

**Institut für Energetik und Umwelt**  
gemeinnützige GmbH

**Institute for Energy and Environment**



**Erfassung und Einschätzung der Schwermetallbelastung  
in der Umgebungsluft für die Bundesrepublik Deutschland  
anhand von Routinemessungen der Länder  
und ggf. Sondermessungen**

**von**

**Dipl.-Phys. B. Fritsche**

**Institut für Energetik und Umwelt  
gemeinnützige GmbH, Leipzig**

**IM AUFTRAG  
DES UMWELTBUNDESAMTES**

**April 2004**

Geschäftsführer:  
Prof. Dr. Martin Kaltschmitt  
Handelsregister: Amtsgericht Leipzig HRB 8071  
Sitz und Gerichtsstand Leipzig

Deutsche Bank AG  
(BLZ 860 700 00)  
Konto-Nr.: 1381086

Stadt- und Kreissparkasse Leipzig  
(BLZ 860 555 92)  
Konto Nr.: 1100564876      Zert.-Nr. 1210010564/2



**Durchführende Institution:** Institut für Energetik und Umwelt gGmbH (IE)  
Torgauer Str. 116  
04347 Leipzig

Geschäftsbereich: Umweltengineering & Verfahrenstechnik  
Leiter: Dr.-Ing. Carsten Gollnisch  
: +49 (0) 341 / 24 34 - 5 11  
: Carsten.Gollnisch@ie-leipzig.de

Verantwortlicher Bearbeiter:

**Dipl.-Phys. Barbara Fritsche**

: +49 (0) 341 / 24 34-536

: +49 (0) 341 / 24 34-5 33

: barbara.fritsche@ie-leipzig.de



## ***Inhaltsverzeichnis***

1	Einleitung und Aufgabenstellung .....	3
2	Schwermetall-Messungen in der Bundesrepublik Deutschland .....	4
2.1	Angewendete Probenahmeverfahren .....	4
2.2	Probenaufbereitung und Analysenverfahren .....	12
2.3	Messstellenklassifizierung.....	12
3	Erfassung der in Deutschland vorliegenden Daten.....	14
3.1	Datenerfassung und Sichtung .....	14
3.2	Schwermetalldaten – Übersicht Bundesrepublik .....	14
3.3	Stationsstatistik von 1998 bis 2002 .....	16
3.3.1	Länderbilanz .....	16
3.3.2	Länderrepräsentanz.....	17
3.4	Messstatistik und Datenanalyse.....	21
3.4.1	Messdichte / Datendichte der Ländermesswerte .....	21
3.4.2	Messdichte / Datendichte der Staub- und Schwermetallwerte .....	23
3.4.3	Messdichte / Datendichte der Messstationenkategorien.....	25
3.5	Schwermetallmessungen mit Stationenklassifizierung.....	36
3.6	Schlussfolgerungen.....	40
4	Datenaufbereitung und Vereinbarungen.....	42
4.1	Nomenklatur Stationsnamen .....	42
4.2	Mittelwertbildung .....	42
4.2.1	Voraussetzungen.....	42
4.2.2	Monatsmittel.....	42
4.2.3	Jahresmittel .....	43
4.2.4	Stationskategorienmittel .....	43
4.2.5	Länder-/Deutschlandmittel .....	43
4.3	Bestimmungsgrenzen .....	43
4.4	Umrechnung von TSP zur PM <sub>10</sub> -Fraktion .....	43
5	Statistische Datenauswertungen (Immission).....	46
5.1	Jahresmittelwerte .....	47
5.1.1	Jahresmittelwerte für alle Stationen nach Kategorien .....	47
5.1.2	Jahresmittelwertevergleich mit permanent messenden Stationen .....	48
5.1.3	Jahresmittelwerte nach Ländern und Kategorien .....	49
5.1.4	Verteilungen der Jahresmittelwerte .....	49
5.2	Verteilungen der Monatsmittelwerte .....	49
5.3	Jahresganglinien .....	49
5.4	Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte).....	49
6	Schwermetalle des Vorschlages für die Tochterrichtlinie .....	49
6.1	Grundlagen .....	49
6.2	Auswertungen Arsen .....	50



---

6.2.1	Jahresmittelwerte.....	51
6.2.2	Verteilungen der Monatsmittelwerte.....	56
6.2.3	Jahresgang der Monatsmittelwerte.....	57
6.2.4	Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte).....	60
6.3	Auswertungen Kadmium.....	61
6.3.1	Jahresmittelwerte.....	61
6.3.2	Verteilungen der Monatsmittelwerte.....	67
6.3.3	Jahresgang der Monatsmittelwerte.....	68
6.3.4	Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte).....	71
6.4	Auswertungen Nickel.....	72
6.4.1	Jahresmittelwerte.....	72
6.4.2	Verteilungen der Monatsmittelwerte.....	77
6.4.3	Jahresgang der Monatsmittelwerte.....	78
6.4.4	Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte).....	80
6.5	Quecksilber.....	81
7	Weitere Schwermetalle.....	82
7.1	Auswahlkriterien.....	82
7.2	Auswertung Blei.....	82
7.2.1	Jahresmittelwerte.....	82
7.2.2	Verteilungen der Monatsmittelwerte.....	88
7.2.3	Jahresgang der Monatsmittelwerte.....	89
7.2.4	Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte).....	92
7.3	Auswertung Kupfer (nur Kategorie UT).....	92
7.3.1	Jahresmittelwerte.....	92
7.3.2	Verteilungen der Monatsmittelwerte.....	95
7.3.3	Jahresgang der Monatsmittelwerte.....	95
7.4	Auswertung Chrom (nur Kategorie UT).....	96
7.4.1	Jahresmittelwerte.....	96
7.4.2	Verteilungen der Monatsmittelwerte.....	98
7.4.3	Jahresgang der Monatsmittelwerte.....	99
8	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	100
	Literatur.....	105
	Abbildungsverzeichnis.....	106
	Tabellenverzeichnis.....	108
	Maßeinheiten.....	113
	Kooperationspartner.....	114
	Anhang A.....	I



---

## 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Metalle werden bei der Verbrennung fossiler Brennstoffe sowie bei ihrer Herstellung (Verhüttung) und Verarbeitung in großen Mengen freigesetzt, zunächst gasförmig emittiert und in Folge aufgrund ihres physikalischen Verhaltens in der Regel sogleich an Staubpartikel angelagert. Weitere wichtige Emissionsquellen sind Müllverbrennungsanlagen, die Zementindustrie, die Glasindustrie und der Kraftfahrzeugverkehr /UBA 00/.

Im Gegensatz zum Staubniederschlag, der im Allgemeinen im Abstand zur Quelle exponentiell abnimmt, verteilt sich der Schwebstaub samt Inhaltsstoffen vergleichsweise homogen um Quellen herum. Unter dem in der Immissionsmesstechnik verwendeten Begriff Schwebstaub ist in Abgrenzung zu groben Partikeln des Staubniederschlags die Aerosolkomponente der in der Luft vorhandenen Partikel bis zu einem oberen aerodynamischen Durchmesser von etwa 25 µm zu verstehen. Die schwebstaubgebundenen Schwermetalle werden aus der Atmosphäre durch trockene oder nasse Deposition entfernt. Die Verweilzeit in der Atmosphäre wird durch die Verweilzeit des Staubes bestimmt, die für Schwebstaub zwischen 1 und 10 Tagen liegt /HE 04/.

Toxikologische und epidemiologische Untersuchungen der vergangenen Jahre haben gezeigt, dass insbesondere Staubpartikel unterhalb von 10 µm von besonderer gesundheitlicher Relevanz für den Menschen sind. Neben der Partikelform sind auch die darin enthaltenen Inhaltsstoffe von Bedeutung. Staubpartikel enthalten eine Vielzahl von organischen und anorganischen Verbindungen, die durch Inhalation mit dem Staub in den Körper gelangen. Diese Substanzen sind zum Teil toxisch und kanzerogen, wie z.B. die Metallverbindungen von Arsen und Nickel. Im Sinne einer sorgfältigen Umweltbeobachtung und -überwachung werden daher nicht nur die Staubmassenkonzentration, sondern auch die im Staub vorhandenen Schadstoffe quantifiziert.

In der Bundesrepublik Deutschland werden die Schwermetalle zum Teil seit den siebziger Jahren im Rahmen der Luftgütemessnetze der Länder oder durch Sondermessprogramme ermittelt. Tabelle 1-1 gibt einen Überblick über in Deutschland gemessene Schwermetalle.

Es besteht Bedarf an Informationen zur Schwermetallbelastungssituation für die Umsetzung des Stickoxid- und Schwermetallprotokolls im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention der UN ECE sowie in Vorbereitung des Inkrafttretens der 4. Tochterrichtlinie (4. TRL) zur Luftqualitätsrahmenrichtlinie der EU. Letztere regelt die Gehalte von Arsen, Kadmium, Nickel, Quecksilber und BaP als Leitparameter für polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der PM<sub>10</sub>-Fraktion. Nach Inkrafttreten der 4. TRL sind die EU-Mitglieder verpflichtet, regelmäßig über die Einhaltung bzw. Überschreitung der festgesetzten Zielwerte zu berichten. Für eine diesbezügliche Analyse der nationalen Belastungssituation waren die Daten bisher nur bedingt verfügbar und Belastungsabschätzungen nur auf der Grundlage unvollständiger Daten möglich.

In Vorbereitung auf die 4. TRL waren im Rahmen dieses Auftrages folgende Aufgaben zu erfüllen:

- *Erhebung und Zusammenführung aller im Rahmen der Messnetze der Bundesländer verfügbaren Messdaten in einer Datenbank,*
- *Erhebung der derzeit in den Ländermessnetzen angewendeten Probenahmeverfahren,*



*Aufschluss- und Analysemethoden,*

- *Charakterisierung der Schwermetallbelastung in der Bundesrepublik Deutschland durch Auswertung verfügbarer Messdaten auf der Basis einer Datenstatistik.*

Im Rahmen der Arbeiten sollten die in Tabelle 1-1 hervorgehobenen Stoffe vorrangig betrachtet werden.

**Tabelle 1-1: Bisher in Deutschland gemessene Schwermetalle im Schwebstaub und im Staubbiederschlag**

Aluminium (Al)	<b>Arsen (As)</b>	Bor (B)
Barium (Ba)	Beryllium (Be)	Calcium (Ca)
<b>Kadmium (Cd)</b>	Kobalt (Co)	<b>Chrom (Cr)</b>
<b>Kupfer (Cu)</b>	Eisen (Fe)	<b>Quecksilber (Hg)</b>
Kalium (K)	Magnesium (Mg)	Mangan (Mn)
Molybdän (Mo)	Natrium (Na)	<b>Nickel (Ni)</b>
<b>Blei (Pb)</b>	Platin (Pt)	Selen (Se)
Antimon (Sb)	Strontium (Sr)	Titan (Ti)
Thallium (Tl)	Vanadium (V)	<b>Zink (Zn)</b>
Zirkonium (Zr)		

## **2 Schwermetall-Messungen in der Bundesrepublik Deutschland**

### **2.1 Angewendete Probenahmeverfahren**

Dem Überblick über die in der Bundesrepublik Deutschland angewendeten Probenahmeverfahren zur Bestimmung der Schwermetallbelastung (Immission und Deposition) liegt die im Rahmen des Vorhabens durchgeführte Erhebung in allen Ländermessnetzen zugrunde. Die Messungen werden in der Bundesrepublik entweder von den Landesumweltämtern selbst oder durch Auftragsvergabe an Dritte ausgeführt. In *Tabelle 2-1* und *Tabelle 2-3* sind die angewendeten Probenahmeverfahren zusammengestellt; diese Übersicht beruht auf Informationen der Landesumweltämter.

Die Probenahmedauer beträgt für die *Schwebstaubmessungen* in der Regel 24 Stunden, die Probenahmefrequenz variiert erheblich. In der 2. Hälfte der neunziger Jahre wurde die Probenahme von anfänglich TSP (Total Suspended Particles) auf die PM<sub>10</sub> - Fraktion umgestellt, wobei in einigen Ländern beide Fraktionen gemessen werden, Nordrhein-Westfalen maß bisher einschließlich 2002 nur die TSP-Fraktion. Es werden Glasfaserfilter, Cellulosenitratfilter und Quarzfaserfilter eingesetzt. Gasförmiges Hg (nur Brandenburg) wird mittels vergoldetem Quarzsand erfasst.

Die Probenahmezeit beträgt für die *Staubbiederschlagsmessungen* für alle erfassten Länder in der Regel einen Monat. Die Probenahme erfolgt einheitlich nach VDI 2119, Blatt 2 (Messung partikelförmiger Niederschläge - Bestimmung des Staubbiederschlags mit Auffanggefäßen aus Glas (Bergerhoff-Verfahren) oder Kunststoff).



**Tabelle 2-1: Angewendete Probenahmeverfahren bei der Schwermetallmessung im Schwebstaub in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004)**

Bundesland	Messende Institution	Erfasste Fraktion	Absorbermaterial	Probenahme Dauer / Häufigkeit
<b>Baden-Württemberg</b>	UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Geräte- sicherheit	TSP ab 4/99: PM <sub>10</sub>	Glasfaserfilter ab 03/2003: Glasfaserfilter/Quarzfaserfilter im Wechsel	0 –24 Uhr 5-8 Messungen pro Monat Gravimetrie täglich
<b>Bayern</b>	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz	TSP ab 1.1.2000: PM <sub>10</sub>	bis 31.12.1999: entspr. VDI 2463, Blatt 1 Filterband eines β-Staubmonitors FH 62 I ab 1.1.2000: Filterband eines β-Staubmonitors FH 62 I mittels Vorabscheider gemäß DIN EN 12341 /VDI 41/	0-24 Uhr täglich
<b>Brandenburg</b>	Landesumweltamt Brandenburg	TSP, PM <sub>10</sub>	Cellulosenitratfilter; Quarzfaserfilter <u>Hg</u> : vergoldeter Quarzsand mit Vorfilter	Tages-, 2-Tages- und Wochenmessun- gen
<b>Hansestadt Hamburg</b>	Institut für Hygiene und Umwelt Bereich Umweltuntersuchungen	TSP, PM <sub>10</sub>	Cellulosenitrat-Filter der Fa. Sartorius (Porenweite: 3 µm; Durchmesser: 150 mm)	0-24 Uhr 5, 10 oder 15 Proben pro Monat
<b>Hessen</b>	Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie	Bis 1999: TSP 2000 - 2002: TSP u. PM <sub>10</sub> Ab 2003: PM <sub>10</sub>	Cellulosenitrat-Membranfilter	0-24 Uhr 5 Proben pro Monat
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	Landesamt für Umwelt, Natur- schutz und Geologie	PM <sub>10</sub>	entspr. VDI-Richtlinie 2463/7 /VDI 63/	0 –24 Uhr jeden 4. Tag
<b>Niedersachsen</b>	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie	PM <sub>10</sub>	Cellulosenitratfilter	0-24 Uhr im Mittel 8 Messungen pro Monat



**Tabelle 2-1 Fortsetzung: Angewendete Probenahmeverfahren bei der Schwermetallmessung im Schwebstaub in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004)**

