten in den Text integriert. Zusätzlich wurden die länderweiten Mediane der Analysenergebnisse des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 in einem Balkendiagramm gegenübergestellt.

In den Anhängen A.1, A.2 und A.3 sind die Messwerte der Vorgängerprojekte wie die Ergebnisse des Moos-Monitorings 2000 in Form von Punktkarten veranschaulicht. Um die Entwicklung am Standort zu verdeutlichen, wurden unter Zugrundelegen der 880 zwischen 1995 und 2000, sowie der 479 zwischen 1990, 1995 und 2000 durchgängig beprobten Standorte Punktkarten angefertigt, in denen für den einzelnen Standort die Zu- bzw. Abnahmen der jeweiligen Stoffgehalte in Form von Punktsymbolen beschrieben werden. Diese Karten sind im Anhang A4 und A5 aufgeführt.

Eine Bewertung darf nicht ohne Berücksichtigung der Ergebnisse der in Kapitel 2.2.3 beschriebenen Vergleichsmessungen zwischen den Laboren der LUFA Hameln und der BGR Hannover erfolgen. Auch die in Kapitel 2.3.1 beschriebenen hohen Varianzen am Standort müssen bei einer derartigen Betrachtung berücksichtigt werden. Im vorliegenden Bericht werden die damit verbundenen Einschränkungen bei den besonders problematischen Metallen im Text erwähnt. Korrekturfaktoren wie bei den Ergebnissen des Moos-Monitorings 1990 wurden nicht eingebracht.

Die Entwicklung der Stoffgehalte kann nicht für alle 20 Elemente seit dem Moos-Monitoring 1990 aufgezeigt werden, denn im Moos-Monitoring 1990 wurden nur die 10 Elemente As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Ti, V und Zn analysiert.

3.1 Standardelemente

3.1.1 Arsen

Allgemeines. Arsen kommt gediegen als Scherbenkobalt (Fliegenstein) vor und ist Bestandteil von mindestens 245 Mineralien meist in Form von Arseniden und Sulfiden und hier oft assoziiert mit Ag, Co, Cu, Fe, Pb, Ni und Sb. Ein häufiges Mineral ist Arsenkies (FeAsS). In der Erdkruste finden sich durchschnittlich 1,7 µg/g Arsen (RÖSLER & LANGE 1975). Böden über Sulfidlagerstätten können dagegen mehrere Hundert µg/g As aufweisen. In kontaminierten Gebieten wurden bis zu 2500 µg/g As nachgewiesen (KABATA-PENDIAS & PENDIAS 1992; ZIEMACKI et al. 1989).

Steinkohle enthält mittlere Gehalte von 18 (0,5 - 93) µg/g As, Braunkohle bis zu 1500 µg/g As. Die Durchschnittsgehalte von Erdöl betragen 0,26 mg/l, von Benzin 0,0015 mg/l (FOWLER 1983; LEONARD 1991). Nach DARBINJAN (1988) ergeben sich für Braunkohlen ostelbischer Lagerstätten Schätzwerte von 15 (0,2-22) µg/g. Es ist bekannt, dass Braunkohlen aus nordtschechischen Lagerstätten sehr viel mehr Arsen enthalten können. Arsen wird vor allem als Nebenprodukt der Kupfer- Blei-, Gold- und Nickelschmelze gewonnen. Nach MARKERT (1992) wird der mittlere Gehalt in Pflanzen auf 0,02 µg/g - 1,5 µg/g As geschätzt.

An Emissionen tragen neben natürlichen Prozessen (vulkanische Aktivitäten) die Verarbeitung sulfidischer Erze (Buntmetallindustrie), die industrielle Ver-

wendung von Arsenverbindungen sowie die Kohleverbrennung (qualitativ geringwertige Braunkohle) bei (NRIAGU & PACYNA 1988; ZIEMACKI et al. 1989). Insbesondere in Flugaschen von Kohlekraftwerken reichert sich Arsen bis zu 440 µg/g an (FOWLER 1983). In der Luft kommt Arsen vor allem als Arsen trioxid (As_2O_3) vor, mit Gehalten von 1-10 ng/m³ in ländlichen Gegenden und 20 ng/m³ in urbanen Gebieten. In der Nähe von Metallhütten und Kohlekraftwerken können die Gehalte 1000 ng/m³ As und mehr erreichen (LEONARD 1991). SIEWERS & ROOSTAI (1990) ermittelten im Harz von November 1987 - Dezember 1989 Gesamtdepositionen (naß und trocken) für Arsen von 11,4 µg/m² * d im Fichtenaltbestand und von 2,8 µg/m² * d im benachbarten Freiland.

Die nachfolgenden Ausführungen über die im Moos-Monitoring 2000 festgestellten Arsengehalte wie auch der Entwicklung von Arsen in Moosen seit dem Moos-Monitoring 1990 sollten vor dem Hintergrund der in Kapitel 2.2.3 beschriebenen analytischen Qualitätskenngrößen der Labore der BGR und der LUFA Hameln (As ~ 29%) und der in Kapitel 2.1.3 behandelten Standortvariabilität (As ~ 29%) betrachtet werden.

