

### 3.2.11 Zusammenfassende Betrachtung

Die größten positiven Abweichungen (> 100%) der Mediane für die Elementkonzentrationen in den Ländern von den entsprechenden Medianen der Elementkonzentrationen in der Bundesrepublik Deutschland bestehen für die Elemente Arsen, Eisen und Titan und sind vor allem in den neuen Ländern zu finden. Besonders Sachsen weist für Titan und Arsen relative Abweichungen von >400% auf. Weiterhin zeigt Sachsen im Vergleich mit den anderen Ländern höhere relative Abweichungen bei den Elementen Chrom, Blei und Vanadium. Vermutlich sind die Konzentrationsanreicherungen dieser Elemente in den neuen Ländern durch die unzureichenden und fehlenden Filtertechniken in der Metallindustrie sowie im Energieversorgungsbereich (Braunkohle) und den daraus resultierenden Emissionen von schwermetallhaltigen Stäuben und Flugaschen zu erklären.

In den alten Ländern wurden generell höhere Elementmediane in Nordrhein-Westfalen, Saarland und Baden-Württemberg festgestellt und deuten auf die Vielzahl an metallverarbeitenden und chemischen Industriezweigen sowie Kohlekraftwerken in diesen Ländern hin. Insbesondere für Cadmium zeigt Nordrhein-Westfalen den höchsten Elementmedian. Berlin weist den höchsten Zinkmedian auf.

Als generalisierendes Ergebnis kann anhand der vorliegenden Daten gezeigt werden, daß für Sachsen und Nordrhein-Westfalen die höchsten Gesamtbelastungen bestehen. Weiterhin weisen vor allem das Saarland und Sachsen-Anhalt grundsätzlich erhöhte Elementmediane auf. Mit Ausnahme einiger lokaler Konzentrationsanreicherungen konnten in Bayern und Niedersachsen insgesamt geringere Gesamtbelastungen nachgewiesen werden.

Bei der Zugrundelegung des 80%-Wertebereiches (zwischen Minimum und Untergrenze des 80%-Wertebereiches liegen die untersten 10% der Werte, zwischen Obergrenze des 80%-Wertebereiches und Maximum die obersten 10%) zeigten sich hohe Variationsbreiten in den gefundenen Elementkonzentrationen (von 222% (Zn) bis 966% (Ti)), die die methodisch (Tab. 5) und artbedingten (Tab. 12) Schwankungen um ein vielfaches überschreiten und somit die mit Hilfe des Moosmonitorings gefundenen Belastungsunterschiede belegen (Tab. 24).

**Tab. 24:** 80%-Wertebereiche mit den entsprechenden Variationsbreiten (%) der ermittelten Elementkonzentrationen in der Bundesrepublik Deutschland. Es liegt der unkorrigierte Datensatz zugrunde.

	<b>n</b>	<b>80 %-Wertebereiche</b>	<b>Variationsbreiten (%)</b>
<b>As</b>	475	0,10.....0,57	570
<b>Cd</b>	475	0,21.....0,52	247
<b>Cr</b>	592	1,03.....3,89	377
<b>Cu</b>	592	5,87.....13,7	233
<b>Fe</b>	592	273.....1434	525
<b>Ni</b>	592	1,23.....4,46	362
<b>Pb</b>	591	8,92.....23,4	262
<b>Ti</b>	592	6,2.....59,9	966
<b>V</b>	592	1,53.....5,16	337
<b>Zn</b>	591	36.....80,1	222

### 3.3 Ergebnisse anderer europäischer Moosmonitoringprogramme

Zur Einordnung der deutschen Daten sind im Anhang E die Ergebnisse der Moosmonitoringprogramme anderer europäischer Staaten dargestellt. Aufgrund der differierenden Vorgehensweisen bei der Probenentnahme, der Probenvorbereitung, der Analytik sowie Unsicherheiten bei der Verwendung unterschiedlicher Moosarten sind die Daten unter Vorbehalt zu vergleichen.

Die entsprechenden Beurteilungen und Interpretationen sind dem europäischen Abschlußbericht zu entnehmen, der vom "Steering Body of Environmental Monitoring in the Nordic Countries" mit dem Titel "Atmospheric Heavy Metal Deposition in Europe - estimations based on moss analysis" herausgegeben wird (RÜHLING 1994).





