

3.1.7 Blei (allgemeine Hinweise)

Der mittlere Bleigehalt der Erdkruste wird auf 16 $\mu\text{g/g}$ geschätzt (RÖSLER & LANGE 1975). Als wichtige Bleiminerale gelten Bleiglanz (PbS), Bleikarbonat (PbCO_3) und Bleisulfat (PbSO_4). Bleiglanz kommt mit Zinkmineralen, mit Kupfer-, Eisen-, Cadmium- und anderen Erzmineralen vor. In der Umgebung bleiverarbeitender Industrien wurden im Oberboden bis zu 20.000 $\mu\text{g/g}$ Pb gemessen. Normale Böden enthalten durchschnittlich 10-40 $\mu\text{g/g}$ Pb (EWERS & SCHLIPKÖTER 1991). In Pflanzen variieren die Gehalte im Durchschnitt von 0,1-5 $\mu\text{g/g}$ (MARKERT 1992). Für ein mittelbelastetes Moos (*Polytrichum commune*) in Zentraleuropa wird ein Grundgehalt von 10 $\mu\text{g/g}$ Pb geschätzt (MARKERT 1991). Ökotoxikologisch wichtig sind die Blei(II)salze und Organoblei-Verbindungen wie Pb-tetraethyl und Pb-tetramethyl (STREIT 1991).

Der Hauptteil an Blei-Emissionen resultiert aus der Verbrennung von verbleitem Benzin (Pb-tetramethyl und Pb-tetraethyl als Antiklopfmittel). Nach EWERS & SCHLIPKÖTER 1991 sind über 90% der atmosphärischen Blei-Emissionen auf den Autoverkehr zurückzuführen. Zur Blei-Emission aus Kraftfahrzeugen in den neuen Ländern wird vermutet, daß die Werte über denen der alten Länder liegen, da der Kraftstoff in den neuen Ländern einen hohen Bleianteil aufwies (PETSCHOW et al. 1990). Blei ist ferner in Kohle enthalten. Insbesondere bei der Verbrennung stark schwefelhaltiger Kohlen wird Blei emittiert (ZIEMACKI et al. 1989). Weitere Quellen sind die Eisen- und Stahlindustrie, die Verhüttung von Blei-, Kupfer- und Zinkerzen sowie Verwehungen von kontaminiertem Bodenmaterial in der Nähe bleiverarbeitender Industrien (NRIAGU & PACYNA 1988; EWERS & SCHLIPKÖTER 1991). Da der Kraftfahrzeugverkehr die Hauptmenge des atmosphärischen Bleis liefert, ist der Bleigehalt der Luft in urban-industriel-

len Gebieten bedeutend höher als in abgelegenen ländlichen Gebieten. Viele europäische Städte zeigen im jährlichen Mittel 0,5-3 $\mu\text{g/m}^3$ gegenüber 0,1-0,3 $\mu\text{g/m}^3$ Pb in abgelegenen Gebieten (ZIEMACKI et al. 1989). In Grönland und der Antarktis wurden jährliche Durchschnitts-Depositionsraten von unter 1 $\mu\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$ Pb festgestellt. In ländlichen Bereichen Europas und Nordamerikas konnten 20-80 $\mu\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$, in großen Städten 1,5-10 mal höhere Depositionsraten nachgewiesen werden. Im Niederschlag Westdeutschlands wurden Bleikonzentrationen von 15 - 50 $\mu\text{g Pb/l}$ mit einer Naßdepositionrate von etwa 30 $\mu\text{g Pb/m}^2 \cdot \text{d}$ in ländlichen Gebieten, 50 $\mu\text{g Pb/m}^2 \cdot \text{d}$ in urbanen Bereichen und 100-150 $\mu\text{g Pb/m}^2 \cdot \text{d}$ in Regionen mit Metallindustrie festgestellt (VALENTA et al. 1986). SIEWERS & ROOSTAI (1990) ermittelten im Harz von November 1987 - Dezember 1989 Gesamtdepositionen (naß und trocken) für Blei von 139 $\mu\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$ im Fichtenaltbestand und von 46 $\mu\text{g/m}^2 \cdot \text{d}$ im benachbarten Freiland.

Blei in Moosen:

Erhöhte Bleigehalte wurden großflächig in industrialisierten Gebieten des Ruhrgebiets, Baden-Württembergs und Sachsens festgestellt. Lokale Punktquellen zeigen sich um Nordenham und Stuttgart. Die höchsten Gehalte in Sachsen liegen im Bereich der Verhüttungsindustrie von Blei- und Zinkerzen. Weiträumig geringe Bleigehalte wurden in Bayern, Sachsen-Anhalt und Mecklenburg-Vorpommern nachgewiesen (Abb. 24b). Die Bleiwerte in Moosen in Deutschland variieren insgesamt von 1,7 $\mu\text{g/g}$ bis 78 $\mu\text{g/g}$ Pb mit einem Median von 7,7 $\mu\text{g/g}$. Das 98 Perzentil liegt bei 29 $\mu\text{g/g}$ Pb.

Tab. 12 enthält die Zusammenfassung der Bleigehalte in Moosen in den Ländern.