Ergebnisse Moos-Monitoring 2000. In Deutschland wurden im Moos-Monitoring 2000 an insgesamt 1026 Standorten Arsengehalte zwischen 0,05-1,31 µg/g ermittelt (→ Tab. 10). Im bundesweiten Vergleich können gemäß der Darstellung in der Karte 6 erhöhte Arsengehalten in weiten Teilen von Sachsen, Sachsen-Anhalt, Brandenburg, Thüringen, dem Saarland, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg festgestellt werden. In diesen dicht und meist industriell geprägten Regionen befinden sich dann auch die Probenentnahmestandorte, an denen Werte oberhalb des 98-Perzentils (= 0,665 µg/g) gemessen wurden (→ Anhang A.3.2 und B.2). Das Maximum von 1,31 µg/g findet sich im nördlichen Rheinland-Pfalz an der Grenze zu Nordrhein-Westfalen. Das ursprüngliche Maximum von 8,96 µg/g in Sachsen wurde aufgrund vermuteter Bodenkontamination aus den statistischen Auswertungen und kartografischen Darstellungen herausgenommen (→ Kapitel 2.2.4). Wie die Abbildung 2 zeigt, liegen

Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen-Anhalt und Nordrhein-Westfalen gemessen an dem bundesweiten Median im bundesdeutschen Schnitt, die Länder Bayern, Niedersachsen, Hessen und Berlin weisen niedrigere Mediane auf.

Zeitliche Entwicklung. Die Abbildung 3 zeigt, dass gemessen an dem Medianen der Arsenergebnisse aller Ländern mit Ausnahme von Hamburg seit 1990 bzw. 1995 eine kontinuierliche Abnahme des Arsengehalts erfolgt ist. Die in den Vorgängerprojekten ermittelten Regionen mit hohen Stoffgehalten sind auch im Moos-Monitoring 2000 wiederzufinden. Diese Feststellung lässt sich anhand eines optischen Vergleichs der interpolierten Flächenkarten des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 belegen. In ihnen weisen ehemals hoch belastete Regionen in weiten Teilen Sachsens, Sachsen-Anhalts und Süd-Brandenburgs aber auch in Baden-Württemberg und Rheinland-Pfalz deutlich geringere Werte auf (→ Karten 4, 5 und 6). Maximale Werte von 15,9 µg/g in Sachsen im Moos-Monitoring 1990 und 2,69 in Baden-Württemberg im Moos-Monitoring 1995 wurden im Moos-Monitoring 2000 nicht erreicht. Die Verteilung der Standorte mit Werten oberhalb des bundesweiten 98-Perzentils zeigen weiterhin, dass in den meisten Fällen in allen drei Messphasen erhöhte Gehalte an denselben Standorten gemessen wurden (→ Anhang A.1.1, 2.2 und 3.2). Wie durch die Medianvergleiche und die kartografischen Darstellungen angedeutet, zeigt sich an diesen Standorten eine kontinuierliche Abnahme des Arsengehalts von 1990 über 1995 bis 2000. Dem ist allerdings hinzuzufügen, dass besonders belastete Standorte z.T. nicht durchgängig beprobt wurden (z.B. Standort Nordenham in Niedersachsen).

Die seit dem Moos-Monitoring 1990 bzw. 1995 zu verzeichnende Abnahme der Arsen-Stoffgehalte wird auch aus den Karten der Anhänge A.4.1 und A.5.2 deutlich. In diesen Karten sind nur diejenigen Standorte aufgezeigt, die zwischen den jeweiligen Moos-Monitoringkampagnen um nicht mehr als 2 km verlegt wurden (→ Kapitel 2.2.1). So verzeichnen die 381 seit 1990 durchgängig beprobten Standorte in 91 % der Fälle im Moos-Monitoring 2000 niedrigere

Werte als im Moos-Monitoring 1990. Mit Rückgangsraten von mehr als 1 µg/g As zeigen sich besonders hohe Rückgänge in Baden-Württemberg und Sachsen. Dennoch existieren örtliche Zunahmen oberhalb von 0,5 µg/g As in Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und Sachsen-Anhalt. In der Entwicklung der Stoffgehalte seit dem Moos-Monitoring 1995 zeigen sich bei den seit 1995 durchgängig beprobten Standorten in 70 % der Fälle niedrigere Werte. Rückgänge von mehr als 1 µg/g sind in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Brandenburg und Baden-Württemberg festzustellen. Zunahmen mehr als von 0,5 µg/g finden sich an Standorten in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Thüringen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg.