Bundesland	Messende Institution	Erfasste Fraktion	Absorbermaterial	Probenahme Dauer / Häufigkeit
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen	TSP ab 2003: PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub> , vereinzelt TSP	PMx: Quarz- oder Glasfaser TSP:Glasfaser oder Cellulosenitratfilter	0-24 Uhr bis 2000: jeden 4.Tag ab2001: jeden 3.Tag
<b>Rheinland-Pfalz</b>	Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht	PM <sub>10</sub>	Quarzfaserfilter	0-24 Uhr jeden 3. Tag
<b>Saarland</b>	Landesamt für Umweltschutz	TSP ab 2001: PM <sub>10</sub>	Cellulosenitratfilter	0-24 Uhr täglich
<b>Sachsen</b>	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	bis 1998: TSP 1999: TSP u. PM <sub>10</sub> ab 1999: PM <sub>10</sub>	Glasfaserfilter, Quarzfaserfilter	0 – 24 Uhr jeden 2.Tag
<b>Sachsen-Anhalt</b>	Landesamt für Umweltschutz	PM <sub>10</sub>	Glasfaserfilter	0 – 24 Uhr jeden 2. Tag
<b>Schleswig-Holstein</b>	Staatliches Umweltamt Itzehoe	TSP ab 2001: PM <sub>10</sub>	Quarzfaserfilter	0-24 Uhr täglich bzw. jeden 2. Tag  ab 2001 jeden 6.Tag Schwermetalle
<b>Thüringen</b>	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie	TSP ab 2000: PM <sub>10</sub>	Glasfaserfilter, Quarzfaserfilter	Probenahmedauer: 48 h: jeden 3.Tag Probenahme 24 h: jeden 2.Tag Probenahme



**Tabelle 2-2: Angewendete Analysenverfahren bei der Schwermetallmessung im Schwebstaub in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004)**

Bundesland	Messende Institution	Aufschluss	Aufschlussmittel	Analysenmethode	Bestimmungsgrenzen ng/m <sup>3</sup>
<b>Baden-Württemberg</b>	UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit	offener Aufschluss nach VDI 2267, Blatt 14/15 /VDI 67/	Säuregemisch H <sub>2</sub> F <sub>2</sub> /HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	VDI 2267, Blatt 15 ICP-MS /VDI 67/	As: 0,2 Cd: 0,1 Ni: 0,2 Pb: 0,2
<b>Bayern</b>	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz	Mikrowellendruckaufschluss in Anlehnung an VDI 2267, Blatt 14/15 Var. C /VDI 67/	HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	nach VDI 2267, Blatt 15 per ICP-MS /VDI67/	As: 0,2 Ni: 0,2 Cd: 0,02 Pb: 3 Cr: 2,5 Zn: 5 Cu: 10
<b>Brandenburg</b>	Landesumweltamt Brandenburg	<b>Cellulosenitratfilter</b> - AAS/TXRF/ICP-OES: Mikrowellenaufschluss mit 2 ml 71%iger HNO <sub>3</sub> und 1 ml 30%iger H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> <b>Quarzfaserfilter</b> - RFA: Ausstanzen aus Gesamtfiter von Filter mit 40 mm Durchmesser und direkte Vermessung - AAS: anschließender Mikrowellenaufschluss mit 2 ml 71%iger HNO <sub>3</sub> und 1 ml 30 %iger H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> <b>Hg:</b> nach VDI 2267, Blatt 9 /VDI 67/		<b>Quarzfaserfilter</b> - bis 2001 RFA (wellenlängendispersiv; Fa. Siemens; SRS 303 AS) Cd, As, Be - AAS (Fa. Shimadzu; AA 6701; Cd, Be: Grafitrohrtechnik; As: Hydridtechnik) <b>Cellulosenitratfilter</b> - 1998 bis 2000 TXRF (Fa. Atomika; EXTRA II A) - 2001 bis 2003 ICP-OES (Fa. Spectro; CIROS-CCD; mit Ultraschallzerstäuber) - 2000 bis 2002 TXRF - PGE-Projekt - Verkehrsmessungen - ab 2003 Verkehrsmessungen auf TXRF und Pegelmesspunkte auf ICP-OES (USN)	<u>entsprechend Verfahren:</u> As: 0,05...0,15 Cd: 0,006...0,02 Cr: 0,08...0,41 Ni: 0,23...0,42 Pb: 0,05...0,98
<b>Hansestadt Hamburg</b>	Institut für Hygiene und Umwelt Bereich Umweltuntersuchungen	geschlossener Aufschluss nach VDI 2267, Blatt 1 (Variante B) /VDI 67/	HF, HNO <sub>3</sub> und HClO <sub>4</sub>	Pb, Cd, As, Cu, Ni, Cr: GF-AAS	<u>PM<sub>10</sub> bzw. TSP</u> Staub: 1,5; 1,2 As: 1,3; 1,1 Ni: 0,5; 0,1 Cd: 0,11; 0,1 Pb: 1,5; 1,3 Cu: 3,6; 3,1
<b>Hessen</b>	Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie	Nach VDI 2267, Bl.1 (drucklos im offenen Gefäß)	Flusssäure-Salpetersäure-Gemisch	Ni mittels AAS nach VDI 2267, Bl.1 As, Cd, Cr, Cu und Pb mittels ICP-OES nach VDI 2267, Bl.5	NWG für 2002 (PM <sub>10</sub> ) As: 0,33 Cu: 0,29 Cd: 0,03 Ni: 0,22 Cr: 0,24 Pb: 0,26
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	Gravimetrische Messung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft	Säureaufschluss	GF-AAS	As: 0,1 Ni: 0,3 Cd: 0,003 Cu: 0,1 Cr: 0,3 Pb: 0,05



**Tabelle 2-2 Fortsetzung: Angewendete Analysenverfahren bei der Schwermetallmessung im Schwebstaub in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004)**

Bundesland	Messende Institution	Aufschluss	Aufschlussmittel	Analysenmethode	Bestimmungsgrenzen ng/m <sup>3</sup>
Niedersachsen	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie	Gravimetrische Messung der Massenkonzentration von Partikeln in der Außenluft /VDI 67/	Säureaufschluss	GF-AAS, ICP-OES/MS	As: 0,6 Ni: 0,6 Cd: 0,04 Pb: 0,2 Cu: 1,5 Zn: 9
Nordrhein-Westfalen	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen	Quarzfaser (PM <sub>10</sub> ): Druckaufschluss Cellulosenitrat (TSP): offener Aufschluss	HF/ HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	As: AAS Metalle: ICP-OES: Pb, Cd, Zn, Cr, Ni, Fe	<u>bezogen auf Quarzfaser</u> As: 0,3 Ni: 0,9 Cd: 0,1 Pb: 2,3 Cr: 3,3 Zn: 15,4 <u>bezogen auf Cellulosenitrat</u> As: 0,9 Ni: 0,8 Cd: 0,3 Pb: 6,8 Cr: 0,9 Zn: 10,5
Rheinland-Pfalz	Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht	Mikrowellendruckaufschluss nach VDI 2267 /VDI 67/	HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	GF-AAS	
Saarland	Landesamt für Umweltschutz	Mikrowellendruckaufschluss nach VDI 2267 /VDI 67/	HNO <sub>3</sub> /H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	ICP-AES, ICP-MS, GF-AAS	As: 0,2 Ni: 0,8 Cd: 0,1 Pb: 0,5 Cr: 0,8 Zn: 6,3 Cu: 0,8
Sachsen	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Anlehnung an VDI 2267, Blatt 1 /VDI 67/	entspr. VDI 2267	As, Cd, Cr, Ni, Pb: AAS	As: 0,2 Ni: 0,2 Cd: 0,02 Pb: 0,5 Cr: 0,3
Sachsen-Anhalt	Landesamt für Umweltschutz	Mikrowellendruckaufschluss nach VDI 2267 /VDI 67/	HNO <sub>3</sub>	As, Cd AAS; ICP-MS Cr, Cu, Ni, Zn ICP-OES Zn ICP-OES	As: 0,7 Ni: 1,1 Cd: 0,008 Pb: 0,4 Cr: 0,4 Zn: 41,7 Cu: 1,0



**Tabelle 2-2 Fortsetzung: Angewendete Analysenverfahren bei der Schwermetallmessung im Schwebstaub in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004)**

Bundesland	Messende Institution	Aufschluss	Aufschlussmittel	Analysenmethode	Bestimmungsgrenzen ng/m <sup>3</sup>
Schleswig-Holstein	Staatliches Umweltamt Itzehoe	Mikrowellenaufschluss in Anlehnung an VDI 2267, Blatt 1 /VDI 67/	entspr. VDI 2267	GF-AAS	As: 0,4      Ni: 0,9 Cd: 0,04     Pb: 0,4
Thüringen	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie	Mikrowellendruckaufschluss nach VDI 2267 /VDI 67/	entspr. VDI 2267 + Borsäure	G-AAS Zn: ICP-OES	As: 0,3      Ni: 0,5 Cd: 0,05     Pb: 0,5 Zn: 1



**Tabelle 2-3: Angewendete Probenahme- und Analysenverfahren bei der Schwermetallmessung im Staubbiederschlag in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004)**

Bundesland	Messende Institution	Probenahme/ Probenahmedauer	Aufschluss	Aufschlussmittel	Analysenmethode	Bestimmungsgrenzen $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
<b>Bayern</b>	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz	Bergerhoff-Gefäß nach VDI 2119, Blatt 2 /VDI 19/; 1 Monat	nach VDI 2267, Blatt 14 und 15 Variante C (offener Aufschluss) /VDI 67/	$\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$	Nach VDI 2267, Blatt 15 per ICP-MS /VDI 67/	As: 0,2 Ni: 0,2 Cd: 0,02 Pb: 0,05 Cr: 0,5 Zn: 0,5 Cu: 0,1
<b>Brandenburg</b>	Landesumweltamt Brandenburg	Bergerhoff-Gefäß nach VDI 2119, Blatt 2 /VDI 19/; 1 Monat ab 10/96: Quartalsauswertungen	- Mikrowellenaufschluss mit 2 ml 71%iger $\text{HNO}_3$ und 1 ml 30%iger $\text{H}_2\text{O}_2$ /VDI 67/ - für Quartalsmischproben werden die 3 Monatsproben einzeln aufgeschlossen und zu einer Probe vereint		- bis 1995 AAS (Fa. Shimadzu; AA 6701) - 1996 bis 1999 AAS (Fa. Shimadzu; AA 6701) - 1997 bis 1999 Jahresmischproben TXRF (Fa. Atomika; EXTRA II A) - 2000 bis 2003 ICP-OES (Fa. Spectro; CIROS-CCD; mit Ultraschallzerstäuber)	As: 0,05 Cd: 0,005 Cr: 0,01 Cu: 0,04 Ni: 0,01 Pb: 0,02 Zn: 0,006 (?)
<b>Hansestadt Hamburg</b>	Institut für Hygiene und Umwelt Bereich Umweltuntersuchungen	Bergerhoff-Gefäß aus Glas (VDI 2119, Blatt 2) /VDI 19/; 1 Monat	Eindampfen, Massenbestimmung und Aufschluss im PTFE - Becher von Einzelproben; geschlossener Aufschluss in Anlehnung an VDI 2267, Blatt 1 (Variante B) /VDI 67/	$\text{HF}/\text{HNO}_3/\text{HClO}_4$	Pb, Cd, As, Cu, Ni, Cr: GF-AAS Zn: Flammen-AAS	Staub: 0,009 As: 1,00 Ni: 0,1 Cd: 0,09 Pb: 2,0 Cr: 1,3 Zn: 0,8 Cu: 3,3
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	Bergerhoff-Gefäß nach VDI 2119, Blatt 2 /VDI 19/;; 1 Monat	Verdampfen der Niederschlagsmenge	Säureaufschluss	AAS	Cd: 0,1 Pb: 2,0
<b>Niedersachsen</b>	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie	Bergerhoff-Gefäß nach VDI 2119, Blatt 2 /VDI 19/; 1 Monat	nach VDI 2267, Blatt 4 /VDI 67/	entspr. VDI 2267, Blatt 4 /VDI 67/	Pb, Cd: AAS Cr, Cu, Zn: ICP-OES	Cd: 0,1 Pb: 2 Cr: 0,7 Zn: 14 Cu: 1,1
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen	Bergerhoff-Gefäß (Kunststoff) nach VDI 2119, Blatt 2; 1 Monat	entspr. VDI 2267, Blatt 14	entspr. VDI 2267, Blatt 14	As: AAS Pb, Cd, Ni: ICP-OES	As: 0,08 Ni: 0,8 Cd: 0,009 Pb: 0,5



**Tabelle 2-3 Fortsetzung: Angewendete Probenahme- und Analysenverfahren bei der Schwermetallmessung im Staubbiederschlag in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004)**

Bundesland	Messende Institution	Probenahme/ Probenahmedauer	Aufschluss	Aufschlussmittel	Analysenmethode	Bestimmungsgrenzen $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$
Saarland	Landesamt für Umweltschutz	Bergerhoff-Gefäß (Kunststoff) nach VDI 2119, Blatt2 /VDI19/; 1Monat	Mikrowellenaufschluss nach VDI 2268, Blatt 1 /VDI 68/	entspr. VDI 2268 plus $\text{H}_2\text{O}_2$ /VDI 68/	ICP-AES, ICP-MS, GF-AAS	As: 0,3 Ni: 0,13 Cd: 0,05 Pb: 0,08 Cr: 0,09 Zn: 1 Cu: 0,11
Sachsen	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Bergerhoff-Gefäß nach VDI 2119, Blatt2 /VDI 19/; 1Monat	Anlehnung an VDI 2267, Blatt 4 /VDI 67/	entspr. VDI 2267	Cd, Pb: AAS	Cd: 0,01 Pb: 0,5
Schleswig-Holstein	Staatliches Umweltamt Itzehoe	Bergerhoff-Gefäß nach VDI 2119, Blatt2 /VDI 19/; 1Monat	Mikrowellenaufschluss in Anlehnung an VDI 2267, Blatt 4 /VDI 67/	$\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{O}_2$	GF-AAS	As: 0,1 Ni : 0,2 Cd: 0,01 Pb: 0,1 Cu : 0,1
Thüringen	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie	Bergerhoff-Gefäß (Kunststoff) nach VDI 2119, Blatt2; 1Monat	entspr. VDI 2267, Blatt 4 /VDI 67/	entspr. VDI 2267	G-AAS Zn: ICP-OES	As: 0,1 Ni : 0,15 Cd: 0,02 Pb: 0,3 Zn : 20



## **2.2 Probenaufbereitung und Analysenverfahren**

Die analytische Auswertung erfolgt meist mit den Einzelproben. Ausnahmen sind die *Schwebstaubmessungen* in Hamburg, wo z.T. 5 Einzelproben zu einer Monatsprobe zusammengefasst und als eine „Probe“ analysiert werden, und Brandenburg im Falle der *Staubniederschlagsmessungen*, wo mehrmonatige Mischproben analysiert werden, die allerdings zuerst entsprechend den Einzelproben aufgeschlossen und danach zusammengefasst analysiert werden (*Tabellen 2-2 und 2-3*).

Die Methoden der Probenaufbereitung und der Analyse sind entsprechend den aufzuschließenden Stoffen verschieden, werden jedoch ausnahmslos entsprechend den VDI-Vorschriften vorgenommen, wie auch die Übersicht in den *Tabellen 2-2 und 2-3* zeigt. Das wirkt sich auch nachteilig auf die Ergebnisse der Datenauswertung aus.

Die Bestimmungsgrenzen überstreichen bundesweit entsprechend den verwendeten Methoden Bereiche, die teilweise das Fünzigfache betragen. So sind für CKadmium Werte zwischen 0,002 und 0,1 ng/m<sup>3</sup> angegeben (*Tabellen 2-2 und 2-3*).

## **2.3 Messstellenklassifizierung**

Die Schwebstaubbelastung, der Staubniederschlag und die Staubinhaltsstoffe, hier die Schwermetalle, hängen stark vom Ort der jeweiligen Messung ab. Dies bedeutet, dass die Messstellen hinsichtlich ihrer Belastung differenziert betrachtet werden müssen.

In Anlehnung an die Einstufung der PAK-Messstationen /IfE 02a/ wurden die Schwermetallmessstationen, soweit sie nicht schon als PAK-Messstationen bekannt waren, in Abstimmung mit den Ländern entsprechend den nachstehenden Kriterien klassifiziert (*Tabelle 2.3-1*). **Die Einstufung entspricht dem Stand 31.1.2004.**

Das Symbol zur Charakterisierung der Messstellenklasse wird im weiteren als **Kategorie** bezeichnet.