Wie aus Abb. 25 ersichtlich, zeigen Hamburg, Saarland und Nordrhein-Westfalen die höchsten

Abb. 24 a : Blei-Gehalte in Moosen

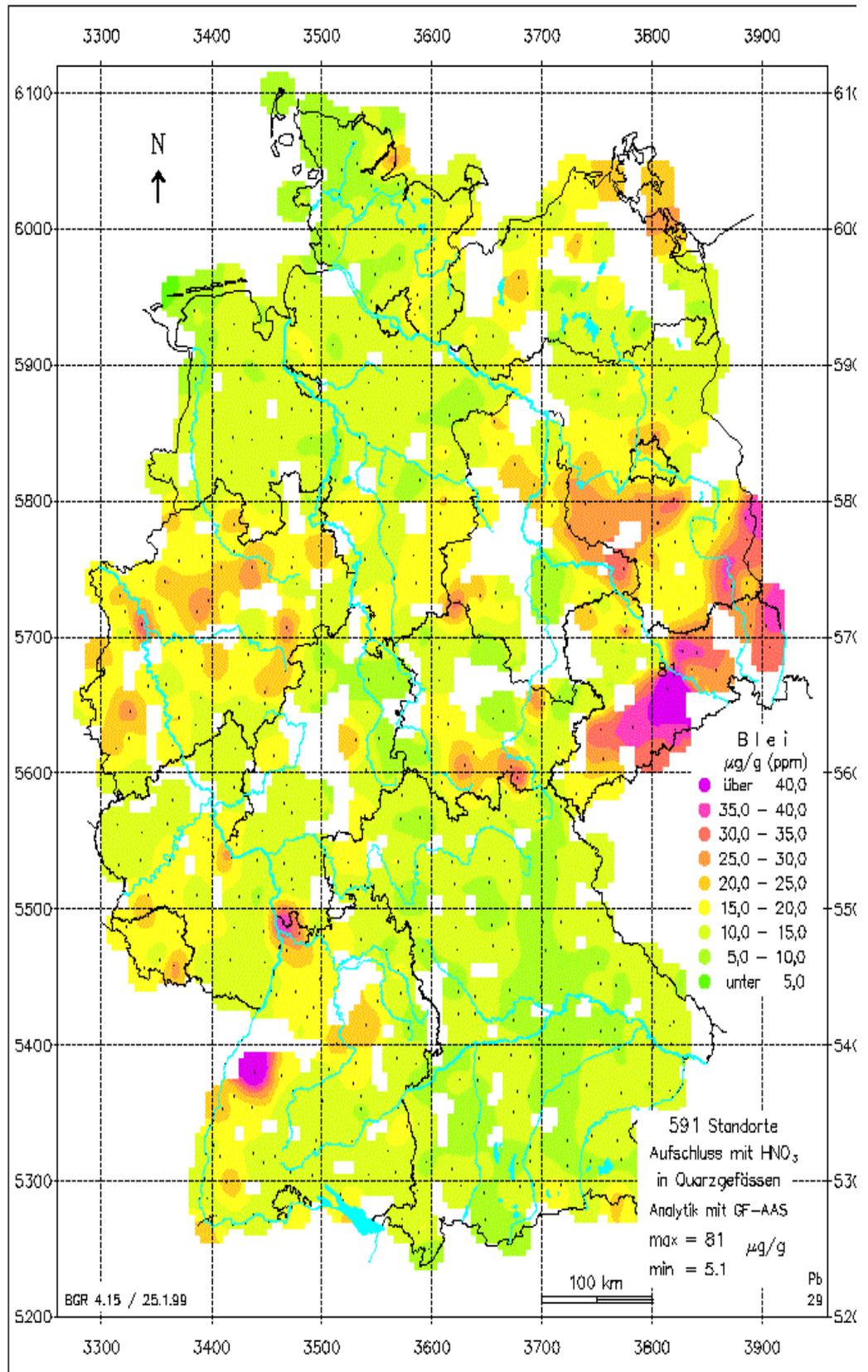
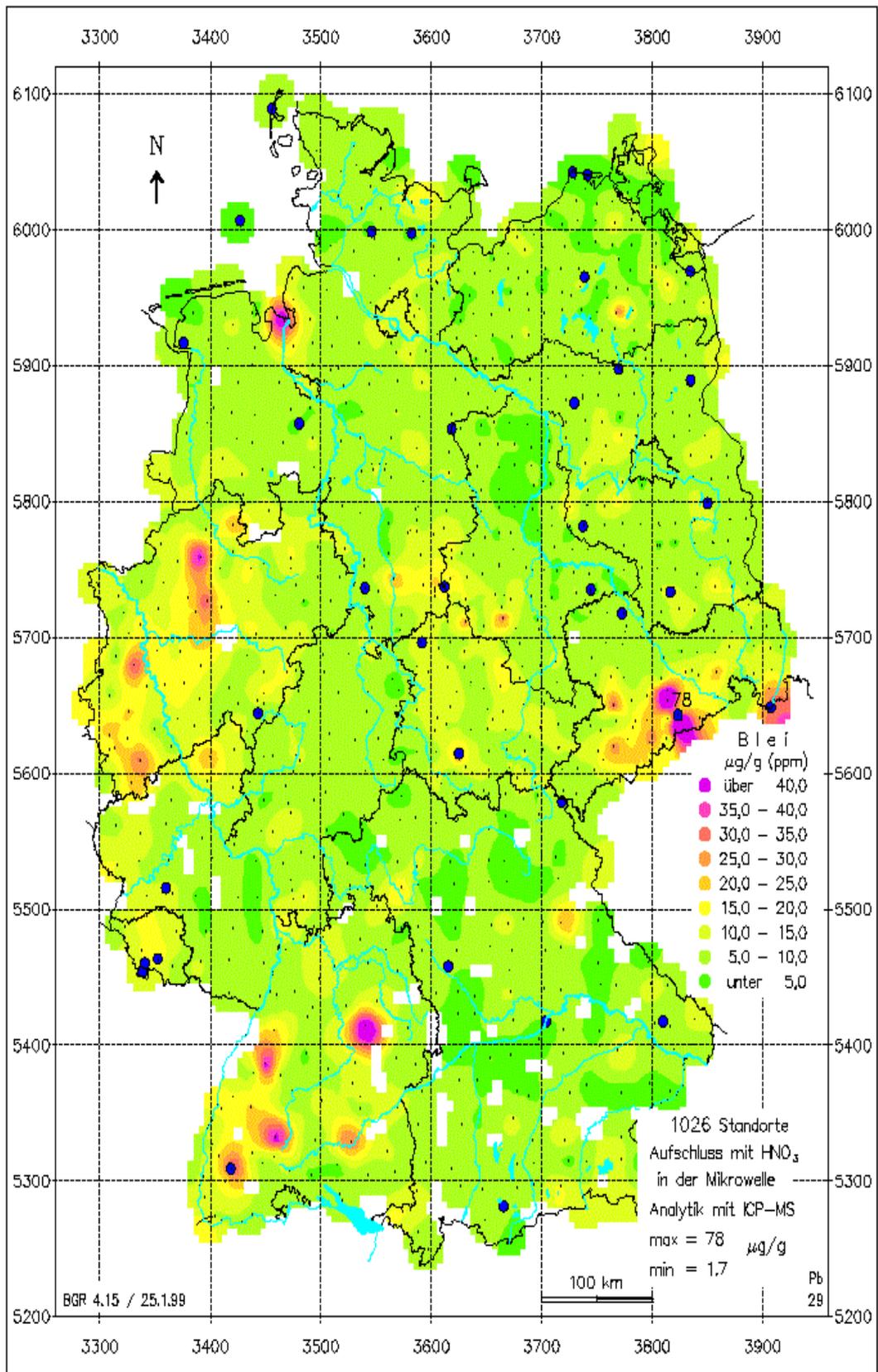