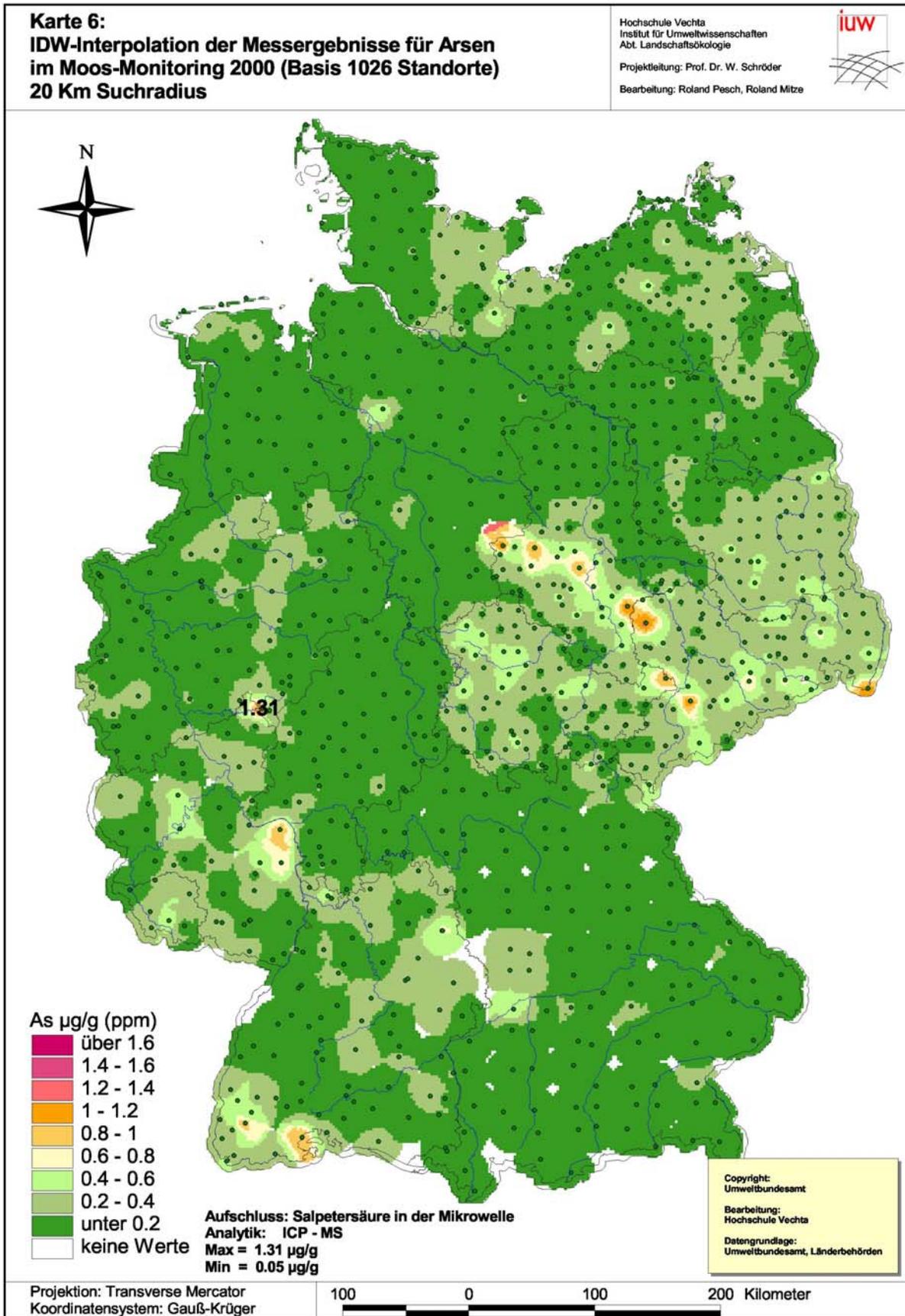


Tabelle 10: Arsengehalte in Moosen in den Ländern und in Deutschland im Moos-Monitoring 2000 (Teil 1 von 2)

Land	Arten	n	Median [µg/g]	Mittelwert [µg/g]	Maximum [µg/g]	Minimum [µg/g]	98Perz. [µg/g]
Baden- Württemberg	P.s.	2	0,125	0,125	0,180	0,070	0,178
	H.c.	76	0,200	0,253	1,040	0,080	0,970
	Gesamt	78	0,195	0,250	1,040	0,070	0,968
Bayern	P.s.	88	0,100	0,108	0,315	0,050	0,246
	S.p.	23	0,125	0,156	0,550	0,080	0,420
	H.c.	6	0,173	0,178	0,295	0,070	0,287
	H.s.	2	0,100	0,100	0,120	0,080	0,119
	Gesamt	119	0,110	0,121	0,550	0,050	0,293
Berlin	S.p.	3	0,100	0,110	0,160	0,070	0,158
	Gesamt	3	0,100	0,110	0,160	0,070	0,158
Brandenburg	P.s.	81	0,220	0,235	0,570	0,080	0,506
	S.p.	34	0,135	0,157	0,490	0,070	0,398
	H.c.	3	0,290	0,338	0,460	0,265	0,453
	(B.r.)	2	0,190	0,190	0,230	0,150	0,228
	Gesamt	120	0,193	0,215	0,570	0,070	0,490
Hessen	P.s.	25	0,105	0,121	0,265	0,070	0,260
	S.p.	23	0,090	0,103	0,210	0,050	0,203
	H.c.	12	0,150	0,160	0,275	0,080	0,264
	Gesamt	60	0,103	0,122	0,275	0,050	0,263
Hamburg	P.s.	4	0,220	0,219	0,270	0,165	0,269
	Gesamt	4	0,220	0,219	0,270	0,165	0,269
Mecklenburg- Vorpommern	P.s.	16	0,155	0,161	0,250	0,070	0,247
	S.p.	55	0,140	0,141	0,310	0,060	0,258
	H.c.	35	0,250	0,255	0,420	0,110	0,406
	(B.r.)	7	0,430	0,349	0,530	0,120	0,528
	Gesamt	113	0,160	0,192	0,530	0,060	0,445
Nordrhein- Westfalen	P.s.	34	0,170	0,176	0,310	0,050	0,264
	S.p.	44	0,135	0,146	0,270	0,065	0,261
	H.c.	9	0,230	0,235	0,390	0,120	0,385
	H.s.	1	0,200	0,200	0,200	0,200	0,200
	Gesamt	88	0,160	0,167	0,390	0,050	0,323
Niedersachsen	P.s.	60	0,130	0,138	0,590	0,060	0,251
	S.p.	25	0,090	0,111	0,300	0,050	0,252
	H.c.	9	0,130	0,137	0,220	0,090	0,212
	(B.r.)	1	0,160	0,160	0,160	0,160	0,160
	Gesamt	95	0,120	0,131	0,590	0,050	0,265
Rheinland- Pfalz	P.s.	14	0,175	0,278	1,310	0,130	1,071
	S.p.	16	0,210	0,300	0,880	0,100	0,844
	H.c.	9	0,230	0,251	0,510	0,140	0,484
	Gesamt	39	0,190	0,281	1,310	0,100	0,983