**Tabelle 2.3-1: Kriterien für die Klassifizierung der Messstellen**

Messstellenklasse		Kriterien
Symbol	Bezeichnung	
SB	suburban-background	Stark bebautes Gebiet mit nichtstädtischen Bereichen (wie Felder, Seen, Wald) Repräsentativer Mindestradius des Gebietes: 1 km Mindestabstände zu Verkehrsstraßen wie bei UB
SI	suburban-industrial	Messstation liegt in der Nähe von Industrieanlagen (Einzelanlagen oder Industriekomplexe)
ST	suburban-traffic	Messstation in der Nähe von Hauptstraßen der Vorstadt mit mindestens 10.000 Kfz/Tag Abstand zur Straße: maximal 40 m
UB	urban-background	Kontinuierlich bebaute Fläche (mit Ausnahme von Stadtparks hat dieses Gebiet keine nichtstädtischen Bereiche) Bevölkerungsdichte: >3.000 Einwohner/km <sup>2</sup> Mindestentfernung zwischen Messstation und Grenze des Gebietes: 1 km Repräsentativer Mindestradius des Gebietes: 1 km Mindestabstand der Messstation zu Verkehrsstraßen: Wenig Verkehr: 10 m Mittlerer Verkehr: 30 m Starker Verkehr: 100 m Sehr starker Verkehr: 200 m
UI	urban-industrial	Messstation in der Nähe von Industrieanlagen (Einzelanlagen oder Industriekomplexe)
UT	urban-traffic	Messstation in der Nähe von Hauptstraßen der Stadt mit mindestens 10.000 Kfz/Tag Abstand zur Straße: maximal 40 m
RB	rural-background	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>NC near-city area</b> Repräsentativer Mindestradius: ca. 5 km Mindestabstand zu Städten, Industrie, Kraftwerken usw.: 3 - 10 km</li> <li>• <b>REG regional area</b> Repräsentativer Mindestradius: ca. 20 km Mindestabstand zu Städten, Industrie, Kraftwerken usw.: etwa 10 - 50 km Mindestabstand zu Landwirtschaft: 2 km Mindestabstand zu Straßen: &lt; 10.000 Kfz/Tag 500 m &lt; 1.000 Kfz/Tag 100 m</li> <li>• <b>REM remote area</b> Repräsentativer Mindestradius: ca. 60 km Mindestabstand zu Städten, Industrie, Kraftwerken usw.: &gt; 50 km Mindestabstand zu Straßen: &lt;10.000 Kfz/Tag 2 km &lt; 1.000 Kfz/Tag 500 m</li> </ul>
RI	rural-industrial	Messstation liegt in der Nähe von Industrieanlagen (Einzelanlagen oder Industriekomplexe)
RT	rural-traffic	Messstation in der Nähe von Hauptstraßen oder Autobahnen durch ländliches Gebiet mit starkem Verkehr von mindestens 50.000 Kfz/Tag Abstand zur Straße: maximal 40 m



### 3 Erfassung der in Deutschland vorliegenden Daten

#### 3.1 Datenerfassung und Sichtung

Im Rahmen dieser Arbeit wurden alle von den Ländern auf Anfrage zur Verfügung gestellten Messdaten zu den Staubinhaltsstoffen im Schwebstaub und im Staubniederschlag erfasst und in der Datenbank *HeavyMetal*, die in ihren Funktionen der PAK-Datenbank *PAKStat* entspricht /IFE 03/, gespeichert. In den vorbereitenden Anschreiben an die Länder wurde darauf orientiert, die Daten mindestens ab 1998 und für die Inhaltsstoffe *As, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn* im Schwebstaub und im Staubniederschlag zur Verfügung zu stellen. Weiterhin sollten entsprechend der Auswertekonzeption mindestens Monatsmittelwerte übergeben werden.

Einige Länder stellten auch Daten weiter zurück liegender Jahre zur Verfügung, so dass ein Datenbestand ab 1988 in der Datenbank abrufbar ist. *Der gesamte Bestand umfasst z.Z. 90.000 Datensätze (Immission: 81.500, Deposition: 8.500).*

Die Aufbereitung und Auswertung der Messdatenreihen ergeben Aussagen zu einem heterogenen Datenfundus hinsichtlich

- der Messprogramme,
- der Messzeiträume (Messungen über mehrere Jahre bis zu Messungen über einige Monate),
- der Art der vorliegenden Mittelwerte:
  - Schwebstaubinhaltsstoffe: Tages-, Zweitages-, Wochen-, Monatsmittel,
  - Staubniederschlaginhaltsstoffe: Monats-, Quartals-, Halbjahres- und Jahreswerte,
- der Form der Datenaufzeichnung.

#### 3.2 Schwermetalldaten – Übersicht Bundesrepublik

Es wurden Daten von *vierzehn Bundesländern* erfasst. Die Ländermessprogramme unterscheiden sich untereinander erheblich und unterliegen auch im zeitlichen Turnus Veränderungen. Die *Tabellen 3.2-1 und 3.2-2* enthalten die Bilanz der zur Auswertung zur Verfügung stehenden Messstationen der Bundesrepublik mit Informationen zu

- den gemessenen Schwermetallen, wobei sich nur auf die in Tabelle 1-1 markierten Stoffe bezogen wird,
- der Anzahl der messenden Stationen,
- Unterscheidung Depositions- und Immissionsmessung, wobei letzteres unterteilt ist nach
  - der gemessenen Phase (Partikel-, Gasphase),
  - der Fraktion (TSP, PM<sub>10</sub>).

#### Immissionsmessungen:

Der aufgezeichnete Messzeitraum reicht pauschal von 1990 bis 2003, wobei entsprechend der Zielstellung eine auswertbare Datenbasis für repräsentative nationale Statistiken erst ab 1998 zur Verfügung steht. Es liegen z.B. aus den Jahren 1990 bis 1997 immer nur Daten aus einem bis maximal 6 Ländern vor (siehe *Tabelle 3.2-1*). Diese eignen sich insbesondere für Langzeitaussagen, zumal sich darunter z.T. Stationen befinden, an denen ununterbrochen bis 2002 gemessen wurde. Die Daten für 2003 sind nur der Vollständigkeit wegen aufgeführt, hier liegen die Messwerte noch nicht von allen Ländern vor.



**Tabelle 3.2-1: Immissionsmessungen – Anzahl der erfassten messenden Stationen nach Jahren**

Jahr	Anzahl Länder	Fraktion/Phase	Staub	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Pb	Zn
1990	1	TSP	-	1	1	-	-	1	-	1	-
1991	1	TSP	-	1	1	-	-	1	-	1	-
1992	1	TSP	-	1	1	-	-	1	-	1	-
1993	3	TSP	-	3	4	2	3	3	1	4	2
1994	4	TSP	1	4	6	2	4	5	1	6	3
1995	5	TSP	4	25	26	20	5	25	1	26	4
1996	5	TSP	5	26	27	21	6	26	1	27	5
1997	6	TSP	8	26	27	18	7	25	1	27	5
1998	3	PM10	5	14	14	12	5	10	-	14	-
1998	9	TSP	60	124	125	21	9	121	1	162	8
1999	4	PM10	6	60	60	17	6	55	-	91	-
1999	10	TSP	60	129	130	35	32	129	1	168	15
2000	6	PM10	4	83	83	19	4	83	-	90	1
2000	9	TSP	60	95	96	29	28	95	-	96	16
2001	9	PM10	16	110	109	39	14	110	-	116	8
2001	7	TSP	1	47	50	38	20	49	-	50	23
2001	1	GAS	-	-	-	-	-	-	2	-	-
2002	12	PM10	18	127	127	47	27	127	-	134	7
2002	7	TSP	20	33	36	24	7	35	-	36	21
2002	1	GAS	-	-	-	-	-	-	2	-	-
2003	7	PM10	7	49	49	34	27	49	-	45	7
2003	1	TSP	-	1	1	1	-	1	-	1	-

Länder und Stationen wurden im Jahr der Umstellung von TSP auf PM<sub>10</sub> doppelt gezählt

### Depositionsmessungen:

Die Depositionsdaten wurden aus den Messnetzen (Rastermessnetze) der Bundesländer nach folgendem Kriterium erhoben: *Die ausgewählten Messpunkte sollten mit Messorten, die in der UBA-Datenbank enthalten sind, identisch sein /ENV 04/*. Daraus ergibt sich eine weitaus geringere Anzahl von erfassten Messpunkten als die Depositionsmessnetze beinhalten.

Trotz dieser Einschränkung wurden, meist wegen zu hohem Aufwand, nicht von allen Ländern Daten zur Verfügung gestellt oder z. B. nur Jahresmittelwerte als Download (Nordrhein-Westfalen). Da dies insbesondere die großen Netze betrifft, enthält die Datenbank kaum Depositionsdaten aus den westlichsten Ländern der Bundesrepublik (siehe Kapitel 3.4).

**Tabelle 3.2-2: Depositionsmessungen – Anzahl der erfassten messenden Stationen nach Jahren**

Jahr	Anzahl Länder	Staub	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Pb	Zn
1988	1	7	6	7	-	-	7	-	7	7
1989	1	7	7	7	-	-	7	-	7	7
1990	1	8	8	8	-	-	8	-	8	8
1991	1	8	8	8	-	-	8	-	8	8
1992	1	9	9	9	-	-	9	-	9	-
1993	1	8	8	8	-	-	8	-	8	-
1994	2	12	12	12	4	4	12	4	12	4
1995	3	14	14	14	5	11	14	4	14	7
1996	4	15	15	44	6	11	15	4	44	7
1997	5	16	16	45	7	13	15	4	45	8
1998	9	70	21	120	77	86	75	4	89	77
1999	9	79	30	129	79	93	77	4	129	84
2000	9	66	41	108	78	65	74	4	108	72
2001	9	70	42	110	81	68	78	4	110	75
2002	8	66	76	107	53	64	52	4	107	55

Der aufgezeichnete Messzeitraum reicht von 1988 bis 2003. Da hier die gleiche Zielstellung wie für die Immissionsdaten galt, ist die Datendichte erst für Auswertungen ab 1998 ausreichend (*Tabelle 3.2-2*). Auch hier befinden sich unter den Stationen solche, die ununterbrochen ab 1988 in Betrieb waren.

Die detaillierte Aufschlüsselung der *Tabellen 3.2-1 und 3.2-2* nach den beteiligten Ländern ist in den *Tabellen A-1 und A-2* im Anhang A zu finden.

### 3.3 Stationsstatistik von 1998 bis 2002

#### 3.3.1 Länderbilanz

Für die weiteren Betrachtungen werden entsprechend den Aussagen von *Kap. 3.2* folgende Modifizierungen vorgenommen:

1. Das Zeitfenster wird verkleinert und in den Rahmen von 1998 bis 2002 gelegt.
2. Für die Stationsstatistik wird im Folgenden kein Bezug auf TSP bzw. PM<sub>10</sub> genommen, da die Messaktivitäten in den allermeisten Fällen nach der Umstellung homogen ineinander übergehen. Nur an wenigen Stationen werden in einem Übergangszeitraum beide Fraktionen zu Vergleichen erfasst. (Diese Vereinbarung betrifft nicht die Messwerte selbst.)
3. Die Messung in der Gasphase wird im Bericht nicht weiter erörtert, da sie nur drei Stationen mit einem zeitlich begrenzten Messprogramm betrifft (Brandenburg: Hg).

#### Immissionsmessstationen

Von 1998 bis 2002 wurden Schwermetalldaten von **maximal vierzehn Bundesländern** mit wechselnder Anzahl von Stationen erfasst. *Tabelle 3.3-1* zeigt die Übersicht. Insgesamt sind für diesen Zeitraum die Daten von **258 Messstationen** erhoben worden. An **90 Standorten** wurde permanent von 1998 bis 2002 gemessen, an 38 Stationen mindestens vier Jahre. Die Zahl der erfassten Messstationen pro Jahr liegt zwischen 155 und 187.

**Tabelle 3.3.-1: Immissionsmessungen – Anzahl der erfassten messenden Stationen nach Ländern und Jahren**

	1998	1999	2000	2001	2002
Baden-Württemberg	71	72	64	64	61
Bayern	7	7	7	7	7
Brandenburg	3	4	2	8	7
Hansestadt Hamburg	4	3	1	1	1
Hessen	-	21	21	19	19
Mecklenburg-Vorpommern	3	4	3	3	4
Niedersachsen	-	-	-	-	2
Nordrhein-Westfalen	53	54	58	21	19
Rheinland-Pfalz	-	-	-	-	4
Saarland	2	4	4	3	3
Sachsen	18	14	15	16	15
Sachsen-Anhalt	-	-	-	-	3
Schleswig-Holstein	3	3	3	7	7
Thüringen	2	1	2	6	9
Stationen gesamt	166	187	180	155	161



### Depositionsmessstationen

Von 1998 bis 2002 wurden Schwermetalldaten von *maximal neun Bundesländern* mit wechselnder Anzahl von Stationen erhoben. *Tabelle 3.3-2* zeigt die Übersicht. Insgesamt sind für diesen Zeitraum die Daten von **141 Messstationen** erfasst worden. An **94 Standorten** wurde permanent von 1998 bis 2002 gemessen, an 7 Stationen mindestens vier Jahre. Die Zahl der erfassten Messstationen pro Jahr liegt zwischen 107 und 129.

**Tabelle 3.3.-2: Depositionsmessungen – Anzahl der erfassten messenden Stationen nach Ländern und Jahren**

	1998	1999	2000	2001	2002
Bayern	31	31	31	32	32
Brandenburg	6	7	1	4	4
Hansestadt Hamburg	3	11	3	3	3
Mecklenburg-Vorpommern	5	5	5	5	-
Niedersachsen	13	13	13	13	14
Saarland	4	4	4	4	4
Sachsen	29	29	18	16	15
Schleswig-Holstein	9	8	9	9	9
Thüringen	21	21	24	24	26
Stationen gesamt	121	129	108	110	107

### 3.3.2 Länderrepräsentanz

#### Immissionsmessstationen

Die erfassten 14 Länder (*Tabelle 3.3-1*) repräsentieren einen Flächenanteil an Deutschland von 354.988 km<sup>2</sup> (99,6 %) und einen Bevölkerungsanteil von 95 % (76 Mio. Einwohner). Da die Anzahl der Stationen pro Land sehr unterschiedlich ist, von maximal 72 in Baden-Württemberg bis zu einer Station in Thüringen, stellt sich die Frage, inwieweit die Länder territorial bzw. hinsichtlich der Bevölkerungszahl über- bzw. unterrepräsentiert sind.

Es wird im Folgenden für jedes Land ein Vergleich zwischen Anteil an Messstationen und Anteil an Fläche vorgenommen. Dies ergibt jeweils bezogen auf das durch die Summe der Länderflächen definierte Gebiet (das sind bei 14 Ländern fast 100 %) die in *Tabelle 3.3-3* ausgewiesenen prozentualen Anteile und eine aus der Differenz zu den Stationenanteilen resultierende Über- bzw. Unterrepräsentanz der einzelnen Länder bezüglich der Gebietssumme (*Tabelle 3.3-4*).