Abb. 24 b: Blei-Gehalte in Moosen

Moos – Monitoring 1995/96



● UBA Standorte : Luft-Messnetz und Umweltprobenbank

UBA F+E 10802087/01

Abweichungen vom Median aller Bleiwerte Deutschlands. Deutlich darunter liegen die Mediane für Blei in Bayern, Mecklenburg-Vorpommern und Sachsen-Anhalt.

Grundsätzlich wurden 1995/96 verglichen mit 1990/91 vor allem im Ruhrgebiet, in Baden-Württemberg und in Sachsen wiederum erhöhte Gehalte festgestellt, wobei sich das Ausmaß der Ausbreitung merklich verringert hat. Auch punktuell erhöhte Bleiwerte wie in Baden-Württemberg und Sachsen wurden 1995/96 an denselben Standorten wiedergefunden (Abb. 24a). Der

1990/91 im Bereich Freiberg/Aue ermittelte Maximalwert von 80 µg/g Pb wurde 1995/96 durch einen Maximalwert von 78 µg/g bestätigt.

In Abb. 26 wird deutlich, daß fast alle Länder im Medianvergleich 1995/96 zu 1990/91 bedeutende Rückgänge in den Medianen aufweisen. Besonders ausgeprägt zeigt sich diese Entwicklung in den neuen Ländern. Nur für Hamburg wurde eine leichte Zunahme nachgewiesen. Insgesamt hat der Median für Blei in Deutschland 1995/96 gegenüber 1990/91 (korrigiert) um 41% abgenommen (s. Kap. 3.3).

Tab. 12: **Blei-Gehalte in Moosen** in den Ländern und in Deutschland.

Gehalte in µg/g TS (ppm) als Median, arithmetischer Mittelwert, Maximum und Minimum.

Moosarten: *Pleurozium schreberi* (Ps), *Scleropodium purum* (Sp), *Hypnum cupressiforme* (Hc), *Hylocomium splendens* (H.s.) und sonstige Arten.

Länder	Arten	n	Median	Mittelwert	Maximum	Minimum
Schleswig-Holstein	Ps	11	6.64	7.25	11.2	5.07
	Sp	18	6.27	6.34	7.99	3.57
	Hc	13	9.31	10.2	16.7	4.82
	sonstige	4	5.46	5.85	9.84	2.64
	Gesamt	46	7.07	7.61		
Hamburg	Ps	4	14.2	13.9	15.7	11.4
Niedersachsen	Ps	84	8.51	9.28	24.7	3.06
	Sp	27	6.56	6.92	17.3	2.86
	Hc	6	12.4	13.5	23.3	8.19
	sonstige	9	8.76	12.7	45.8	4.14
	Gesamt	126	8.16	9.22		
Nordrhein-Westfalen	Ps	33	11.4	11.6	23.0	5.06
	Sp	46	12.0	13.2	35.8	4.15
	Hc	4	30.3	29.9	41.6	17.3
	Hs	1	8.87	8.87		
	Gesamt	84	11.9	13.3		
Hessen	Ps	23	7.04	7.27	12.9	4.88
	Sp	21	6.81	6.66	11.2	2.93
	Hc	7	11.7	11.2	16.3	6.48
	sonstige	1	8.08	8.08		
	Gesamt	52	7.25	7.56		
Rheinland-Pfalz	Ps	18	7.44	8.92	17.9	4.80
	Sp	9	6.05	6.84	13.5	3.46
	Hc	2	11.2	11.2	12.2	9.93
	sonstige	2	17.5	17.5	23.3	11.7
	Gesamt	31	7.70	9.00		

Tab. 12: (Fortsetzung) **Blei-Gehalte in Moosen.**

Länder	Arten	n	Median	Mittelwert	Maximum	Minimum
Baden- Württemberg	Ps	4	6.99	6.77	8.34	4.76
	Sp	1	5.30	5.30		
	Hc	69	9.30	12.2	48.0	3.41
	Gesamt	74	9.26	11.9		
Bayern	Ps	80	6.57	7.38	24.2	2.17
	Sp	30	5.01	5.68	13.1	2.50
	Hc	5	11.0	10.9	20.3	4.00
	Hs	4	4.45	6.00	11.3	3.81
	Gesamt	119	6.00	7.10		
Saarland	Ps	3	11.1	12.6	17.2	9.47
	Sp	4	13.9	13.8	18.6	8.58
	Gesamt	7	12.4	13.3		
Berlin	Sp	3	8.84	8.21	8.99	6.80
Brandenburg	Ps	75	7.77	8.44	19.9	1.67
	Sp	42	7.38	7.63	14.3	2.92
	Hc	7	11.4	12.1	16.3	7.72
	sonstige	2	9.78	9.78	10.9	8.65
	Gesamt	126	7.70	8.40		
Mecklenburg- Vorpommern	Ps	24	5.47	5.96	10.3	4.23
	Sp	71	5.13	5.35	12.6	2.74
	Hc	12	12.1	13.4	31.0	3.76
	Hs	5	12.6	12.8	17.8	8.74
	sonstige	1	9.30	9.30		
	Gesamt	113	5.54	6.70		
Sachsen	Ps	40	8.87	9.14	19.3	4.12
	Sp	11	7.15	7.18	11.0	4.16
	Hc	22	16.9	24.2	77.9	8.29
	sonstige	7	23.9	24.9	40.8	8.77
	Gesamt	80	9.61	14.4		
Sachsen - Anhalt	Ps	38	5.71	6.92	33.0	3.73
	Sp	27	5.56	6.47	16.4	3.71
	Hc	3	8.69	8.28	9.50	6.66
	sonstige	18	8.09	8.88	20.5	3.54
	Gesamt	86	6.00	7.20		
Thüringen	Ps	27	9.86	10.4	19.0	4.72
	Sp	16	8.41	8.13	13.1	5.28
	Hc	24	11.6	12.0	26.5	4.72
	sonstige	8	9.64	13.4	29.1	6.86
	Gesamt	75	9.70	10.7		
Deutschland	Gesamt	1026	7.7	9.3	78	1.7