Tabelle 10: Arsengehalte in Moosen in den Ländern und in Deutschland im Moos-Monitoring 2000 (Teil 2 von 2)

Land	Arten	n	Median [µg/g]	Mittelwert [µg/g]	Maximum [µg/g]	Minimum [µg/g]	98Perz. [µg/g]
Schleswig-Holstein	P.s.	8	0,140	0,148	0,230	0,100	0,223
	S.p.	10	0,135	0,135	0,280	0,080	0,258
	H.c.	23	0,160	0,177	0,420	0,100	0,358
	(B.r., R.s.)	9	0,240	0,312	0,590	0,130	0,588
	Gesamt	50	0,150	0,188	0,590	0,080	0,580
Saarland	P.s.	3	0,210	0,233	0,370	0,120	0,364
	S.p.	4	0,315	0,328	0,540	0,140	0,529
	Gesamt	7	0,280	0,287	0,540	0,120	0,520
Sachsen	P.s.	24	0,275	0,322	0,750	0,160	0,718
	S.p.	13	0,250	0,288	0,740	0,120	0,661
	H.c.	34	0,305	0,391	1,200	0,140	0,943
	(B.r.)	11	0,380	0,508	1,230	0,220	1,204
	Gesamt	82	0,300	0,370	1,230	0,120	1,138
Sachsen-Anhalt	P.s.	39	0,150	0,155	0,300	0,070	0,292
	S.p.	26	0,160	0,236	1,260	0,050	1,155
	H.c.	3	0,500	0,670	1,210	0,300	1,182
	(B.r., R.s., L.p.)	23	0,410	0,438	0,990	0,160	0,911
	Gesamt	91	0,160	0,267	1,260	0,050	1,082
Thüringen	P.s.	24	0,190	0,221	0,620	0,060	0,565
	S.p.	10	0,165	0,184	0,330	0,080	0,321
	H.c.	26	0,315	0,336	0,560	0,100	0,555
	(B.r., R.s., P.u.)	17	0,290	0,350	1,040	0,120	0,893
	Gesamt	77	0,240	0,284	1,040	0,060	0,599
Deutschland	P.s.	422	0,150	0,176	1,310	0,050	0,482
	S.p.	286	0,140	0,167	1,260	0,050	0,543
	H.c.	245	0,230	0,269	1,210	0,070	0,827
	HS	3	0,120	0,133	0,200	0,080	0,197
	(B.r., R.s., P.u., L.p.)	70	0,350	0,391	1,230	0,120	1,077
	Gesamt	1026	0,160	0,210	1,310	0,050	0,665