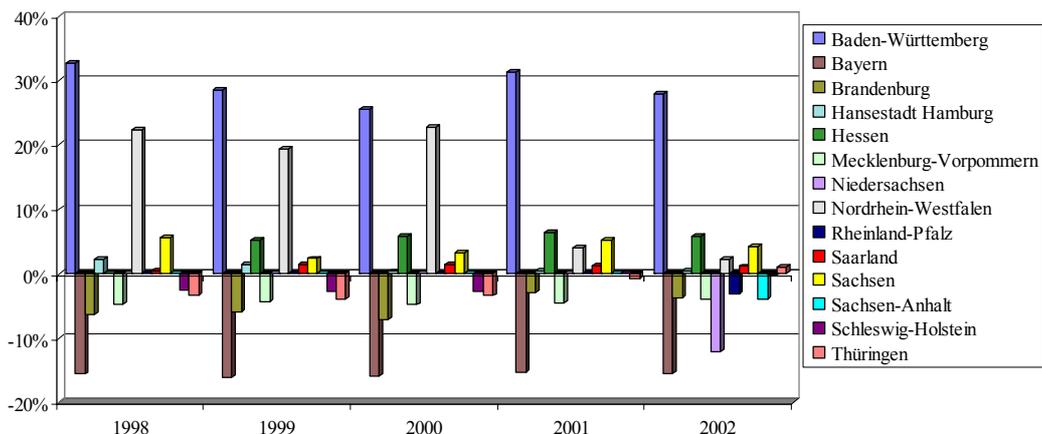
Weiterhin wird die obige Betrachtung auf die durch die Länder repräsentierten Anteile der Bevölkerung bezogen auf die Gesamtbevölkerung Deutschlands übertragen. Hierbei werden nicht die in der 4.TRL vorgesehenen Mindestanzahlen von Stationen entsprechend der Bevölkerungsdichte zu Grunde gelegt und ihre Verteilung in Ballungsgebieten untersucht, sondern nur die Repräsentanz der Länder durch die in dieser Arbeit erfassten Messstationen dargestellt (*Tabellen 3.3-5 und 3.3-6*).

**Tabelle 3.3-3: Stationen- und Gebietsanteile der beteiligten Länder jahresweise (Immission)**

	gesamt	BW	BY	BB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
<b>Stationenanteile</b>																
1998	166	42,8%	4,2%	1,8%	2,4%	-	1,8%	-	31,9%	-	1,2%	10,8%	-	1,8%	1,2%	
1999	187	38,5%	3,7%	2,1%	1,6%	11,2%	2,1%	-	28,9%	-	2,1%	7,5%	-	1,6%	0,5%	
2000	180	35,6%	3,9%	1,1%	0,6%	11,7%	1,7%	-	32,2%	-	2,2%	8,3%	-	1,7%	1,1%	
2001	155	41,3%	4,5%	5,2%	0,6%	12,3%	1,9%	-	13,5%	-	1,9%	10,3%	-	4,5%	3,9%	
2002	161	37,9%	4,3%	4,3%	0,6%	11,8%	2,5%	1,2%	11,8%	2,5%	1,9%	9,3%	1,9%	4,3%	5,6%	
<b>Gebietsanteile</b>																
1998	246.242 km <sup>2</sup>	14,5%	28,7%	11,8%	0,3%	0,0%	9,4%	-	13,8%	-	1,0%	7,4%	-	6,4%	6,6%	
1999	267.356 km <sup>2</sup>	13,4%	26,4%	10,9%	0,3%	7,9%	8,7%	-	12,7%	-	1,0%	6,9%	-	5,9%	6,1%	
2000	267.356 km <sup>2</sup>	13,4%	26,4%	10,9%	0,3%	7,9%	8,7%	-	12,7%	-	1,0%	6,9%	-	5,9%	6,1%	
2001	267.356 km <sup>2</sup>	13,4%	26,4%	10,9%	0,3%	7,9%	8,7%	-	12,7%	-	1,0%	6,9%	-	5,9%	6,1%	
2002	354.988 km <sup>2</sup>	10,1%	19,9%	8,2%	0,2%	5,9%	6,5%	13,3%	9,6%	5,6%	0,7%	5,2%	5,8%	4,4%	4,6%	

**Tabelle 3.3-4: Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf die Fläche der beteiligten Länder; Immission)**

	BW	BY	BB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH	
<b>Über- bzw. Unterrepräsentanz (bezogen auf beteiligte Länder)</b>															
1998	28,3%	-24,4%	-10,0%	2,1%	-	-7,6%	-	18,1%	-	0,2%	3,4%	-	-4,6%	-5,4%	
1999	25,1%	-22,6%	-8,7%	1,3%	3,3%	-6,5%	-	16,1%	-	1,2%	0,6%	-	-4,3%	-5,5%	
2000	22,2%	-22,5%	-9,8%	0,3%	3,8%	-7,0%	-	19,5%	-	1,3%	1,5%	-	-4,2%	-5,0%	
2001	27,9%	-21,9%	-5,7%	0,4%	4,4%	-6,7%	-	0,8%	-	1,0%	3,5%	-	-1,4%	-2,2%	
2002	27,8%	-15,5%	-3,8%	0,4%	5,9%	-4,0%	-12,1%	2,2%	-3,1%	1,1%	4,2%	-3,9%	-0,1%	1,0%	



**Abb. 3.3-1: Territoriale Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf gesamtes Bundesgebiet; Immission)**

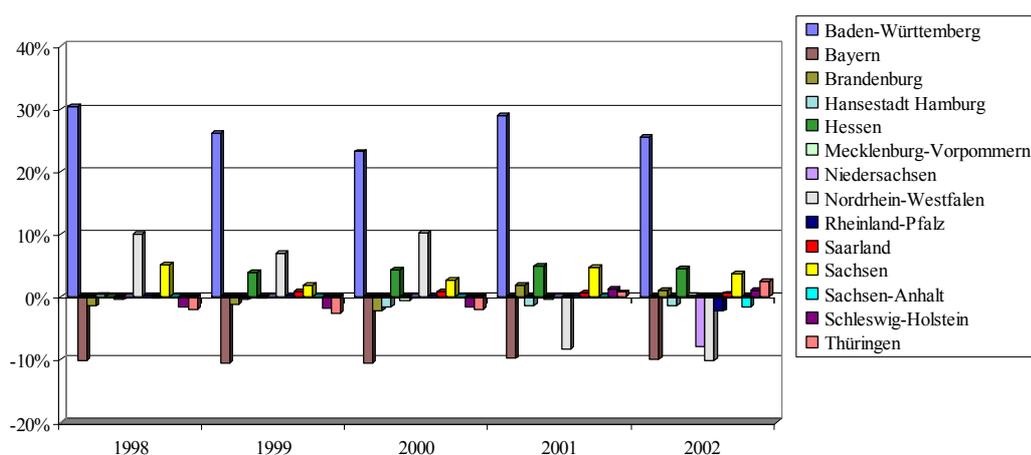


**Tabelle 3.3-5: Stationen- und Bevölkerungsanteile der beteiligten Länder jahresweise (Immission)**

	gesamt	BW	BY	BB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
<b>Stationenanteile</b>															
1998	166	42,8%	4,2%	1,8%	2,4%	-	1,8%	-	31,9%	-	1,2%	10,8%	-	1,8%	1,2%
1999	187	38,5%	3,7%	2,1%	1,6%	11,2%	2,1%	-	28,9%	-	2,1%	7,5%	-	1,6%	0,5%
2000	180	35,6%	3,9%	1,1%	0,6%	11,7%	1,7%	-	32,2%	-	2,2%	8,3%	-	1,7%	1,1%
2001	155	41,3%	4,5%	5,2%	0,6%	12,3%	1,9%	-	13,5%	-	1,9%	10,3%	-	4,5%	3,9%
2002	161	37,9%	4,3%	4,3%	0,6%	11,8%	2,5%	1,2%	11,8%	2,5%	1,9%	9,3%	1,9%	4,3%	5,6%
<b>Bevölkerungsanteile</b>															
1998	56,4 Mio.	14,5%	28,7%	11,8%	0,3%	0,0%	9,4%	-	13,8%	-	1,0%	7,4%	-	6,4%	6,6%
1999	62,3 Mio.	13,4%	26,4%	10,9%	0,3%	7,9%	8,7%	-	12,7%	-	1,0%	6,9%	-	5,9%	6,1%
2000	62,3 Mio.	13,4%	26,4%	10,9%	0,3%	7,9%	8,7%	-	12,7%	-	1,0%	6,9%	-	5,9%	6,1%
2001	62,3 Mio.	13,4%	26,4%	10,9%	0,3%	7,9%	8,7%	-	12,7%	-	1,0%	6,9%	-	5,9%	6,1%
2002	76,5 Mio.	10,1%	19,9%	8,2%	0,2%	5,9%	6,5%	13,3%	9,6%	5,6%	0,7%	5,2%	5,8%	4,4%	4,6%

**Tabelle 3.3-5: Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl bezogen auf Bevölkerungszahl (beteiligte Länder; Immission)**

	BW	BY	BB	HH	HE	MV	NI	NW	RP	SL	SN	ST	SH	TH
<b>Über- bzw. Unterrepräsentanz (bezogen auf Bevölkerungssumme der beteiligten Länder)</b>														
1998	25,0%	-16,3%	-2,9%	-0,6%	-	-1,5%	-	0,6%	-	-0,7%	2,7%	-	-3,0%	-3,3%
1999	22,5%	-14,9%	-2,1%	-1,1%	1,8%	-0,8%	-	0,5%	-	0,4%	0,1%	-	-2,7%	-3,5%
2000	19,5%	-14,7%	-3,2%	-2,2%	2,2%	-1,3%	-	3,8%	-	0,5%	1,0%	-	-2,7%	-3,0%
2001	25,2%	-14,1%	0,9%	-2,1%	2,8%	-1,0%	-	-14,8%	-	0,2%	2,9%	-	0,2%	-0,2%
2002	24,8%	-10,8%	0,9%	-1,6%	4,1%	0,1%	-8,5%	-11,3%	-2,6%	0,5%	3,3%	-1,8%	0,8%	2,3%



**Abb. 3.3-2: Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl in Bezug auf Bevölkerungsanteile (bezogen auf gesamtes Bundesgebiet; Immission)**

Abbildung 3.3-1 zeigt die aus der Differenz der Gebietsanteile zu den Stationenanteilen resultierende Über- bzw. Unterrepräsentanz der einzelnen Länder bezogen auf das *gesamte Bundesgebiet*. Beide Betrachtungen schließen ausnahmslos alle vorhandenen Daten ein. Sie dienen bei Verallgemeinerungen zur Einschätzung des Einflusses von Länderwerten.

Abbildung 3.3-2 zeigt die aus der Differenz aus den Bevölkerungsanteilen zu den Stationenanteilen resultierende Über- bzw. Unterrepräsentanz der einzelnen Länder bezogen auf die Gesamtbevölkerung der Bundesrepublik.

**Depositionsmessstationen**

Die erfassten 9 Länder (Tabelle 3.3.2) repräsentieren einen Flächenanteil an Deutschland von 223.764 km<sup>2</sup> (62,8 %). Da auch hier die Anzahl der Stationen pro Land sehr unterschiedlich ist, von maximal 32 in Bayern bis zu einer Station in Brandenburg, soll die Über- bzw. Unterrepräsentanz einzelner Länder geklärt werden.

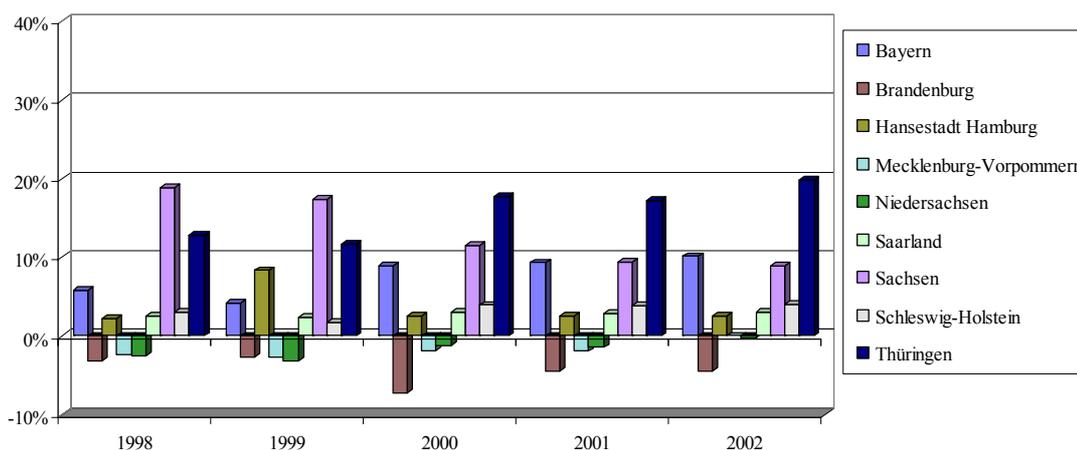
Der Vergleich zwischen Anteil an Messstationen und Anteil an Fläche ergibt entsprechend den Vergleichsmodalitäten für die Immissionsmessstationen die in Tabelle 3.3-5 ausgewiesenen prozentualen Anteile und eine daraus resultierende Über- bzw. Unterrepräsentanz der einzelnen Länder bezüglich der Gebietssumme (Tabelle 3.3-6).

**Tabelle 3.3-7: Stationen- und Gebietsanteile der beteiligten Länder jahresweise (Deposition)**

	gesamt	BY	BB	HH	MV	NI	SL	SN	SH	TH
<b>Stationenanteile</b>										
1998	121	25,6%	5,0%	2,5%	4,1%	10,7%	3,3%	24,0%	7,4%	17,4%
1999	129	24,0%	5,4%	8,5%	3,9%	10,1%	3,1%	22,5%	6,2%	16,3%
2000	108	28,7%	0,9%	2,8%	4,6%	12,0%	3,7%	16,7%	8,3%	22,2%
2001	110	29,1%	3,6%	2,7%	4,5%	11,8%	3,6%	14,5%	8,2%	21,8%
2002	107	29,9%	3,7%	2,8%	0,0%	13,1%	3,7%	14,0%	8,4%	24,3%
<b>Gebietsanteile</b>										
1998	223.764 km <sup>2</sup>	31,5%	13,0%	0,3%	10,4%	21,2%	1,1%	8,2%	7,0%	7,3%
1999	223.764 km <sup>2</sup>	31,5%	13,0%	0,3%	10,4%	21,2%	1,1%	8,2%	7,0%	7,3%
2000	223.764 km <sup>2</sup>	31,5%	13,0%	0,3%	10,4%	21,2%	1,1%	8,2%	7,0%	7,3%
2001	223.764 km <sup>2</sup>	31,5%	13,0%	0,3%	10,4%	21,2%	1,1%	8,2%	7,0%	7,3%
2002	200.594 km <sup>2</sup>	35,2%	14,5%	0,4%	-	23,6%	1,3%	9,1%	7,8%	8,1%

**Tabelle 3.3-8: Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf die Fläche der beteiligten Länder; Deposition)**

	BY	BB	HH	MV	NI	SL	SN	SH	TH
<b>Über- bzw. Unterrepräsentanz (bezogen auf beteiligte Länder)</b>									
1998	-5,9%	-8,0%	2,1%	-6,2%	-10,4%	2,2%	15,8%	0,4%	10,1%
1999	-7,5%	-7,6%	8,2%	-6,5%	-11,1%	2,0%	14,3%	-0,8%	9,0%
2000	-2,8%	-12,1%	2,4%	-5,7%	-9,1%	2,6%	8,5%	1,3%	15,0%
2001	-2,4%	-9,3%	2,4%	-5,8%	-9,3%	2,5%	6,4%	1,2%	14,6%
2002	-5,3%	-10,7%	2,4%	-	-10,5%	2,5%	4,9%	0,6%	16,2%



**Abb. 3.3-3: Territoriale Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf gesamtes Bundesgebiet; Deposition)**

Abbildung 3.3-3 zeigt die Über- bzw. Unterrepräsentanz der einzelnen Länder bezogen auf das gesamte Bundesgebiet. Die Vergleiche erhielten jedoch ganz andere Relationen, wenn z.B. Messdaten aus Nordrhein-Westfalen oder Hessen im Datenbestand vorhanden wären.

### 3.4 Messstatistik und Datenanalyse

#### 3.4.1 Messdichte / Datendichte der Ländermesswerte

Die übergebenen *Immissionsdaten* repräsentieren in Abhängigkeit von den Ländern Werte vom Tagessmittel bis zum Monatsmittel. Die Anzahl der 24-Stunden-Messungen pro Monat differiert länderabhängig und jahresabhängig, sie reicht von etwa 5 (Schleswig-Holstein 2001 und 2002) bis zu täglichen Messungen (Saarland). *Tabelle 3.4-1* zeigt im Überblick für die einzelnen Länder und Jahre sowohl die Art des übergebenen statistischen Mittelwertes als auch die mittlere Anzahl dieser Werte pro Station und die Anzahl der messenden Stationen als eine repräsentative Größe für die Datendichte des Gesamtbestandes.