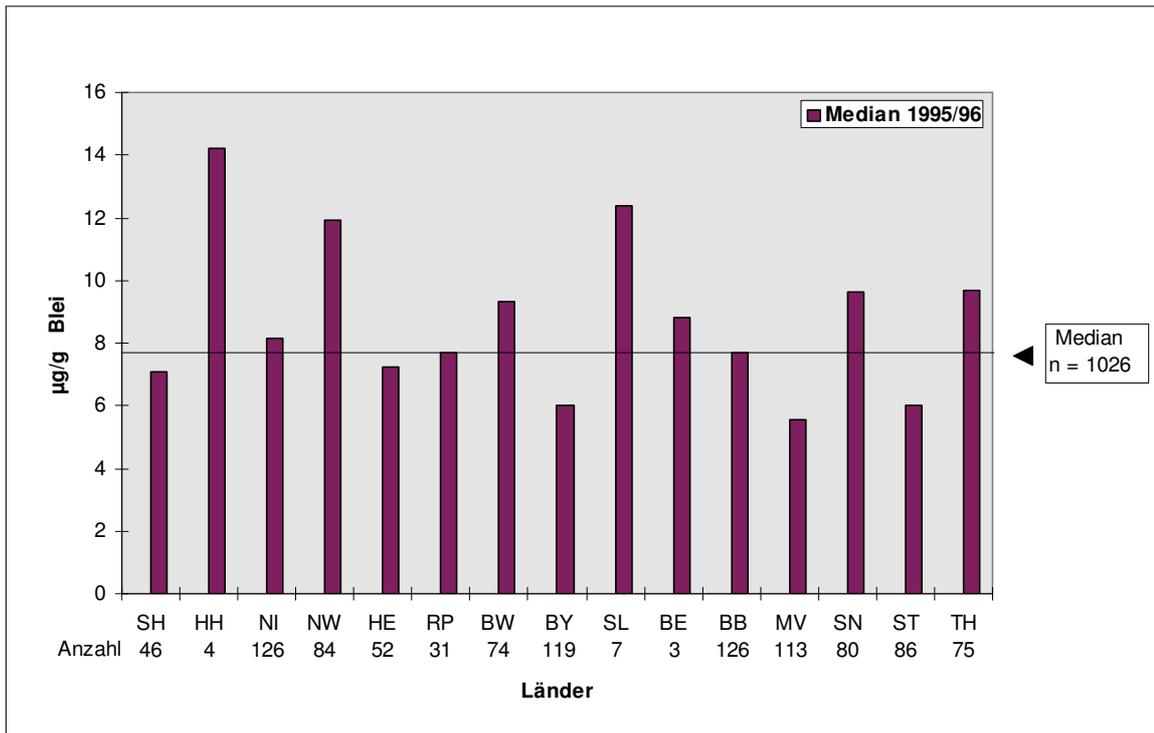


Abb. 25 Mediane (µg/g) für Blei (Pb) in den Ländern und in Deutschland.