Abbildung 2: Mediane für Arsen im Moos-Monitoring 2000

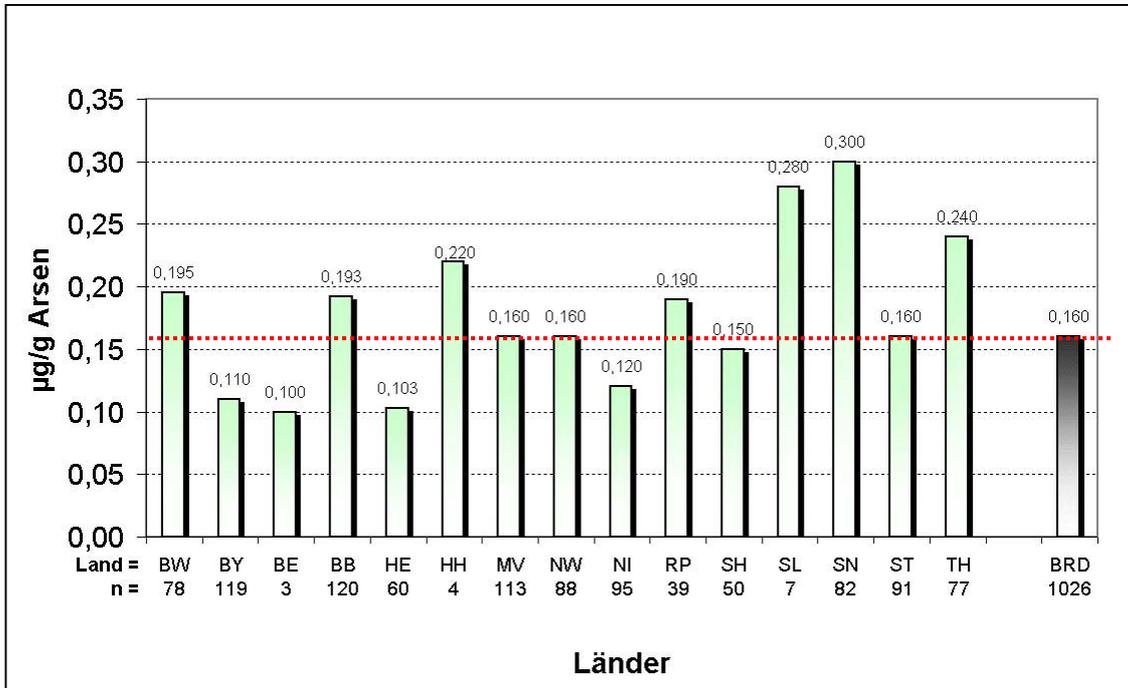
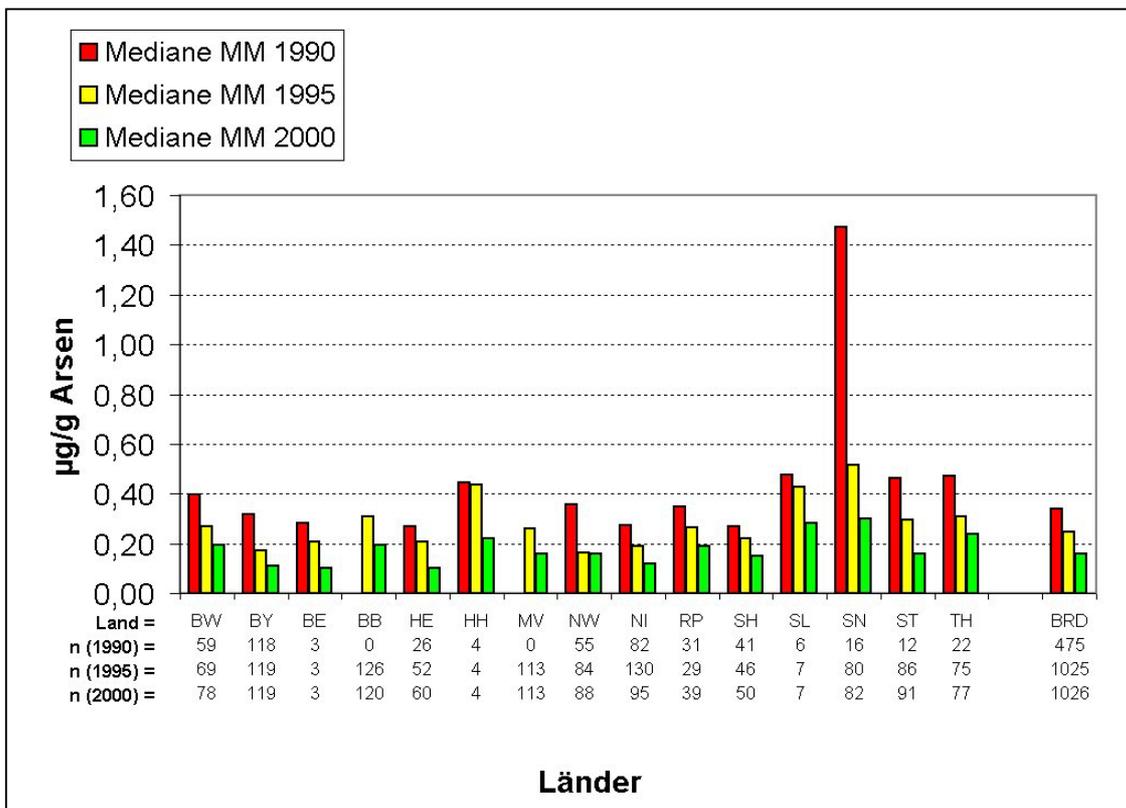


Abbildung 3: Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für Arsen



3.1.2 Cadmium

Allgemeines. Cadmium kommt als Mineral (z.B. als CdS) sehr selten vor. Hauptsächlich findet sich Cadmium in Zinkmineralen wie Zinkblende (ZnS) mit 0,1-2,0 % Cadmium und in Galmei (ZnCO₃) mit Werten bis zu 5 % Cd. Cadmium wird zu 95 % aus Nebenprodukten der Zinkverhüttung gewonnen. STOEPLER (1991) gibt im Mittel annähernd 3 kg Cadmium pro produzierter Tonne Zink an. Dünger-Phosphate weisen im Mittel Cadmiumgehalte von annähernd 15 µg/g auf (STOEPLER 1991).