Die Ländermessprogramme sind bezüglich der Datenerhebung nicht immer homogen für alle Stationen. So werden die Konzentrationswerte für Blei in einigen Fällen jahresweise doppelt so häufig bestimmt wie die der anderen Schwermetalle. Näherungsweise kann jedoch die Anzahl Werte pro Station eines Bundeslandes als allgemeingültige Aussage für jede Station dieses Landes gewertet werden.

Die Hintergrundinformationen zu den Monatsmittelwerten sind aus *Tabelle 2-1* ablesbar. Dort sind die Messzyklen für die einzelnen Länder aufgelistet. So entsprechen z.B. für Baden-Württemberg die übergebenen Monatsmittelwerte im Mittel etwa 85 gemessenen 24-Stunden-Werten im Jahr (23 % zeitliche Abdeckung pro Jahr).

Die übergebenen *Depositionsdaten* sind bis auf zwei Ausnahmen Monatswerte. Brandenburg analysiert seit 1996 Quartalsproben, und das Saarland hat Halbjahresmittelwerte zur Verfügung gestellt.



**Tabelle 3.4-1: Mittelwertcharakter und Dichten der Länderdaten**

<i>Land</i>	<i>Jahr</i>	<i>vorliegende Werte</i>	<i>mittlere Anzahl Werte pro Station und Jahr</i>	<i>Anzahl Stationen</i>
Baden-Württemberg	1998	Monatsmittel	12	71
Baden-Württemberg	1999	Monatsmittel	12	72
Baden-Württemberg	2000	Monatsmittel	12	64
Baden-Württemberg	2001	Monatsmittel	12	64
Baden-Württemberg	2002	Monatsmittel	12	61
Bayern	1998	Monatsmittel	12	7
Bayern	1999	Monatsmittel	12	7
Bayern	2000	Monatsmittel	12	7
Bayern	2001	Monatsmittel	12	7
Bayern	2002	Monatsmittel	12	7
Brandenburg	1998	24-Stunden-Mittel	91	3
Brandenburg	1999	24- und 48-Stunden-Mittel	85	4
Brandenburg	2000	Wochenmittel, 24-Stunden-Mittel	63	2
Brandenburg	2001	24- und 48-Stunden-Mittel, Wochenmittel	47	8
Brandenburg	2002	24- und 48-Stunden-Mittel, Wochenmittel	34	7
Hansestadt Hamburg	1998	Monatsmittel	12	4
Hansestadt Hamburg	1999	Monatsmittel	12	3
Hansestadt Hamburg	2000	Monatsmittel	13	1
Hansestadt Hamburg	2001	Monatsmittel	12	1
Hansestadt Hamburg	2002	Monatsmittel	12	1
Hessen	1999	24-Stunden-Mittel	60	21
Hessen	2000	24-Stunden-Mittel	60	21
Hessen	2001	24-Stunden-Mittel	60	19
Hessen	2002	24-Stunden-Mittel	61	19
Mecklenburg-Vorpommern	1998	Monatsmittel	12	3
Mecklenburg-Vorpommern	1999	Monatsmittel	12	4
Mecklenburg-Vorpommern	2000	Monatsmittel	12	3
Mecklenburg-Vorpommern	2001	Monatsmittel	12	3
Mecklenburg-Vorpommern	2002	Monatsmittel	12	4
Niedersachsen	2002	Wochenmittel	89	2
Nordrhein-Westfalen	1998	24-Stunden-Mittel	99	53
Nordrhein-Westfalen	1999	24-Stunden-Mittel	97	54
Nordrhein-Westfalen	2000	24-Stunden-Mittel	98	58
Nordrhein-Westfalen	2001	24-Stunden-Mittel	125	21
Nordrhein-Westfalen	2002	24-Stunden-Mittel	124	19
Rheinland-Pfalz	2002	24-Stunden-Mittel	106	4
Saarland	1998	24-Stunden-Mittel	292	2
Saarland	1999	24-Stunden-Mittel	327	4
Saarland	2000	24-Stunden-Mittel	338	4
Saarland	2001	24-Stunden-Mittel	353	3
Saarland	2002	24-Stunden-Mittel	350	3
Sachsen	1998	24-Stunden-Mittel	161	18
Sachsen	1999	24-Stunden-Mittel	170	14
Sachsen	2000	24-Stunden-Mittel	359	15
Sachsen	2001	24-Stunden-Mittel	353	16
Sachsen	2002	24-Stunden-Mittel	352	15
Sachsen-Anhalt	2002	24-Stunden-Mittel	230	3
Schleswig-Holstein	1998	24-Stunden-Mittel	180	3
Schleswig-Holstein	1999	24-Stunden-Mittel	182	3
Schleswig-Holstein	2000	24-Stunden-Mittel	168	3
Schleswig-Holstein	2001	24-Stunden-Mittel	61	7
Schleswig-Holstein	2002	24-Stunden-Mittel	60	7
Thüringen	1998	24- und 48-Stunden-Mittel	66	2
Thüringen	1999	Monatsmittel	12	1
Thüringen	2000	24- und 48-Stunden-Mittel	65	2
Thüringen	2001	24- und 48-Stunden-Mittel	97	6
Thüringen	2002	24- und 48-Stunden-Mittel	115	9



### 3.4.2 Messdichte / Datendichte der Staub- und Schwermetallwerte

In den Tabellen 3.4-2 (Schwebstaub) und 3.4-3 (Staubniederschlag) ist für den Betrachtungszeitraum von 1998 bis 2002 für Staub und die ausgewählten Schwermetalle und für jedes messende Land die Anzahl der messenden Stationen dargestellt. Anhand dieser Übersicht ist auf Grund der geringen Messdichte die Schlussfolgerung zu ziehen, dass für einige Inhaltsstoffe auf Grund der Datenlage statistische Untersuchungen für eine deutschlandweite Aussage nicht oder nur sehr bedingt in Frage kommen (z.B. Quecksilber).

**Tabelle 3.4-2: Messungen der Länder - Anzahl der Messstationen für Staub und Inhaltsstoffe (Schwebstaub)**

Jahr	Land	Staub	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Pb	Zn
1998	Baden-Württemberg	-	41	41	-	-	41	-	71	-
1999	Baden-Württemberg	-	41	41	-	-	41	-	72	-
2000	Baden-Württemberg	-	64	64	-	-	64	-	64	-
2001	Baden-Württemberg	-	64	63	-	-	64	-	64	-
2002	Baden-Württemberg	-	61	61	-	-	61	-	61	-
1998	Bayern	-	-	-	-	-	-	-	7	-
1999	Bayern	-	-	-	-	-	-	-	7	-
2000	Bayern	-	-	-	-	-	-	-	7	-
2001	Bayern	-	-	-	-	-	-	-	7	-
2002	Bayern	-	-	-	-	-	-	-	7	-
1998	Brandenburg	3	3	3	1	2	3	-	3	1
1999	Brandenburg	3	3	3	3	3	4	-	4	2
2000	Brandenburg	2	2	2	2	2	2	-	2	2
2001	Brandenburg	6	6	8	8	3	8	-	7	1
2002	Brandenburg	5	5	7	7	2	7	-	7	1
1998	Hansestadt Hamburg	4	4	4	-	4	1	-	4	-
1999	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	1	-	3	-
2000	Hansestadt Hamburg	1	1	1	-	1	-	-	1	-
2001	Hansestadt Hamburg	1	1	1	-	1	-	-	1	-
2002	Hansestadt Hamburg	1	1	1	-	1	-	-	1	-
1999	Hessen	-	21	21	21	21	21	-	21	-
2000	Hessen	-	21	21	21	21	21	-	21	-
2001	Hessen	-	19	19	19	19	19	-	19	-
2002	Hessen	-	19	19	19	19	19	-	19	-
1998	Mecklenburg-Vorpommern	3	3	3	3	3	-	-	3	-
1999	Mecklenburg-Vorpommern	4	4	4	4	4	-	-	4	-
2000	Mecklenburg-Vorpommern	3	3	3	3	3	3	-	3	-
2001	Mecklenburg-Vorpommern	3	3	3	3	3	3	-	3	-
2002	Mecklenburg-Vorpommern	4	4	4	4	4	4	-	4	-
2002	Niedersachsen	2	2	2	-	2	2	-	2	2
2003	Niedersachsen	2	2	2	-	2	2	-	2	2
1998	Nordrhein-Westfalen	53	53	53	-	-	53	-	53	5
1999	Nordrhein-Westfalen	54	54	54	-	-	54	-	54	8
2000	Nordrhein-Westfalen	58	58	58	2	-	58	-	58	10
2001	Nordrhein-Westfalen	-	21	21	19	-	21	-	21	21
2002	Nordrhein-Westfalen	19	19	19	18	-	19	-	19	19
2002	Rheinland-Pfalz	-	4	4	-	-	4	-	4	-
1998	Saarland	-	2	2	2	2	2	-	2	2
1999	Saarland	-	4	4	4	4	4	-	4	4
2000	Saarland	-	4	4	4	4	4	-	4	4
2001	Saarland	-	3	3	3	3	3	-	3	3
2002	Saarland	-	3	3	3	3	3	-	3	3
1998	Sachsen	-	18	18	18	-	18	-	18	-
1999	Sachsen	-	14	14	14	-	14	-	14	-
2000	Sachsen	-	15	15	15	-	15	-	15	-
2001	Sachsen	-	16	16	16	-	16	-	16	-
2002	Sachsen	-	15	15	15	-	15	-	15	-
2002	Sachsen-Anhalt	-	3	3	3	-	3	-	3	-



**Fortsetzung Tabelle 3.4-2: Messungen der Länder - Anzahl der Messstationen für Staub und Inhaltsstoffe (Schwebstaub)**

Jahr	Land	Staub	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Pb	Zn
1998	Schleswig-Holstein	-	3	3	-	-	3	-	3	-
1999	Schleswig-Holstein	-	3	3	-	-	3	-	3	-
2000	Schleswig-Holstein	-	3	3	-	-	3	-	3	-
2001	Schleswig-Holstein	7	7	7	-	-	7	-	7	-
2002	Schleswig-Holstein	7	7	7	-	-	7	-	7	-
1998	Thüringen	-	1	2	1	1	1	1	2	-
1999	Thüringen	-	-	1	-	1	1	1	1	1
2000	Thüringen	-	1	2	1	1	2	-	2	1
2001	Thüringen	-	5	6	5	1	6	-	6	6
2002	Thüringen	-	8	9	2	3	9	-	9	3

**Tabelle 3.4-3: Messungen der Länder - Anzahl der Messstationen für Staub und Inhaltsstoffe (Staubniederschlag)**

Jahr	Land	Staub	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Pb	Zn
1998	Bayern	31	-	31	31	31	31	-	-	31
1998	Brandenburg	6	6	6	3	-	6	-	6	5
1998	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	-	-	3	3
1998	Mecklenburg-Vorpommern	5	-	5	5	5	5	-	5	-
1998	Niedersachsen	13	-	13	13	13	-	-	13	13
1998	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1998	Sachsen	-	-	29	-	-	-	-	29	-
1998	Schleswig-Holstein	8	8	8	-	9	8	-	8	-
1998	Thüringen	-	-	21	21	21	21	-	21	21
1999	Bayern	31	-	31	31	31	31	-	31	31
1999	Brandenburg	7	7	7	4	-	7	-	7	6
1999	Hansestadt Hamburg	11	11	11	1	11	1	-	11	9
1999	Mecklenburg-Vorpommern	5	-	5	5	5	5	-	5	-
1999	Niedersachsen	13	-	13	13	13	-	-	13	13
1999	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1999	Sachsen	-	-	29	-	-	-	-	29	-
1999	Schleswig-Holstein	8	8	8	-	8	8	-	8	-
1999	Thüringen	-	-	21	21	21	21	-	21	21
2000	Bayern	31	-	31	31	31	31	-	31	31
2000	Brandenburg	1	1	1	1	-	1	-	1	-
2000	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	-	-	3	-
2000	Mecklenburg-Vorpommern	5	-	5	5	5	5	-	5	-
2000	Niedersachsen	13	-	13	13	13	-	-	13	13
2000	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2000	Sachsen	-	-	18	-	-	-	-	18	-
2000	Schleswig-Holstein	9	9	9	-	9	9	-	9	-
2000	Thüringen	-	24	24	24	-	24	-	24	24
2001	Bayern	32	-	32	32	32	32	-	32	32
2001	Brandenburg	4	2	4	3	2	4	-	4	2
2001	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	-	-	3	-
2001	Mecklenburg-Vorpommern	5	-	5	5	5	5	-	5	-
2001	Niedersachsen	13	-	13	13	13	-	-	13	13
2001	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2001	Sachsen	-	-	16	-	-	-	-	16	-
2001	Schleswig-Holstein	9	9	9	-	9	9	-	9	-
2001	Thüringen	-	24	24	24	-	24	-	24	24
2002	Bayern	32	32	32	32	32	32	-	32	32
2002	Brandenburg	4	2	4	3	2	4	-	4	2
2002	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	3	-	3	3
2002	Niedersachsen	14	-	14	14	14	-	-	14	14
2002	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2002	Sachsen	-	-	15	-	-	-	-	15	-
2002	Schleswig-Holstein	9	9	9	-	9	9	-	9	-
2002	Thüringen	-	26	26	-	-	-	-	26	-



### 3.4.3 Messdichte / Datendichte der Messstationenkategorien

Die Einstufung der Messstellen nach Gebiets- und Stationstypen mit ihrer Unterteilung in verschiedene Level ist im *Kapitel 2.3* beschrieben.

#### 3.4.3.1 Datendichte nach erfassten Ländern

Anhand der Datenanalyse hat sich (ebenso wie für die Auswertung der PAK-Messwerte) ergeben, dass im Gebietstyp die Unterteilung nach einem 2. Level (Abstand zu den Hauptemissionsgebieten) dazu führt, dass die Stationsdichte für eine repräsentative Mittelwertbildung nicht mehr ausreicht, weshalb bei der Auswertung darauf verzichtet wird.

#### Immissionsmessstationen

*Tabelle 3.4-4* gibt die Anzahl der Stationen in den einzelnen Stationskategorien für die Länder an. Gut besetzt sind die Stationskategorien SB, UB und UT, was zum einen auf die umfangreichen Messprogramme von Nordrhein-Westfalen (bis zum Jahr 2000) und Baden-Württemberg zurückzuführen ist und zum anderen darauf, dass die Messnetze schrittweise zu Multikomponentenstationen ausgebaut wurden. *Abbildung 3.4-1* zeigt grafisch die Anteile der einzelnen Kategorien an der Gesamtzahl der Stationen.

Die Stationskategorien RI, RT, UI sind wegen unzureichender Datenbasis statistisch nicht auswertbar. Es ist bei der Beurteilung der Datenlage zu beachten, dass als weitere Dimension der *Tabelle 3.4-4* Staub und die verschiedenen Inhaltsstoffe hinzukommen, die bei weitem nicht alle an allen Stationen gemessen wurden.

Die detaillierte Aufstellung zur Stationencharakterisierung über den gesamten Erfassungszeitraum ab 1990 ist im Anhang A *Tabelle A-3* zu finden.

Die *geografische Verteilung der Messstationen auf das Gebiet der Bundesrepublik* für die Betrachtungsjahre 1998 bis 2002 ist in den *Abbildungen A-1 bis A-5* im Anhang A dargestellt. Während z. B. in Sachsen eine homogene territoriale Verteilung vorliegt, sind die Messstationen in Nordrhein-Westfalen bis 2000 (Ruhrgebiet), in Baden-Württemberg (Großraum Stuttgart) und Hessen (Rhein-Main-Gebiet) vorwiegend auf die Ballungsgebiete konzentriert.