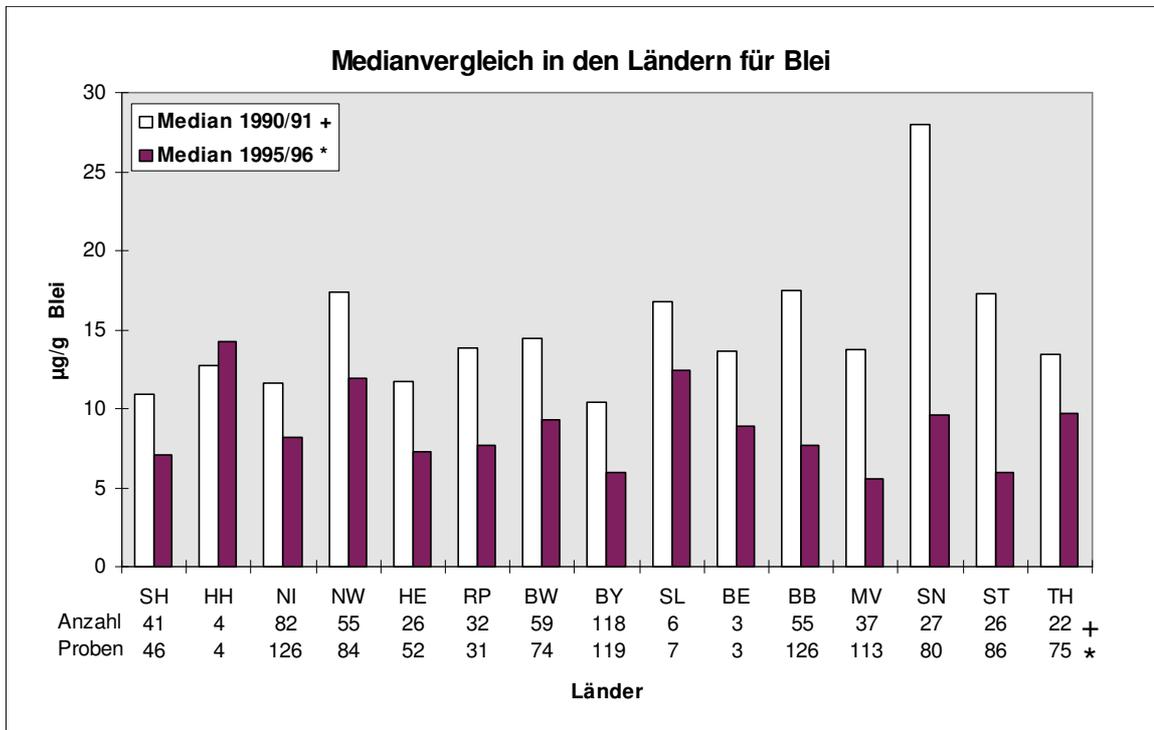


Abb. 26: Mediane (µg/g) für Blei und die Anzahl der Proben aus 1990/91 (+) und 1995/96 (*) in den Ländern.

3.1.8 Titan (allgemeine Hinweise)

Titan ist ein weit verbreitetes Element und kommt in der Erdkruste mit einem Anteil von 0,45 % vor (RÖSLER & LANGE 1975). In Oberböden von Lateriten können bis zu 15 % Titan enthalten sein (STREIT 1991). Die wichtigsten Titanminerale sind Ilmenit (35-60% TiO₂) und Rutil (TiO₂). Viele Eisenerze sind mit Titan vergesellschaftet. Nach BOWEN (1979) enthält Braunkohle 150-1100 µg/g Ti. Braunkohlen ostelbischer Kohlereviere zeigen im Mittel 2000 (170-7700) µg/g Ti (DARBINJAN 1988).

Der durchschnittliche Gehalt in Pflanzen wird mit 0,02-56 µg/g Ti angegeben (MARKERT 1992). Der Grundgehalt in einem mittelbelasteten Moos (*Polytrichum commune*) in Zentraleuropa wird auf 8 µg/g Ti geschätzt (MARKERT 1991).

Titan-Emissionen sind vor allem auf die Verarbeitung titan- und eisenreicher Erze, Kohleverbrennung (Flugasche, Staub), Müllverbrennung sowie auf Verwehungen von Bodenmaterial zurückzuführen. Aufgrund einer Teilchengröße von 20 µm wird Titandioxid als Staubbelaugung eingestuft (STREIT 1991).

Titan in Moosen:

Großflächig erhöhte Titangehalte zeigen sich in weiten Teilen Ostdeutschlands besonders in den süd/südöstlichen Regionen. Darüber hinaus wurden über ganz Deutschland verteilt Punktquellen nachgewiesen. Insbesondere in Hessen und im Bereich Nordenham an der Wesermündung wurden lokal sehr hohe Werte festgestellt. Grundsätzlich sind die erhöhten Titangehalte auf Eisenindustrie und Braunkohlenutzung zurückzuführen. In Einzelfällen können zudem geogene Quellen (Verwehungen, Erosion) verantwortlich sein. Geringe Gehalte wurden flächendeckend in Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen,

Rheinland-Pfalz, Bayern und Baden-Württemberg festgestellt (Abb. 27b). Die Titangehalte in Moosen in Deutschland reichen von 4,7 µg/g bis 235 µg/g Ti mit einem Median von 21,8 µg/g. Das 98 Perzentil liegt bei 92 µg/g Ti.

Tab. 13 enthält die Zusammenfassung der Titangehalte in Moosen in den Ländern.

Nach Abb. 28 wurden die höchsten Abweichungen vom Median aller Titanwerte in Deutschland vorwiegend in den neuen Ländern und in Hamburg ermittelt. Unterhalb des Medians für alle Titanwerte liegen bis auf Schleswig-Holstein, Berlin und Hessen die in den alten Ländern ermittelten Mediane.

In vielen Fällen wurden die in 1990/91 ermittelten großflächigen Titanausbreitungen insbesondere in Ostdeutschland in 1995/96 wiedergefunden, allerdings mit vergleichsweise geringeren Gehalten (Abb. 27a). Demgegenüber wurden in einigen Ländern (z. B. Bayern, Baden-Württemberg und Hessen) Areale gefunden, die gegenüber 1990/91 höhere Gehalte aufweisen. Gegenüber einem maximalen Wert von 263 µg/g Ti (korrigiert: 300 µg/g Ti) im Bereich von Nordenham (Wesermündung) wurde das Maximum 1995/96 mit 235 µg/g Ti in Hessen bestimmt. Im Umfeld von beiden genannten Standorten wurden sowohl 1990/91 als auch 1995/96 sehr hohe Titangehalte nachgewiesen.

Abb. 29 verdeutlicht, daß beim Medianvergleich in den Ländern zwischen 1990/91 und 1995/96 besonders die neuen Länder starke Rückgänge verzeichnen. Auch die alten Länder zeigen bis auf Hamburg rückläufige Tendenzen. Insgesamt konnte für den Median aller Titanwerte in Deutschland gegenüber 1990/91 (korrigiert) eine Abnahme von 23 % in 1995/96 ermittelt werden (s. Kap. 3.3).