**Beim Vergleich der Korrelationsmatrices läßt sich feststellen:**

Gut bis hoch korrelieren in allen Fällen die Elemente Chrom, Eisen und Vanadium und deuten auf das oft vergesellschaftete Vorkommen von Chrom und Vanadium in Eisenerzen und der damit verbundenen Emissionen bei Stahlproduktionsprozessen hin. Weitere relativ gute Korrelationen lassen sich in allen drei Matrices zwischen Vanadium und Blei feststellen. Dies ist möglicherweise durch Verarbeitung vanadiumreicher Bleierze (z.B. Vanadit) sowie durch die Verbrennung fossiler Energieträger (Kohle, Öl) und deren Verarbeitungsprodukte in Kraftfahrzeugen (Benzin, Diesel) und Heizungssystemen zu erklären. Daß in diesen Materialien bekanntermaßen Nickel in höheren Gehalten vorkommt, zeigt sich in relativ gut korrelierenden Beziehungen zu den genannten Elementen. Eine weitere gut korrelierende Kombination stellt Blei und Cadmium dar. Grundsätzlich zeigt Zink geringe Korrelationskoeffizienten mit fast allen gegenübergestellten Elementen. Eine Ausnahme bildet die relativ gute Korrelation zwischen Zink und Cadmium, was auf die enge natürliche Vergesellschaftung dieser Elemente in Zinkerzen hinweist.

Bei weiterführenden Vergleichen zwischen den Korrelationsmatrices der verschiedenen Untersuchungsgebiete können deutliche Unterschiede festgestellt werden. Arsen zeigt in den alten Bundesländern (Tab. 25) bei einigen Elementkombinationen bedeutend geringere Korrelationskoeffizienten von  $r=0,20$  bis  $r=0,39$  gegenüber deutlich höheren Koeffizienten von  $r=0,59$  bis  $r=0,89$  in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (Tab. 26). Insbesondere ist dies bei den Elementen Chrom, Kupfer, Eisen, Nickel, Titan und Vanadium festzustellen. Außerdem sind in diesen Ländern die Elementkombinationen Cr/Fe, Cr/V, Fe/Ti, Fe/V und Ti/V mit Korrelationskoeffizienten von  $r > 0,80$  auffällig. Bezieht man die Korrelationsmatrix der nordöstlichen DDR (Tab. 27) in die Betrachtung ein, lassen sich auch hier die vorher genannten hoch korrelierenden Elementkombinationen wiederfinden. Aluminium zeigt signifikante Korrelationen mit Chrom ( $r=0,86$ ), Eisen ( $r=0,92$ ) und Titan ( $r=0,92$ ). Nach DÄSSLER & BÖRTITZ 1988 sind vor allem Al- und Fe- Verbindungen Hauptbestandteile von Flugaschen aus der Braunkohleverfeuerung.

Unterschiedliche Ergebnisse sind beim Vergleich der beiden Probenentnahmen in Ostdeutschland (Tab. 26, 27) bezüglich des Bleis festzustellen. Hier zeigen sich 1990 deutlich höhere Korrelationskoeffizienten zwischen Blei und den anderen Elementen. Möglicherweise beeinflussen hier die Standorte in Brandenburg (Lausitz) und Ostsachsen mit hoher Dichte an Braunkohlekraftwerken und Eisenverhüttungsindustrie den Koeffizienten, wohingegen 1991/92 einige hochbelastete Standorte in Sachsen im Bereich von Buntmetallansiedlungen lokalisiert sind. Hier zeigt besonders Blei und Cadmium mit  $r=0,72$  eine relativ gute Korrelation.

Insgesamt ist bei der Gegenüberstellung aller drei Matrices festzustellen, daß vermutlich neben dem Einfluß metallverarbeitender Industrien in den östlichen Gebieten der Bundesrepublik Deutschland die Braunkohlenverfeuerung in Kraftwerken und privaten Haushalten die Koeffizienten hochladen. Der filterlos bedingte hohe Ausstoß an Ruß, Stäuben und Flugaschen und der darin enthaltende hohe Anteil an Eisen, Titan, Aluminium, Arsen, Blei und Vanadium läßt auf diesen Einflußfaktor schließen.