Die aus den Grafiken herauszulesenden Veränderungen in den Messnetzen zwischen 1998 und 2002 sind groß. Dass trotzdem von 90 Stationen Messwerte über den gesamten Zeitraum vorliegen, ist vor allem auf die Homogenität des Messprogramms von Baden-Württemberg zurückzuführen.

**Tabelle 3.4-4: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Immission)**

Jahr	Land	RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT	Summe
1998	Baden-Württemberg	4	-	-	26	5	5	19	1	11	71
	Bayern	-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
	Brandenburg	-	-	-	2	-	-	1	-	-	3
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	1	3	-	4
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
	Nordrhein-Westfalen	3	-	1	31	2	7	3	1	5	53
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
	Sachsen	3	-	-	-	1	5	-	-	9	18
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2
	gesamt	11	1	1	60	8	17	26	5	37	166

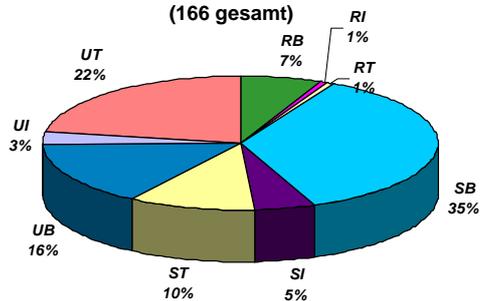


**Fortsetzung Tabelle 3.4-4: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Immission)**

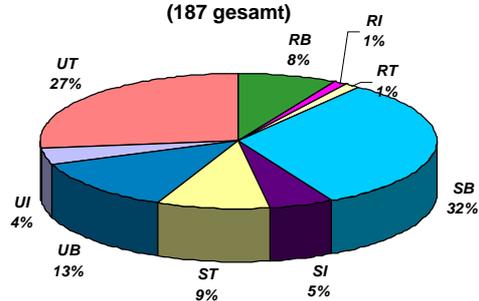
<i>Jahr</i>	<i>Land</i>	<i>RB</i>	<i>RI</i>	<i>RT</i>	<i>SB</i>	<i>SI</i>	<i>ST</i>	<i>UB</i>	<i>UI</i>	<i>UT</i>	<i>Summe</i>
1999	Baden-Württemberg	5	-	-	25	5	6	19	1	11	72
	Bayern	-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
	Brandenburg	1	-	-	2	-	-	1	-	-	4
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	1	2	-	3
	Hessen	2	1	-	1	2	2	-	3	10	21
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	1	-	-	-	-	-	3	4
	Nordrhein-Westfalen	3	-	1	31	2	7	2	1	7	54
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	3	4
	Sachsen	3	-	-	-	1	2	-	-	8	14
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
	Gesamt	15	2	2	60	10	17	24	7	50	187
	2000	Baden-Württemberg	5	-	2	24	5	6	13	1	8
Bayern		-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
Brandenburg		1	-	-	1	-	-	-	-	-	2
Hansestadt Hamburg		-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Hessen		2	1	-	1	2	2	-	3	10	21
Mecklenburg-Vorpommern		-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
Nordrhein-Westfalen		3	-	1	31	2	7	2	3	9	58
Saarland		-	-	-	1	-	-	-	-	3	4
Sachsen		4	-	-	-	1	2	-	-	8	15
Schleswig-Holstein		1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
Thüringen		-	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Gesamt		16	2	3	58	10	17	17	8	49	180
2001		Baden-Württemberg	5	-	2	24	5	6	13	1	8
	Bayern	-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
	Brandenburg	2	-	-	-	-	-	2	1	3	8
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	Hessen	2	1	-	1	1	1	-	3	10	19
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
	Nordrhein-Westfalen	1	-	-	5	1	1	1	4	8	21
	Saarland	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
	Sachsen	3	-	-	-	1	2	1	-	9	16
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	5	7
	Thüringen	1	-	-	-	-	-	3	-	2	6
	Gesamt	15	2	2	30	8	10	21	10	57	155
	2002	Baden-Württemberg	5	-	-	24	4	6	13	1	8
Bayern		-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
Brandenburg		2	-	-	-	-	-	2	1	2	7
Hansestadt Hamburg		-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
Hessen		2	1	-	1	1	1	-	3	10	19
Mecklenburg-Vorpommern		-	-	1	-	-	-	-	-	3	4
Niedersachsen		1	-	-	-	-	-	-	1	-	2
Nordrhein-Westfalen		1	-	-	4	1	2	1	4	6	19
Rheinland-Pfalz		1	-	-	-	-	1	-	1	1	4
Saarland		-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
Sachsen		3	-	-	-	-	2	1	-	9	15
Sachsen-Anhalt		-	-	-	-	1	-	1	-	1	3
Schleswig-Holstein		1	1	-	-	-	-	-	-	5	7
Thüringen	-	-	-	-	-	-	5	2	2	9	
Gesamt	16	2	1	29	7	12	24	14	56	161	



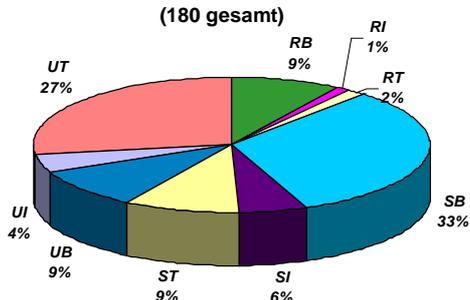
Kategorien der Immissionsmessstationen 1998  
(166 gesamt)



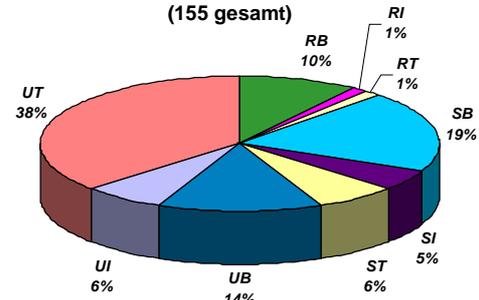
Kategorien der Immissionsmessstationen 1999  
(187 gesamt)



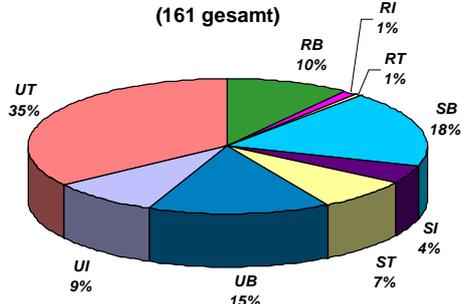
Kategorien der Immissionsmessstationen 2000  
(180 gesamt)



Kategorien der Immissionsmessstationen 2001  
(155 gesamt)



Kategorien der Immissionsmessstationen 2002  
(161 gesamt)



S	Suburban	B	Background
U	Urban	I	Industrial
R	Rural	T	Traffic

Abb. 3.4-1: Stationskategorien der Messstationen von 1998 bis 2002 (Immission)

### Depositionsmessstationen

Tabelle 3.4-5 gibt für die Staubbiederschlagsmessungen die Anzahl der Stationen in den einzelnen Stationskategorien für die Länder an. Die Stationskategorien RB, UB und UT sind gut besetzt (Abbildung 3.4-2). Die Stationskategorien RI, RT, SI und ST sind wegen unzureichender Datenbasis statistisch nicht auswertbar.

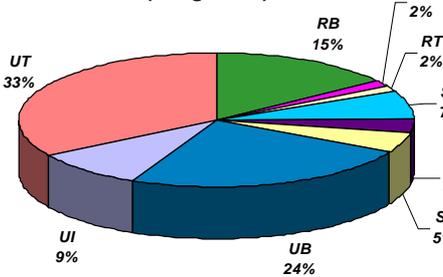
Die detaillierte Aufstellung zur Stationencharakterisierung über den gesamten Erfassungszeitraum ab 1986 ist im Anhang A Tabelle A-4 zu finden

Tabelle 3.4-5: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Deposition)

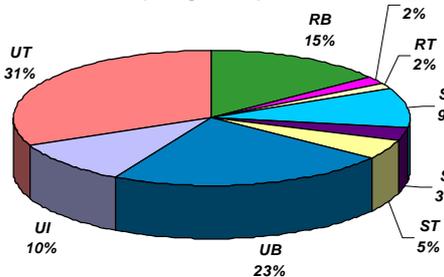


Jahr	Land	RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT	Summe	
1998	Bayern	1	1	-	2	1	-	8	4	14	31	
	Brandenburg	-	-	-	1	1	-	2	1	1	6	
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	
	Mecklenburg-Vorpommern	2	-	2	-	-	-	-	-	1	5	
	Niedersachsen	5	-	-	3	-	1	-	3	1	13	
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	4
	Sachsen	5	-	-	1	1	5	5	-	12	29	
	Schleswig-Holstein	4	1	-	-	-	-	2	-	2	9	
	Thüringen	1	-	-	-	-	-	12	-	8	21	
	gesamt		18	2	2	8	4	6	29	11	41	121
1999	Bayern	1	1	-	2	1	-	8	4	14	31	
	Brandenburg	1	-	-	1	1	-	2	1	1	7	
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	4	-	-	2	5	-	11	
	Mecklenburg-Vorpommern	2	-	2	-	-	-	-	-	1	5	
	Niedersachsen	5	-	-	3	-	1	-	3	1	13	
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	4
	Sachsen	5	-	-	1	1	5	5	-	12	29	
	Schleswig-Holstein	4	1	-	-	-	-	1	-	2	8	
	Thüringen	1	-	-	-	-	-	12	-	8	21	
	gesamt		19	2	2	12	4	6	30	13	41	129
2000	Bayern	1	1	-	2	1	-	8	4	14	31	
	Brandenburg	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3	
	Mecklenburg-Vorpommern	2	-	2	-	-	-	-	-	1	5	
	Niedersachsen	5	-	-	3	-	1	-	3	1	13	
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2	4
	Sachsen	2	-	-	-	1	4	2	-	9	18	
	Schleswig-Holstein	4	1	-	-	-	-	1	-	3	9	
	Thüringen	2	-	-	-	-	-	13	-	9	24	

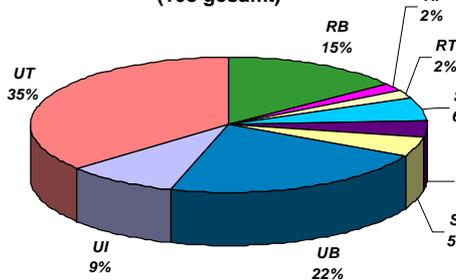
Kategorien der Depositionsmessstationen 1998 (121 gesamt)



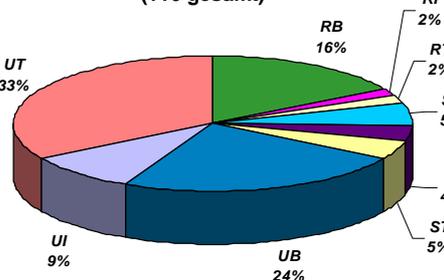
Kategorien der Depositionsmessstationen 1999 (129 gesamt)



Kategorien der Depositionsmessstationen 2000 (108 gesamt)



Kategorien der Depositionsmessstationen 2001 (110 gesamt)



Kategorien der Depositionsmessstationen 2002 (107 gesamt)

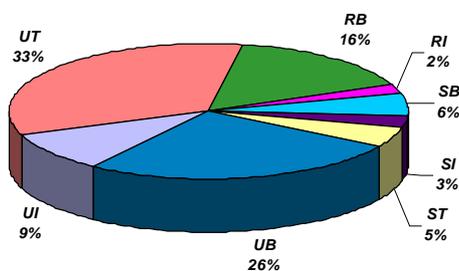


Abb. 3.4-2: Stationskategorien der Messstationen von 1998 bis 2002 (Deposition)

### 3.4.3.2 Datendichte nach Gebiets- und Stationstypen

#### Immissionsmessstationen

Die Verteilung der erfassten Messstationen nach *Gebietstypen* in der Bundesrepublik zeigt *Abbildung 3.4-3* exemplarisch für die Jahre 1998 und 2002. Es finden in diesem Zeitraum territoriale Verschiebungen statt, die Anzahl der Messstationen verändert sich wenig: 1998 sind es 166, im Jahre 2002 noch 151 Stationen. Eine starke Abnahme an Stationen ist in Nordrhein-Westfalen zu verzeichnen (von 53 Stationen im Jahr 1998 auf 19 im Jahr 2002). Die Anzahl der beteiligten Länder steigt in diesem Zeitraum von 10 auf 14.

Der Anteil der ländlichen Stationen liegt im gesamten Zeitraum um 10 %. Der Anteil der vorstädtischen Stationen sinkt von 50 % auf 30 %, während im Gegenzug die Anzahl von Messstationen im städtischen Milieu um 20 % auf 60 % aller Stationen anwächst (*Tabelle 3.4-7*).

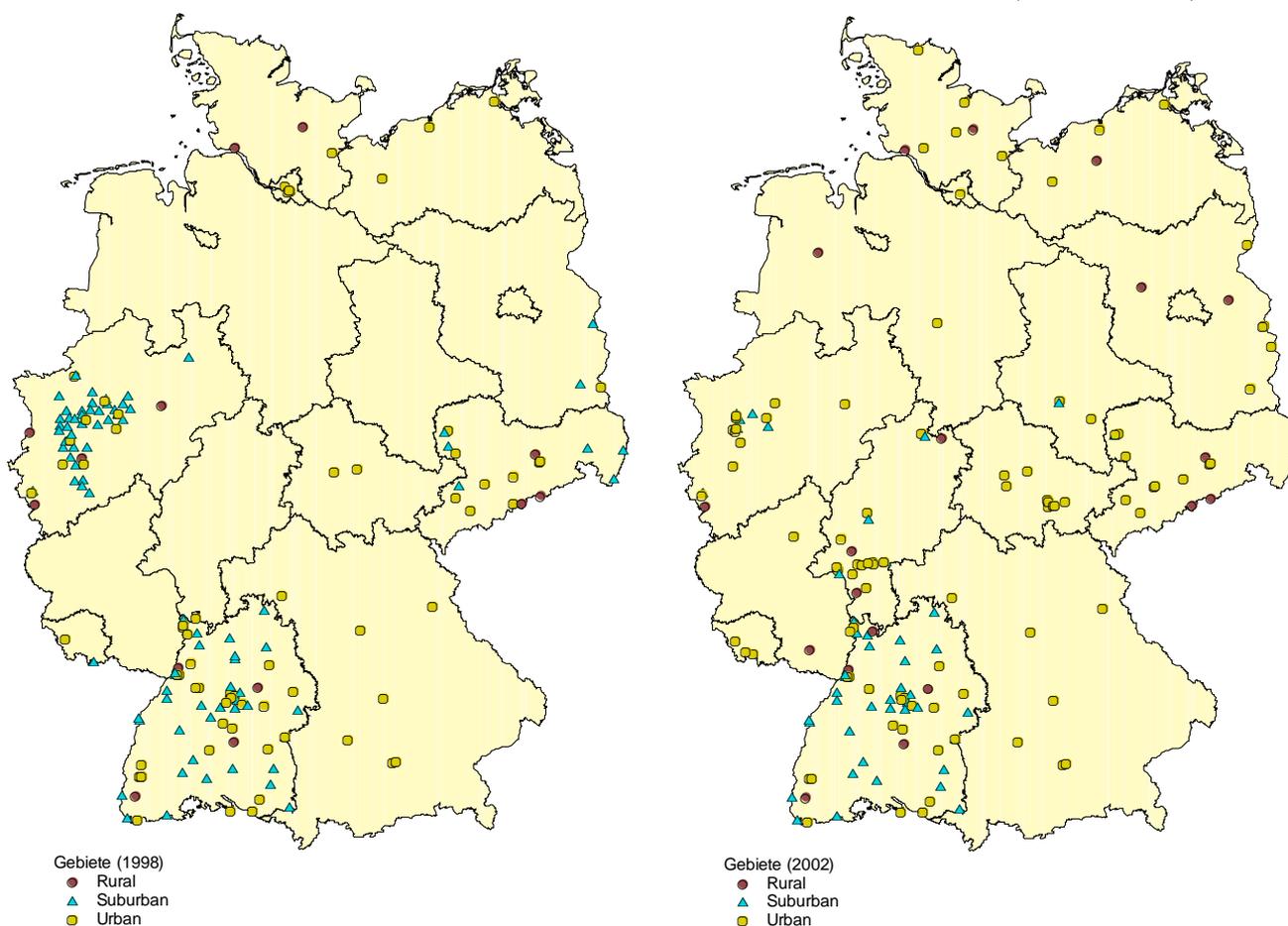


Abb. 3.4-3: Verteilung der Schwermetallmessstationen nach Gebietstypen (Immission)