Abb. 27 a : Titan-Gehalte in Moosen

Moos - Monitoring 1990/91 (korrigiert)

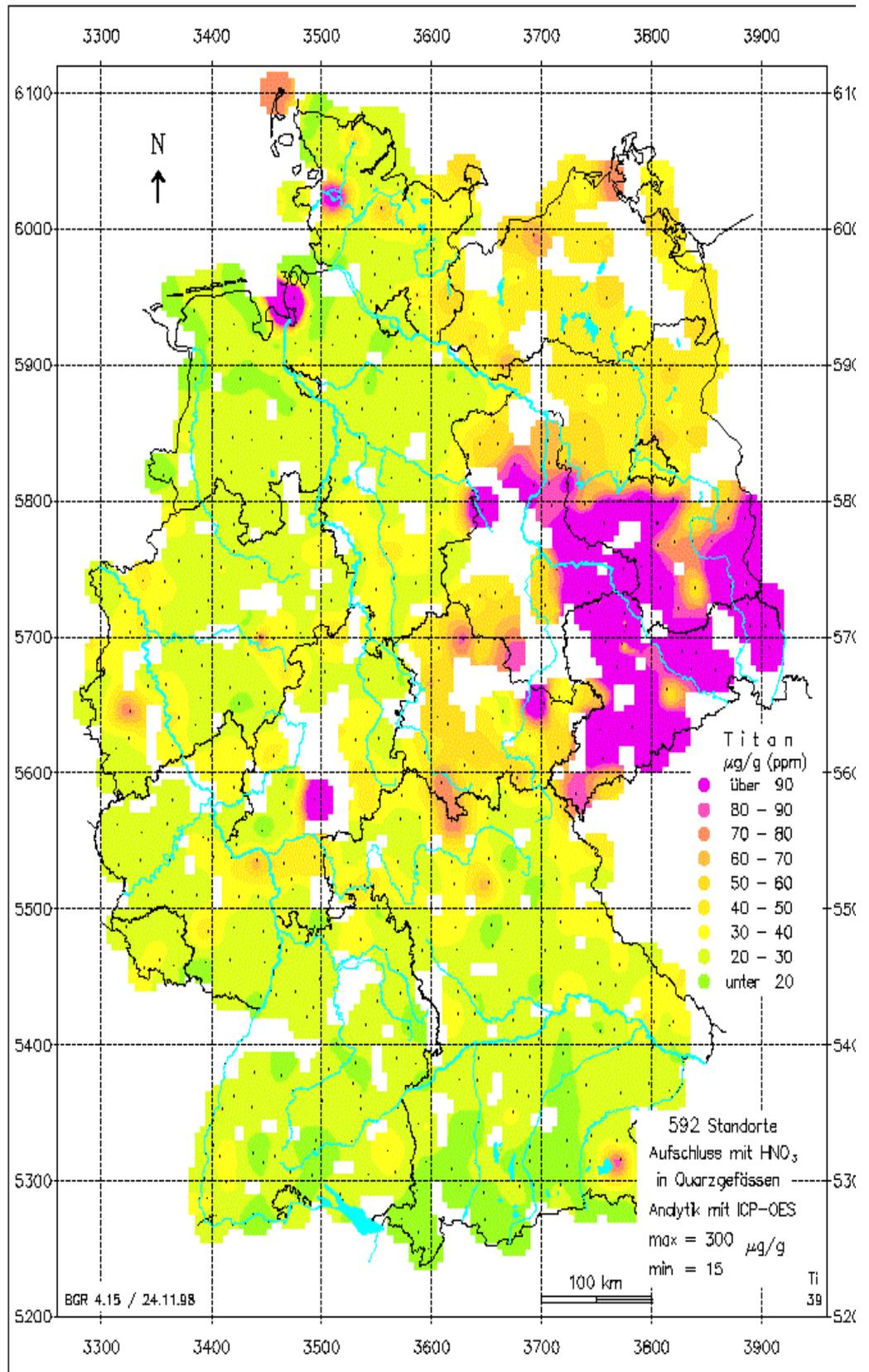
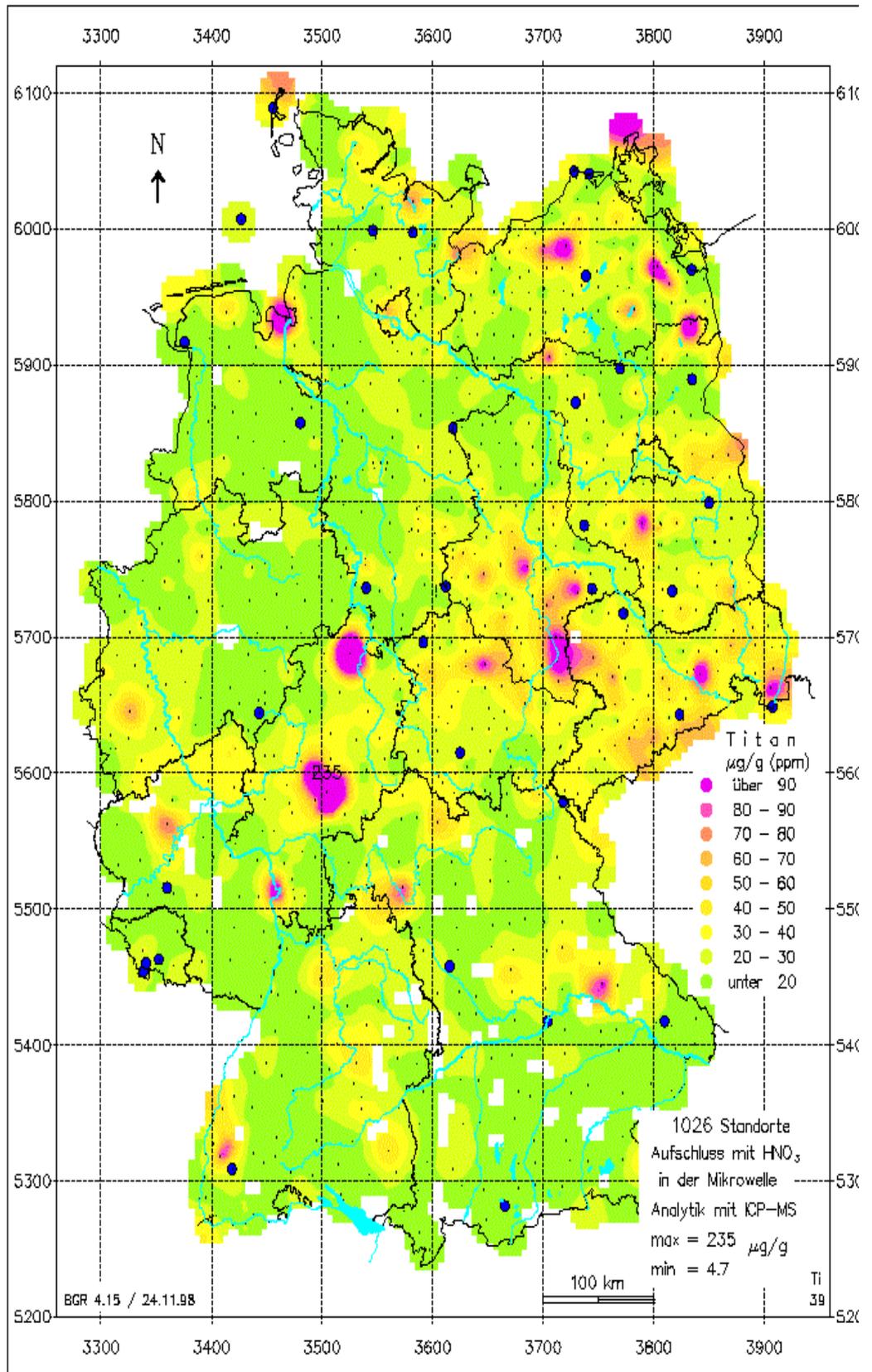