In der Erdkruste sind durchschnittlich 0,13 µg/g Cd enthalten (RÖSLER & LANGE 1975). Die Cadmiumgehalte in fossilem organischen Material differieren stark. Für Steinkohle und Braunkohle werden mittlere Gehalte bis 2 µg/g Cd berichtet, während der Cadmiumgehalt von Rohöl mit < 1 µg/g gering ist (STOEPLER 1991). Nach MARKERT (1992) werden für Pflanzen mittlere Gehalte von 0,03-0,5 µg/g Cd angegeben. Die von MARKERT (1991) veröffentlichten Basisdaten für ein mittelbelastetes Moos (*Polytrichum commune*) in Zentraleuropa geben einen mittleren Gehalt von 0,2 µg/g Cd.

Cadmium-Emissionen sind vor allem auf Buntmetallproduktion und -verarbeitung (Zn-, Cu- und Pb-Erze), Verbrennung fossiler Brennstoffe und Müll sowie Eisen- und Stahlerzeugung zurückzuführen (NRIAGU & PACYNA 1988; STOEPLER 1991; ZIEMACKI et al. 1989). In der Nassdeposition variieren die Gehalte in ländlichen und hoch industrialisierten Gebieten von <0,05 µg/l bis 5 µg/l Cd. JOST (1984) berichtet von Cadmiumgehalten in der Trockendeposition in Deutschland und schätzt für ländliche Gebiete Depositionsraten von 0,5 µg/m² * d, für gering belastete Gebiete 2,0 µg/m² * d und für stark belastete Areale 6,0 µg/m² * d. SIEWERS & ROOSTAI (1990) ermittelten im Harz von November 1987 - Dezember 1989 Gesamtdepositionen (nass und trocken) für

Cadmium von $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ im Fichtenaltbestand und von $0,7 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$ im benachbarten Freiland.

Ergebnisse Moos-Monitoring 2000. Die im Moos-Monitoring 2000 an 1027 Standorten ermittelten Cadmiumgehalte liegen zwischen Werten von $0,07$ in Schleswig-Holstein und $1,525 \mu\text{g}/\text{g}$ in Nordrhein-Westfalen. Das bundesweite 98-Perzentil liegt bei $0,55 \mu\text{g}/\text{g}$ (\rightarrow Tab. 11). In Bezug auf den Vergleich der landesweiten Mediane liegt Nordrhein-Westfalen bedingt durch die Anhäufung von Metallhütten und metallverarbeitender sowie chemischer Industrie mit einem Faktor von $1,6$ über dem bundesdeutschen Schnitt. Alle anderen Medianwerte liegen nur dicht unter- bzw. oberhalb des bundesweiten Medians von $0,21 \mu\text{g}/\text{g}$ (\rightarrow Abb. 4). Der Box- und Whiskerplot im Anhang B.5 zeigt weiterhin, dass in einigen Ländern besonders hohe Extremwerte auftreten. Karte 9 und Anhang A.3.5 zeigen, dass diese Standorte mit Werten oberhalb des bundesweiten 98-Perzentils einerseits in eher unbelasteten Regionen, wie z.B. in Niedersachsen mit $1,06 \mu\text{g}/\text{g}$, isoliert auftreten. Andere Regionen, wie z.B. in Nordrhein-Westfalen (Ruhrgebiet) und Sachsen-Anhalt zeigen großräumig belastete Bereiche. Durch weitgehend niedrige Werte ($< 0,2 \mu\text{g}/\text{g}$) gekennzeichnet sind vor allem weite Gebiete in Bayern, Brandenburg sowie des nördlichen Sachsen-Anhalts.

Zeitliche Entwicklung. Gemessen an der Medianentwicklung in den drei bisherigen Moos-Monitoringkampagnen zeigt sich in den einzelnen Ländern keine kontinuierliche Abnahme des Cadmiumgehalts seit 1990 (\rightarrow Abb. 5). Die niedrigsten Medianwerte sind allerdings für alle Länder durchgehend im Moos-Monitoring 2000 anzutreffen. Lag der bundesdeutsche Median im Moos-Monitoring 1990 noch bei $0,288 \mu\text{g}/\text{g}$ und erhöhte sich dieser im Moos-Monitoring 1995 leicht auf $0,294 \mu\text{g}/\text{g}$, liegt dieser im Moos-Monitoring 2000 mit $0,21 \mu\text{g}/\text{g}$ weit unterhalb der bisherigen Messphasen. Diese Entwicklung findet sich auch bei einem Vergleich der drei interpolierten Flächenkarten wieder (\rightarrow Karten 7 bis 9). So lassen sich seit dem Moos-Monitoring 1990 durchgängig be-

lastete Regionen in Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg, Sachsen und Sachsen-Anhalt identifizieren, wobei die geringsten Stoffgehalte im Moos-Monitoring 2000 festgestellt werden können.