Die Verteilung der erfassten Messstationen nach *Stationstypen* ist in *Abbildung 3.4-4* exemplarisch ebenfalls für die Jahre 1998 und 2002 dargestellt. Auch hier sind territoriale Ver-

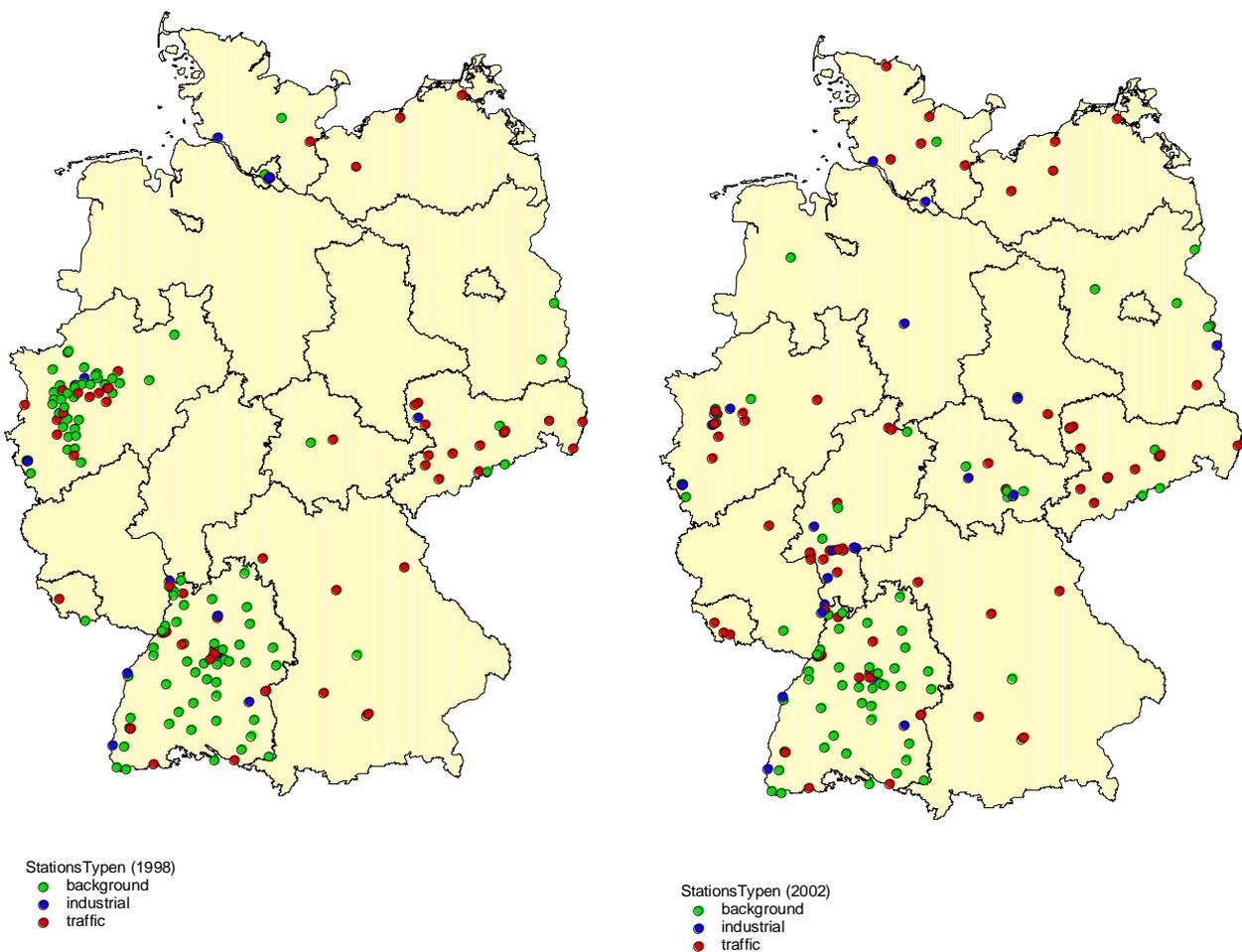
schiebungen und eine leichte Schwerpunktverlagerung hinsichtlich der Stationstypen zu Ungunsten der Backgroundstationen zu erkennen.

Den Anteil an Stationen der beteiligten Länder bezogen auf die Gesamtzahl der messenden Stationen hinsichtlich der verschiedenen Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt *Tabelle 3.4-6*. Weiterhin sind aus dieser Tabelle die Verlagerungen der Schwerpunkte von Ländermessprogrammen in einzelnen Zeitabschnitten ablesbar.

Während Baden-Württemberg z.B. im Jahr 1998 noch 46 % aller in Deutschland im städtischen Milieu messenden Stationen betrieb, waren es im Jahre 2002 noch 23 %. Dafür nahm die Anzahl der Messstationen im vorstädtischen Bereich von 42 % auf 70 % aller in diesem Gebietstyp messenden Stationen zu.

Zwischen 50 und 60 % aller Backgroundstationen wurden über die gesamte Zeitspanne in Baden Württemberg betrieben.

Weiterhin ist sowohl aus den *Abbildungen 3.4-3 und 3.4-4* als auch aus *Tabelle 3.4-6* ersichtlich, dass im Jahre 1998 Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen auf Grund ihrer großen Messstellenanzahl fast alle Gruppen dominieren, während 2002 nur noch Baden-Württemberg dominant ist.





**Abb. 3.4-4: Verteilung der Messstationen nach Stationstypen (Immission)**

**Tabelle 3.4-6: Prozentualer Anteil der Länder an der Gesamtanzahl Stationen nach Gebiets- und Stationstypen (Immission)**

<i>Jahr</i>	<i>Land</i>	<i>rural</i>	<i>suburban</i>	<i>urban</i>	<i>background</i>	<i>industrial</i>	<i>traffic</i>
1998	Baden-Württemberg	30,8%	42,4%	45,6%	50,5%	42,9%	29,1%
	Bayern	-	-	10,3%	1,0%	-	10,9%
	Brandenburg	-	2,4%	1,5%	3,1%	-	-
	Hansestadt Hamburg	-	-	5,9%	1,0%	21,4%	-
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	4,4%	-	-	5,5%
	Nordrhein-Westfalen	30,8%	47,1%	13,2%	38,1%	21,4%	23,6%
	Saarland	-	1,2%	1,5%	1,0%	-	1,8%
	Sachsen	23,1%	7,1%	13,2%	3,1%	7,1%	25,5%
	Schleswig-Holstein	15,4%	-	1,5%	1,0%	7,1%	1,8%
	Thüringen	-	-	2,9%	1,0%	-	1,8%
	Stationen gesamt	13	85	68	97	14	55

**Fortsetzung Tabelle 3.4-6: Prozentualer Anteil der Länder an der Gesamtanzahl Stationen nach Gebiets- und Stationstypen (Immission)**

<i>Jahr</i>	<i>Land</i>	<i>rural</i>	<i>suburban</i>	<i>urban</i>	<i>background</i>	<i>industrial</i>	<i>traffic</i>
1999	Baden-Württemberg	26,3%	41,4%	38,3%	49,5%	31,6%	24,6%
	Bayern	-	-	8,6%	1,0%	-	8,7%
	Brandenburg	5,3%	2,3%	1,2%	4,0%	-	-
	Hansestadt Hamburg	-	-	3,7%	1,0%	10,5%	-
	Hessen	15,8%	5,7%	16,0%	3,0%	31,6%	17,4%
	Mecklenburg-Vorpommern	5,3%	-	3,7%	-	-	5,8%
	Nordrhein-Westfalen	21,1%	46,0%	12,3%	36,4%	15,8%	21,7%
	Saarland	-	1,1%	3,7%	1,0%	-	4,3%
	Sachsen	15,8%	3,4%	9,9%	3,0%	5,3%	14,5%
	Schleswig-Holstein	10,5%	-	1,2%	1,0%	5,3%	1,4%
	Thüringen	-	-	1,2%	-	-	1,4%
	Stationen gesamt	19	87	71	99	19	59
2000	Baden-Württemberg	33,3%	41,2%	29,7%	46,2%	30,0%	23,2%
	Bayern	-	-	9,5%	1,1%	-	8,7%
	Brandenburg	4,8%	1,2%	-	2,2%	-	-
	Hansestadt Hamburg	-	-	1,4%	-	5,0%	-
	Hessen	14,3%	5,9%	17,6%	3,3%	30,0%	17,4%
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	4,1%	-	-	4,3%
	Nordrhein-Westfalen	19,0%	47,1%	18,9%	39,6%	25,0%	24,6%
	Saarland	-	1,2%	4,1%	1,1%	-	4,3%
	Sachsen	19,0%	3,5%	10,8%	4,4%	5,0%	14,5%
	Schleswig-Holstein	9,5%	-	1,4%	1,1%	5,0%	1,4%
	Thüringen	-	-	2,7%	1,1%	-	1,4%
	Stationen gesamt	21	85	64	91	20	59
2001	Baden-Württemberg	36,8%	72,9%	25,0%	63,6%	30,0%	23,2%
	Bayern	-	-	8,0%	1,5%	-	8,7%
	Brandenburg	10,5%	-	6,8%	6,1%	5,0%	4,3%
	Hansestadt Hamburg	-	-	1,1%	-	5,0%	-
	Hessen	15,8%	6,3%	14,8%	4,5%	25,0%	15,9%
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	3,4%	-	-	4,3%
	Nordrhein-Westfalen	5,3%	14,6%	14,8%	10,6%	25,0%	13,0%
	Saarland	-	-	3,4%	-	-	4,3%
	Sachsen	15,8%	6,3%	11,4%	6,1%	5,0%	15,9%
	Schleswig-Holstein	10,5%	-	5,7%	1,5%	5,0%	7,2%
	Thüringen	5,3%	-	5,7%	6,1%	-	2,9%
	Stationen gesamt	19	48	78	66	20	59
2002	Baden-Württemberg	26,3%	70,8%	23,4%	60,9%	21,7%	20,3%

Bayern	-	-	7,4%	1,4%	-	8,7%
Brandenburg	10,5%	-	5,3%	5,8%	4,3%	2,9%
Hansestadt Hamburg	-	-	1,1%	-	4,3%	-
Hessen	15,8%	6,3%	13,8%	4,3%	21,7%	15,9%
Mecklenburg-Vorpommern	5,3%	-	3,2%	-	-	5,8%
Niedersachsen	5,3%	-	1,1%	1,4%	4,3%	-
Nordrhein-Westfalen	5,3%	14,6%	11,7%	8,7%	21,7%	11,6%
Rheinland-Pfalz	5,3%	2,1%	2,1%	1,4%	4,3%	2,9%
Saarland	-	-	3,2%	-	-	4,3%
Sachsen	15,8%	4,2%	10,6%	5,8%	-	15,9%
Sachsen-Anhalt	-	2,1%	2,1%	1,4%	4,3%	1,4%
Schleswig-Holstein	10,5%	-	5,3%	1,4%	4,3%	7,2%
Thüringen	-	-	9,6%	7,2%	8,7%	2,9%
Stationen gesamt	19	48	84	69	23	59

Eine Zusammenfassung aller erfassten Messstationen nach Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt, dass zwischen 85 und 95 % der Stationen in dem betrachteten Zeitraum Messstellen im städtischen bzw. vorstädtischen Milieu und entsprechend der Stationstypzuordnung mehr als 85 % aller Stationen Background- oder Verkehrsmessstellen zuzuordnen sind (*Tabelle 3.4-7*).

Der Schwerpunkt verlagert sich im Zeitraum von 1998 bis 2002 von vorstädtischen zu städtischen Stationen. Die Anzahl der Stationen vom Typ Background nimmt stetig ab, die vom Typ industrial und traffic erhöhen sich jeweils um 6 % in diesem Zeitraum.

**Tabelle 3.4-7: Prozentuale Anteile aller Messstationen nach Gebiets- und Stationstypen (Immission)**

Jahr	Gebietstyp			Stationstyp		
	rural	suburban	Urban	background	industrial	Traffic
1998	7,8%	51,2%	41,0%	58,4%	8,4%	33,1%
1999	10,7%	49,2%	40,1%	55,9%	10,7%	33,3%
2000	12,4%	50,0%	37,6%	53,5%	11,8%	34,7%
2001	13,1%	33,1%	53,8%	45,5%	13,8%	40,7%
2002	12,6%	31,8%	55,6%	45,7%	15,2%	39,1%

**Depositionsmessstationen**

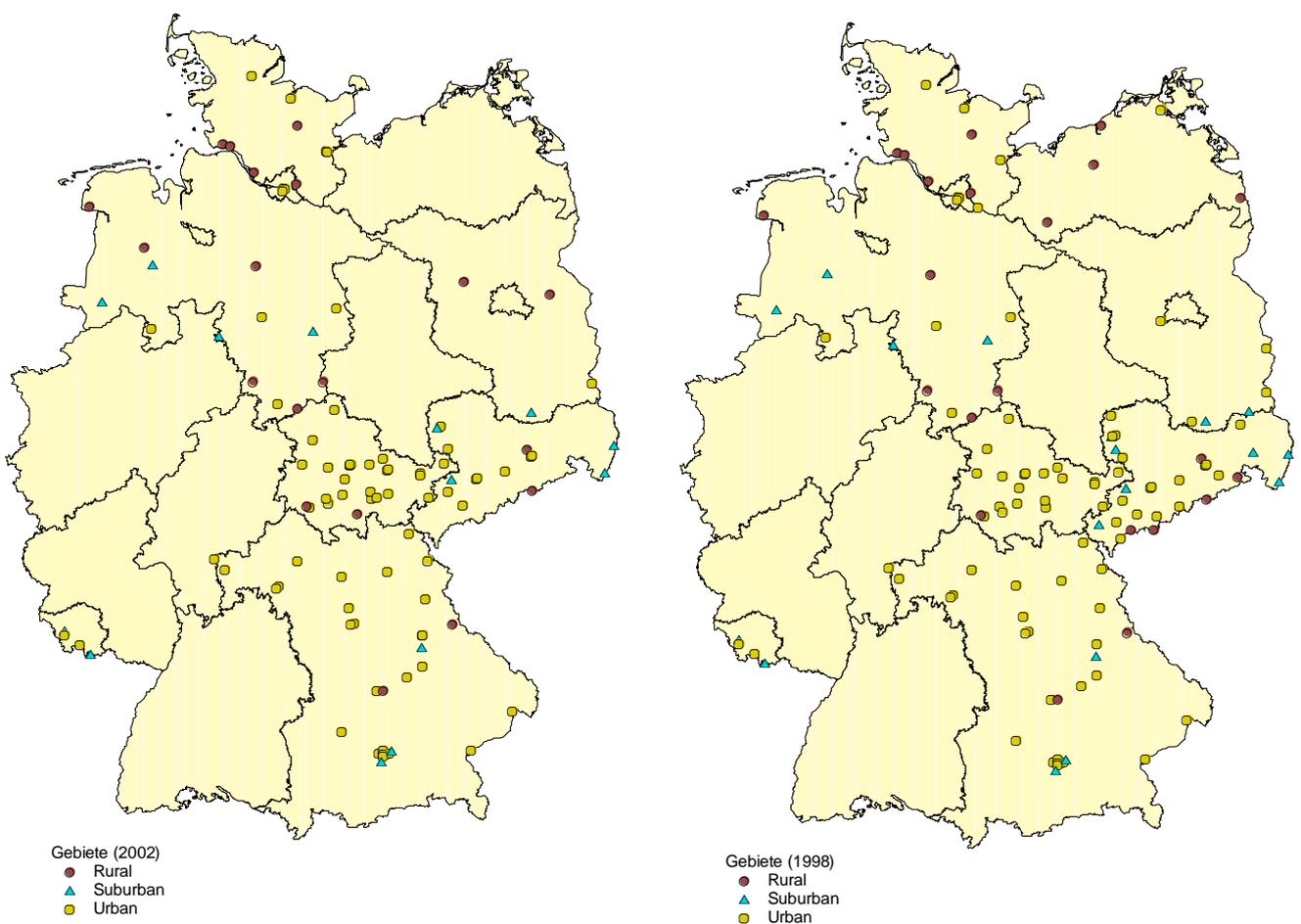
Die Verteilung der erfassten Messstationen nach *Gebietstypen* in der Bundesrepublik zeigt *Abbildung 3.4-5* exemplarisch für die Jahre 1998 und 2002. Entsprechend den Ausführungen im *Kapitel 3.2, Depositionsmessungen*, ist zu erkennen, dass große Teile der westlichen Bundesrepublik aus den dort genannten Gründen nicht repräsentiert sind.