Abb. 27 b : Titan-Gehalte in Moosen

Moos – Monitoring 1995/96



● UBA Standorte : Luft-Messnetz und Umweltprobenbank

UBA F+E 10802087/

Tab. 13: **Titan-Gehalte in Moosen** in den Ländern und in Deutschland.

Gehalte in µg/g TS (ppm) als Median, arithmetischer Mittelwert, Maximum und Minimum.

Moosarten: *Pleurozium schreberi* (Ps), *Scleropodium purum* (Sp), *Hypnum cupressiforme* (Hc), *Hylocomium splendens* (H.s.) und sonstige Arten.

Länder	Arten	n	Median	Mittelwert	Maximum	Minimum
Schleswig-Holstein	Ps	11	22.3	27.0	71.0	9.8
	Sp	18	25.3	27.5	79.2	9.5
	Hc	13	25.6	29.8	78.4	12.4
	sonstige	4	15.4	18.0	26.3	14.7
	Gesamt	46	23.2	27.0		
Hamburg	Ps	4	32.0	39.0	69.7	22.4
Niedersachsen	Ps	84	17.2	19.2	47.0	5.4
	Sp	27	15.5	21.1	120	7.2
	Hc	6	24.1	26.5	46.5	15.1
	sonstige	9	26.0	38.3	142	15.8
	Gesamt	126	17.0	21.0		
Nordrhein-Westfalen	Ps	33	14.7	17.0	37.1	7.7
	Sp	46	19.4	21.3	70.1	10.1
	Hc	4	29.5	31.1	43.6	21.7
	Hs	1	18.3	18.3		
	Gesamt	84	17.8	20.0		
Hessen	Ps	23	21.2	28.8	197	11.5
	Sp	21	24.8	42.3	235	12.5
	Hc	7	29.1	33.7	66.5	17.5
	sonstige	1	113	113		
	Gesamt	52	24.1	36.6		
Rheinland-Pfalz	Ps	18	15.0	17.2	40.8	8.3
	Sp	9	17.5	25.9	76.8	10.0
	Hc	2	24.2	24.2	35.1	13.2
	sonstige	2	36.9	36.9	37.0	36.8
	Gesamt	31	16.4	21.3		
Baden-Württemberg	Ps	4	9.6	11.4	18.1	8.4
	Sp	1	29.1	29.1		
	Hc	69	19.5	22.9	92.4	8.1
	Gesamt	74	19.1	22.4		
Bayern	Ps	80	16.8	19.3	94.9	7.1
	Sp	30	18.6	21.9	62.0	5.1
	Hc	5	22.5	33.1	86.0	12.5
	Hs	4	14.6	17.0	25.3	13.6
	Gesamt	119	16.9	20.5		
Saarland	Ps	3	12.5	12.3	15.4	8.9
	Sp	4	21.3	22.1	31.4	14.2
	Gesamt	7	15.4	17.8		

Tab. 13: (Fortsetzung) **Titan-Gehalte in Moosen**

Länder	Arten	n	Median	Mittelwert	Maximum	Minimum
Berlin	Sp	3	22.4	23.0	27.4	19.1
Brandenburg	Ps	75	23.7	26.8	113	4.7
	Sp	42	29.4	30.9	91.2	9.9
	Hc	7	32.3	36.6	68.0	21.7
	sonstige	2	1105	110	150	68.9
	Gesamt	126	26.4	30.0		
Mecklenburg-Vorpommern	Ps	24	19.7	21.6	43.6	9.2
	Sp	71	19.8	24.0	132	9.8
	Hc	12	31.5	42.8	86.8	18.2
	Hs	5	50.9	76.4	175	18.0
	sonstige	1	92.4	92.4		
	Gesamt	113	21.3	28.4		
Sachsen	Ps	40	32.3	35.1	143	12.5
	Sp	11	33.6	34.1	77.0	14.7
	Hc	22	39.4	44.2	82.0	21.8
	sonstige	7	64.9	71.1	117	53.8
	Gesamt	80	35.3	40.6		
Sachsen - Anhalt	Ps	38	19.1	22.5	65.6	11.0
	Sp	27	31.9	35.4	77.0	17.3
	Hc	3	57.7	61.1	99.8	25.9
	sonstige	18	47.9	55.8	108	26.7
	Gesamt	86	26.9	34.7		
Thüringen	Ps	27	21.6	23.7	39.0	8.3
	Sp	16	29.6	30.8	55.9	16.0
	Hc	24	31.0	34.2	70.1	14.2
	sonstige	8	36.5	43.1	101	19.2
	Gesamt	75	28.9	30.7		
Deutschland	Gesamt	1026	21.8	27.4	235	4.7