Vergleicht man das Auftreten hoch belasteter Standorte zwischen den drei Monitoringkampagnen, so lässt sich weiterhin festhalten, dass in Sachsen, wo im Moos-Monitoring 1995 noch weiträumig Standorte anzutreffen waren, die das 98-Perzentil überschritten, im Moos-Monitoring 2000 keine derart hochbelasteten Standorte wiedergefunden werden können (→ Anhang A.1.2, A.2.5 und A.3.5). Ein aufgrund vermuteter Bodenkontamination als nicht plausibel eingestuft erhöhter Cadmiumwert von 0,86 µg/g wurde nicht in die Betrachtung einbezogen (→ Kapitel 2.2.1).

Die abnehmende Intensität der Stoffgehalte findet sich des weiteren auch bei der Betrachtung der an den seit 1990 bzw. 1995 durchgängig beprobten Standorten wieder (→ Anhänge A.4.2 und A.5.5). Von den 382 in den Moos-Monitoring-Kampagnen 1990, 1995 und 2000 beprobten Standorten weisen 318 (= 83 %) 2000 geringere Werte auf als 1990. Diese Standorte sind weitgehend gleichmäßig über das ganze Bundesgebiet verteilt. In Sachsen und Schleswig-Holstein beträgt der maximale Rückgang der Cd-Konzentration in Moosen über 0,4 µg/g. Örtlich treten auch Zunahmen von über 0,4 µg/g auf, wobei das Maximum in Niedersachsen mit 0,822 µg/g zu finden ist. An den 879 zwischen 1995 und 2000 durchgängig beprobten Standorten zeigt sich mit einer Rückgangsrate von 83 % (= 725 Standorte) ein ähnliches Bild. Ein Rückgang von über 0,8 µg/g findet sich in Sachsen, während die maximale Zunahme wiederum an dem oben genannten Standort in Niedersachsen liegt (= 0,87 µg/g).





Tabelle 11: Cadmiumgehalte in Moosen in den Ländern und in Deutschland im Moos-Monitoring 2000 (Teil 1 von 2)

Land	Arten	n	Median [µg/g]	Mittelwert [µg/g]	Maximum [µg/g]	Minimum [µg/g]	98Perz. [µg/g]
Baden- Württemberg	P.s.	2	0,215	0,215	0,260	0,170	0,258
	H.c.	76	0,230	0,275	1,120	0,080	0,695
	Gesamt	78	0,230	0,273	1,120	0,080	0,690
Bayern	P.s.	88	0,150	0,151	0,350	0,080	0,248
	S.p.	23	0,160	0,162	0,280	0,110	0,240
	H.c.	6	0,201	0,186	0,230	0,135	0,228
	H.s.	2	0,315	0,315	0,520	0,110	0,512
	Gesamt	119	0,150	0,157	0,520	0,080	0,276
Berlin	S.p.	3	0,170	0,167	0,190	0,140	0,189
	Gesamt	3	0,170	0,167	0,190	0,140	0,189
Brandenburg	P.s.	82	0,190	0,200	0,420	0,110	0,314
	S.p.	34	0,180	0,194	0,310	0,120	0,290
	H.c.	3	0,200	0,212	0,245	0,190	0,243
	(B.r.)	2	0,230	0,230	0,270	0,190	0,268
	Gesamt	121	0,190	0,199	0,420	0,110	0,310
Hessen	P.s.	25	0,190	0,210	0,390	0,140	0,380
	S.p.	23	0,225	0,218	0,310	0,135	0,306
	H.c.	12	0,308	0,360	0,830	0,150	0,795
	Gesamt	60	0,220	0,243	0,830	0,135	0,638
Hamburg	P.s.	4	0,183	0,209	0,300	0,170	0,293
	Gesamt	4	0,183	0,209	0,300	0,170	0,293
Mecklenburg- Vorpommern	P.s.	16	0,200	0,203	0,280	0,140	0,271
	S.p.	55	0,220	0,220	0,380	0,130	0,299
	H.c.	35	0,260	0,283	0,590	0,160	0,549
	(B.r.)	7	0,240	0,281	0,500	0,140	0,492
	Gesamt	113	0,230	0,241	0,590	0,130	0,483
Nordrhein- Westfalen	P.s.	34	0,313	0,325	0,600	0,200	0,527
	S.p.	44	0,383	0,405	1,525	0,220	0,773
	H.c.	9	0,350	0,363	0,530	0,180	0,525
	H.s.	1	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250
	Gesamt	88	0,353	0,368	1,525	0,180	0,613
Niedersachsen	P.s.	60	0,190	0,220	1,060	0,110	0,418
	S.p.	25	0,200	0,228	0,570	0,090	0,464
	H.c.	9	0,290	0,328	0,650	0,230	0,605
	(B.r.)	1	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
	Gesamt	95	0,200	0,235	1,060	0,090	0,580
Rheinland- Pfalz	P.s.	14	0,230	0,246	0,400	0,170	0,379
	S.p.	16	0,225	0,303	0,980	0,110	0,839
	H.c.	9	0,280	0,319	0,560	0,130	0,558
	Gesamt	39	0,240	0,286	0,980	0,110	0,661

Tabelle 11: Cadmiumgehalte in Moosen in den Ländern und in Deutschland im Moos-Monitoring 2000 (Teil 2 von 2)