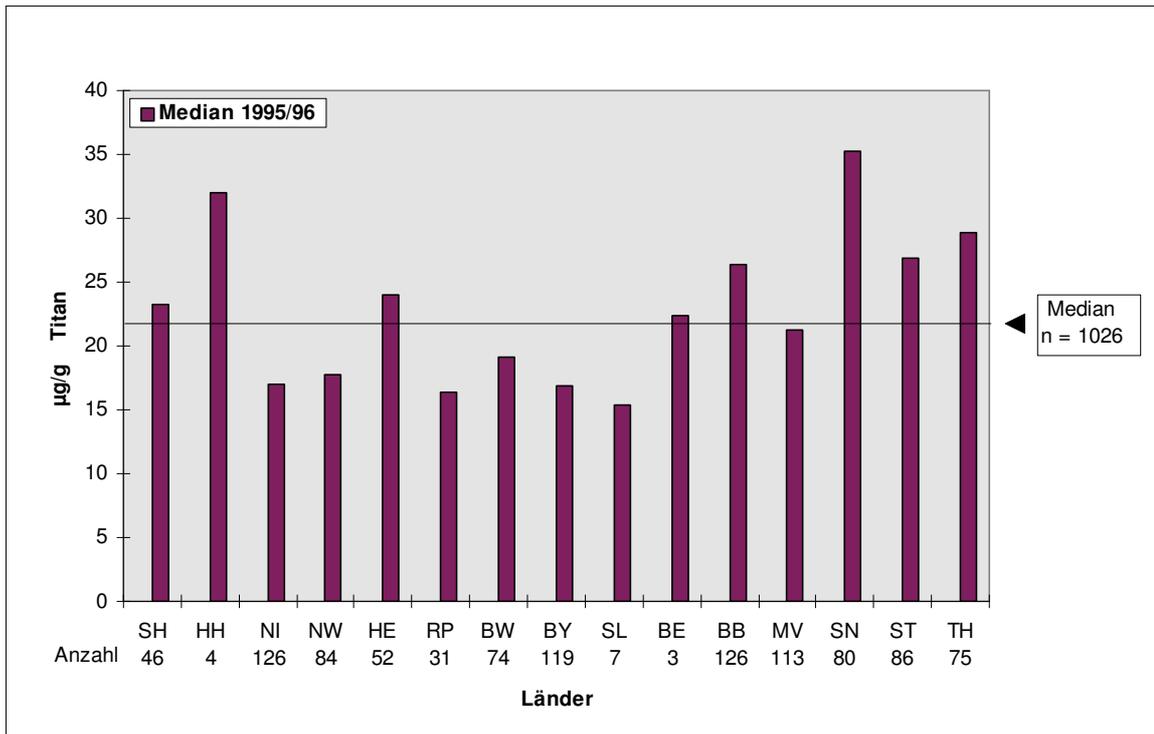


Abb. 28: Mediane (µg/g) für Titan (Ti) in den Ländern und in Deutschland.

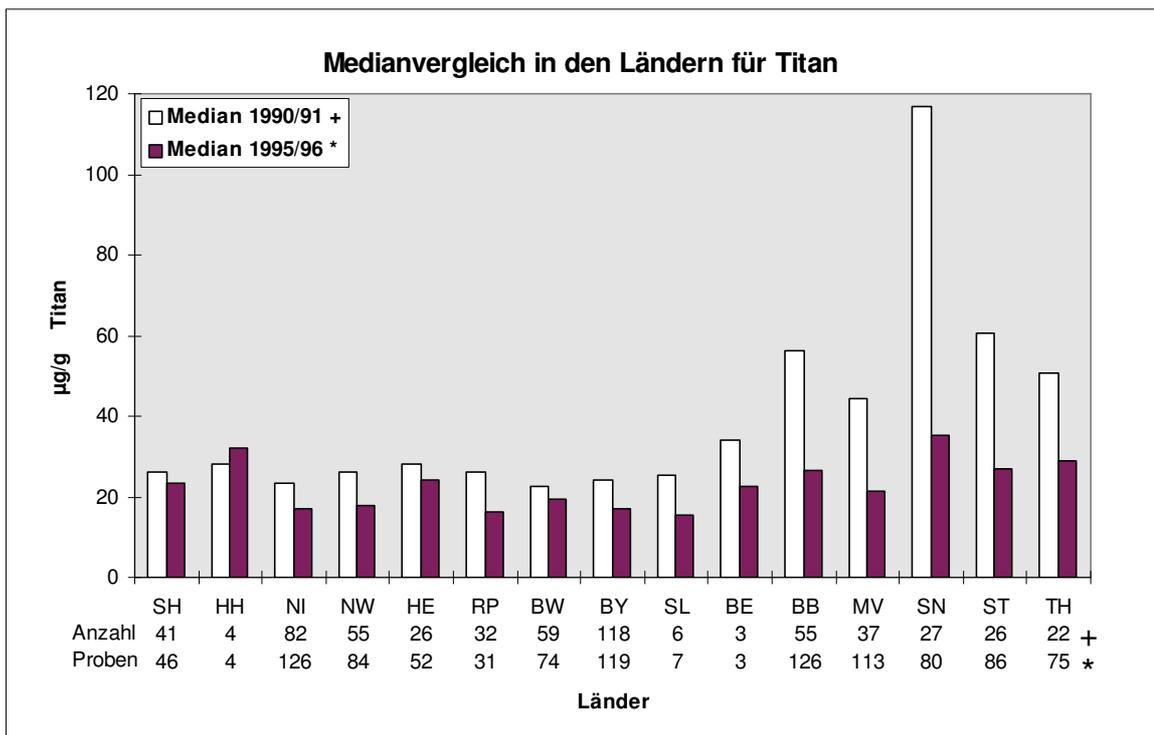


Abb. 29: Mediane (µg/g) für Titan und die Anzahl der Proben aus 1990/91 (+) und 1995/96 (*) in den Ländern.