Land	Arten	n	Median [µg/g]	Mittelwert [µg/g]	Maximum [µg/g]	Minimum [µg/g]	98Perz. [µg/g]
Schleswig-Holstein	P.s.	8	0,165	0,180	0,280	0,140	0,270
	S.p.	10	0,180	0,188	0,290	0,110	0,283
	H.c.	23	0,220	0,237	0,550	0,070	0,519
	(B.r., R.s.)	9	0,260	0,283	0,380	0,160	0,380
	Gesamt	50	0,215	0,227	0,550	0,070	0,481
Saarland	P.s.	3	0,220	0,200	0,220	0,160	0,220
	S.p.	4	0,310	0,305	0,390	0,210	0,385
	Gesamt	7	0,220	0,260	0,390	0,160	0,380
Sachsen	P.s.	24	0,215	0,226	0,370	0,150	0,338
	S.p.	13	0,270	0,268	0,350	0,170	0,348
	H.c.	34	0,270	0,267	0,420	0,120	0,400
	(B.r.)	11	0,350	0,354	0,530	0,190	0,526
	Gesamt	82	0,260	0,267	0,530	0,120	0,473
Sachsen-Anhalt	P.s.	39	0,170	0,189	0,330	0,130	0,284
	S.p.	26	0,225	0,270	0,900	0,120	0,860
	H.c.	3	0,710	0,603	0,740	0,360	0,739
	(B.r., R.s., L.p.)	23	0,250	0,258	0,540	0,100	0,500
	Gesamt	91	0,200	0,243	0,900	0,100	0,756
Thüringen	P.s.	24	0,205	0,225	0,410	0,150	0,405
	S.p.	10	0,200	0,212	0,310	0,120	0,308
	H.c.	26	0,300	0,302	0,530	0,150	0,505
	(B.r., R.s., P.u.)	17	0,220	0,251	0,450	0,110	0,447
	Gesamt	77	0,230	0,255	0,530	0,110	0,470
Deutschland	P.s.	423	0,190	0,206	1,060	0,080	0,410
	S.p.	286	0,220	0,252	1,525	0,090	0,556
	H.c.	245	0,255	0,286	1,120	0,070	0,675
	HS	3	0,250	0,293	0,520	0,110	0,509
	(B.r., R.s., P.u., L.p.)	70	0,260	0,280	0,540	0,100	0,522
	Gesamt	1027	0,210	0,243	1,525	0,070	0,550

Abbildung 4: Mediane für Cadmium im Moos-Monitoring 2000

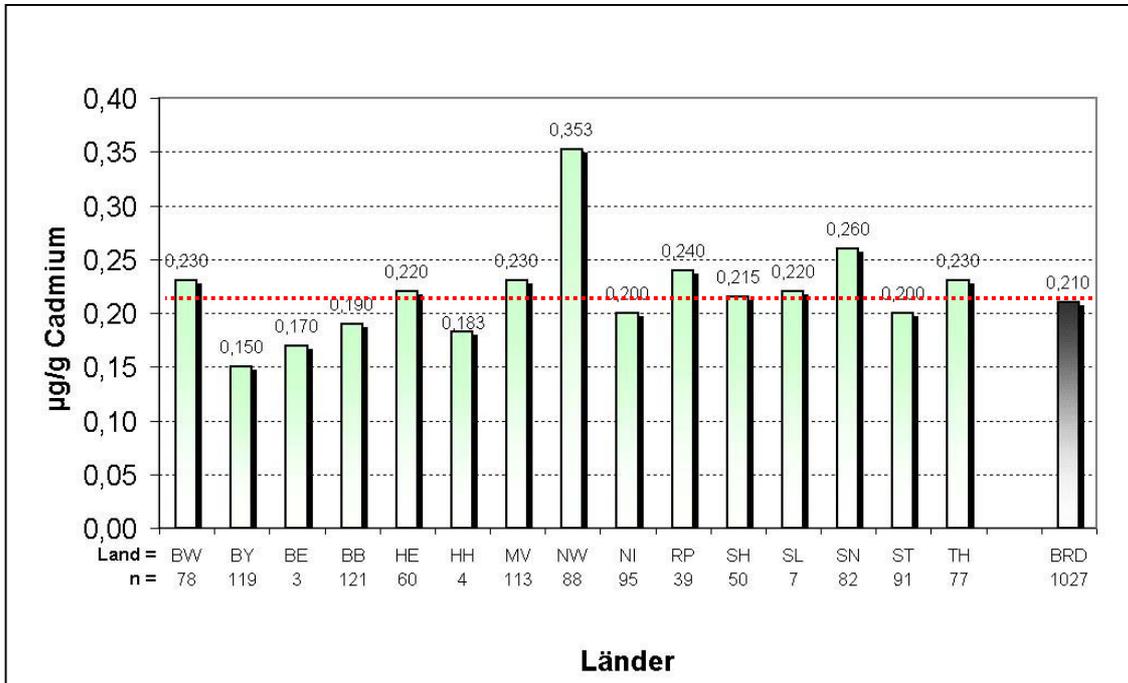


Abbildung 5: Medianvergleich des Moos-Monitorings 1990, 1995 und 2000 für Cadmium