Dabei betreibt z.B. Nordrhein-Westfalen ein großes Messnetz mit über 580 Messpunkten. Dieses Netz wird aktuell nach den Vorgaben der neuen TA Luft umstrukturiert. Die Rastermessungen werden in den meisten Gebieten eingestellt und durch Messungen an einzelnen für spezielle Belastungssituationen wie Straßenverkehr, ländlicher Raum oder Waldgebiet typischen Punkten ersetzt werden. In Gebieten mit einer starken Belastung durch Staubbiederschlag und seine metallischen Inhaltsstoffe, hier ist vor allem die Umgebung metallverarbeitender Betriebe zu nennen, werden die Messungen intensiviert. Ziel ist es, die Punkte mit der höchsten Belastung zu ermitteln. /LUA 04/.

Die Anzahl der erfassten Messstationen verändert sich wenig: 1998 sind es 121, im Jahre 2002

noch 108 Stationen. Der Anteil der ländlichen Stationen liegt im gesamten Zeitraum um 20 %, der der vorstädtischen Stationen um 15 %, während die Messstationen vom Typ „urban“ etwa 70 % aller Stationen ausmachen (*Tabelle 3.4-9*). Von diesen 70 % entfallen wiederum 70 % der städtischen Stationen auf Bayern, Sachsen und Thüringen (*Tabelle 3.4.8*), wodurch dieses zusammenhängende Gebiet stark überrepräsentiert ist (*Abbildung 3.4-5*).

Möglicherweise ist der Grund für den hohen urbanen Anteil das Kriterium, aus den Ländermessnetzen nur Messpunkte, die Stationen der UBA-Datenbank sind, zu erfassen. Die Auswirkungen dieser Forderung müssen noch geprüft werden.

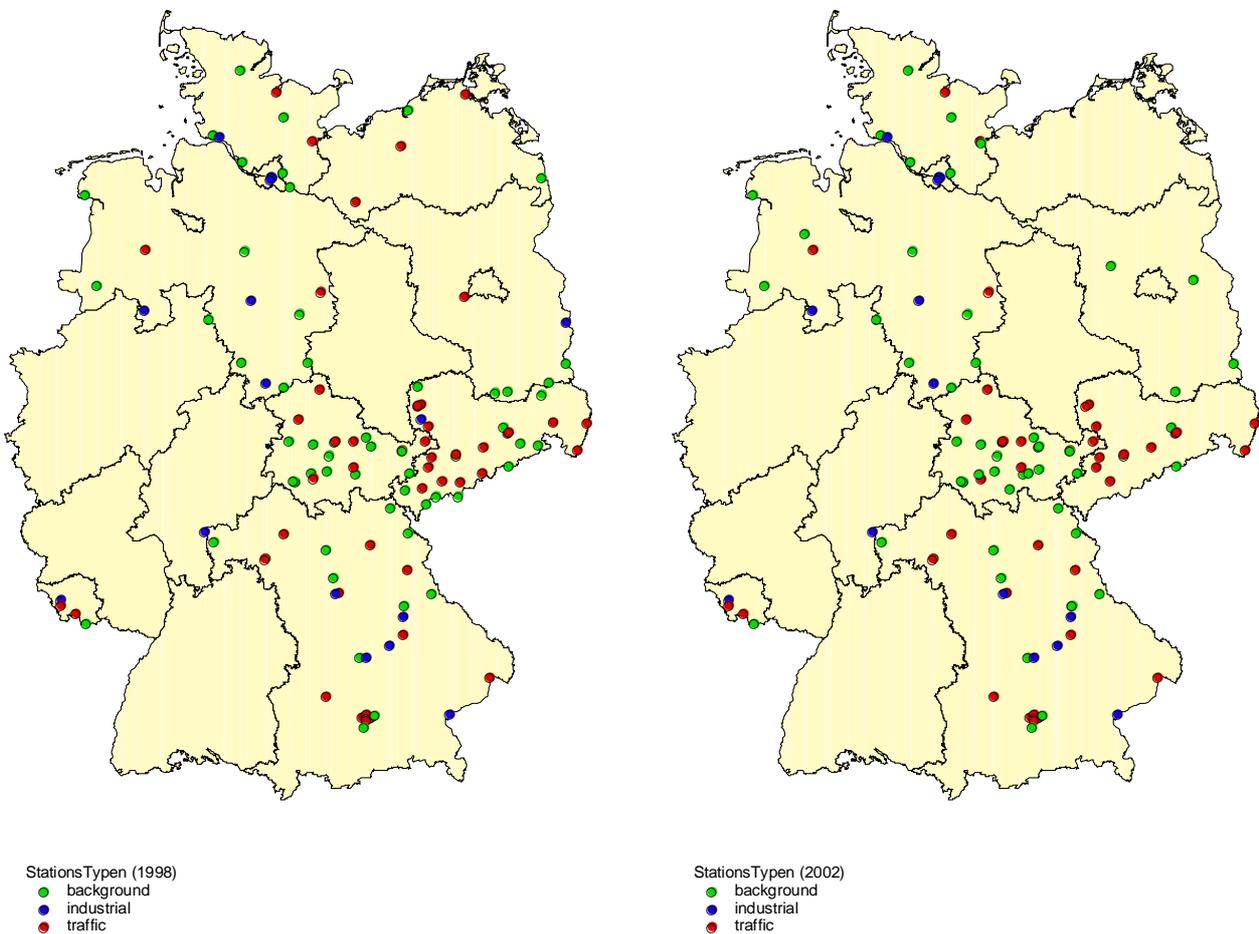


**Abb. 3.4-5:** Verteilung der Schwermetallmessstationen nach Gebietstypen (Deposition)

Die Verteilung der erfassten Messstationen nach *Stationstypen* ist in *Abbildung 3.4-6* beispielhaft ebenfalls für die Jahre 1998 und 2002 dargestellt. Es ist ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Background- und Verkehrstationen zu erkennen, während die industrienahen Stationen einen geringen Anteil ausmachen.

Den Anteil an Stationen der beteiligten Länder bezogen auf die Gesamtzahl der erfassten Stationen hinsichtlich der verschiedenen Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt *Tabelle 3.4-8*. Es sind über den gesamten Betrachtungszeitraum keine nennenswerten Schwerpunktverlagerungen ablesbar. Das ist darauf zurückzuführen, dass die meisten Depositionsmessstellen als Knotenpunkte eines Messnetzes im Allgemeinen über längere Zeiträume betrieben werden. Daraus ergibt sich auch, dass für etwa 80 % der Stationen Langzeitmessungen, d.h. in unserem Falle Messwerte von 1998 bis 2002, vorliegen.

Der Anteil der Background- und Verkehrsstationen ist über den Betrachtungszeitraum annähernd gleichbleibend und liegt bei je 40-45 %, während die Messstationen vom Typ „industrial“ etwa 15 % aller Stationen ausmachen (*Tabelle 3.4-9*). Etwa 65 % der Background- und 80 % der Verkehrsstationen entfallen auf Bayern, Sachsen und Thüringen (*Tabelle 3.4.8*).



**Abb. 3.4-6:** Verteilung der Schwermetallmessstationen nach Stationstypen (Deposition)

**Tabelle 3.4-8:** Prozentualer Anteil der Länder an der Gesamtanzahl Stationen nach Gebiets- und Stationstypen (Deposition)

Jahr	Land	rural	suburban	urban	back-ground	industrial	traffic
1998	Bayern	9,1%	16,7%	32,1%	20,0%	35,3%	28,6%



	Brandenburg	-	11,1%	4,9%	5,5%	11,8%	2,0%
	Hansestadt Hamburg	-	-	3,7%	-	17,6%	-
	Mecklenburg-Vorpommern	18,2%	-	1,2%	3,6%	-	6,1%
	Niedersachsen	22,7%	22,2%	4,9%	14,5%	17,6%	4,1%
	Saarland	-	11,1%	2,5%	1,8%	5,9%	4,1%
	Sachsen	22,7%	38,9%	21,0%	20,0%	5,9%	34,7%
	Schleswig-Holstein	22,7%	-	4,9%	10,9%	5,9%	4,1%
	Thüringen	4,5%	-	24,7%	23,6%	-	16,3%
	Gesamtzahl Stationen	22	18	81	55	17	49
1999	Bayern	8,7%	13,6%	31,0%	18,0%	31,6%	28,6%
	Brandenburg	4,3%	9,1%	4,8%	6,6%	10,5%	2,0%
	Hansestadt Hamburg	-	18,2%	8,3%	9,8%	26,3%	-
	Mecklenburg-Vorpommern	17,4%	-	1,2%	3,3%	-	6,1%
	Niedersachsen	21,7%	18,2%	4,8%	13,1%	15,8%	4,1%
	Saarland	-	9,1%	2,4%	1,6%	5,3%	4,1%
	Sachsen	21,7%	31,8%	20,2%	18,0%	5,3%	34,7%
	Schleswig-Holstein	21,7%	-	3,6%	8,2%	5,3%	4,1%
	Thüringen	4,3%	-	23,8%	21,3%	-	16,3%
	Gesamtzahl Stationen	23	22	84	61	19	49

**Fortsetzung Tabelle 3.4-8: Prozentualer Anteil der Länder an der Gesamtanzahl Stationen nach Gebiets- und Stationstypen (Deposition)**

Jahr	Land	rural	suburban	urban	back-ground	industrial	traffic
2000	Bayern	10,0%	20,0%	35,6%	23,9%	37,5%	30,4%
	Brandenburg	-	6,7%	-	-	6,3%	-
	Hansestadt Hamburg	-	-	4,1%	-	18,8%	-
	Mecklenburg-Vorpommern	20,0%	-	1,4%	4,3%	-	6,5%
	Niedersachsen	25,0%	26,7%	5,5%	17,4%	18,8%	4,3%
	Saarland	-	13,3%	2,7%	2,2%	6,3%	4,3%
	Sachsen	10,0%	33,3%	15,1%	8,7%	6,3%	28,3%
	Schleswig-Holstein	25,0%	-	5,5%	10,9%	6,3%	6,5%
	Thüringen	10,0%	-	30,1%	32,6%	-	19,6%
	Gesamtzahl Stationen	20	15	73	46	16	46
2001	Bayern	9,1%	20,0%	37,0%	24,0%	37,5%	31,8%
	Brandenburg	9,1%	6,7%	1,4%	6,0%	6,3%	-
	Hansestadt Hamburg	-	-	4,1%	-	18,8%	-
	Mecklenburg-Vorpommern	18,2%	-	1,4%	4,0%	-	6,8%
	Niedersachsen	22,7%	26,7%	5,5%	16,0%	18,8%	4,5%
	Saarland	-	13,3%	2,7%	2,0%	6,3%	4,5%
	Sachsen	9,1%	33,3%	12,3%	6,0%	6,3%	27,3%
	Schleswig-Holstein	22,7%	-	5,5%	12,0%	6,3%	4,5%
	Thüringen	9,1%	-	30,1%	30,0%	-	20,5%
	Gesamtzahl Stationen	22	15	73	50	16	44
2002	Bayern	10,5%	21,4%	36,5%	23,5%	40,0%	34,1%
	Brandenburg	10,5%	7,1%	1,4%	5,9%	6,7%	-
	Hansestadt Hamburg	-	-	4,1%	-	20,0%	-
	Niedersachsen	31,6%	28,6%	5,4%	17,6%	20,0%	4,9%
	Saarland	-	14,3%	2,7%	2,0%	6,7%	4,9%
	Sachsen	10,5%	28,6%	12,2%	5,9%	-	29,3%
	Schleswig-Holstein	26,3%	-	5,4%	11,8%	6,7%	4,9%
	Thüringen	10,5%	-	32,4%	33,3%	-	22,0%
	Gesamtzahl Stationen	19	14	74	51	15	41

**Tabelle 3.4-9: Prozentuale Anteile aller Messstationen nach Gebiets- und Stationstypen (Deposition)**

Jahr	Rural	Gebietstyp suburban	urban	background	Stationstyp industrial	traffic
1998	18,2%	14,9%	66,9%	45,5%	14,0%	40,5%



1999	17,8%	17,1%	65,1%	47,3%	14,7%	38,0%
2000	18,5%	13,9%	67,6%	42,6%	14,8%	42,6%
2001	20,0%	13,6%	66,4%	45,5%	14,5%	40,0%
2002	17,8%	13,1%	69,2%	47,7%	14,0%	38,3%

### 3.5 Schwermetallmessungen mit Stationenklassifizierung

Im Folgenden wird für die in *Tabelle 1-1* ausgewählten Staubinhaltsstoffe und Staub die Bilanz hinsichtlich der Kategorien der erfassten Messstationen gezogen. Aus den *Tabellen 3.5-1a bis 3.5-1j* (Immissionsmessungen) und den *Tabellen 3.5-2a bis 3.5-2i* (Depositionsmessungen) lässt sich ablesen, aus wie vielen Ländern für wie viele Stationen Messwerte in der Datenbank vorhanden sind. Bezüglich der Immissionsdaten kann man davon ausgehen, dass im Wesentlichen alle aus den Ländermessnetzen verfügbaren Messwerte erfasst und in der Datenbank abgelegt wurden. Für die Depositionsdaten bestehen Defizite in ganzen Regionen (s. a. *Kapitel 3.2 und 3.4*).

Es wird in den Tabellen nur die Anzahl der Stationen ausgewiesen, für die Jahresmittelwerte gebildet werden können; das bedeutet: es liegen Messwerte von mindestens neun Monaten vor.

Da entsprechend der Aufgabenstellung die Staubinhaltsstoffe ausgewertet werden sollen, wurden die Staubdaten selbst nicht explizit in die Datenerhebung einbezogen. Einige Länder haben sie mitgeliefert, und sie werden deshalb der Vollständigkeit wegen mit aufgeführt. Sie sind auch in der Datenbank abrufbar.

#### Immissionsmessungen

**Tabelle 3.5-1a: Messstationenkategorien der Arsen-Messreihen (Immission)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	114	9	7	1	1	42	7	12	15	2	27
1999	136	9	10	2	2	44	9	14	13	5	37
2000	163	10	16	2	3	53	10	17	16	7	39
2001	137	10	15	2	2	30	6	10	18	10	44
2002	144	13	15	2	1	29	6	12	22	14	43

**Tabelle 3.5-1b: Messstationenkategorien der Kadmium-Messreihen (Immission)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	115	9	7	1	1	42	7	12	15	2	28
1999	137	10	10	2	2	44	9	14	13	5	38
2000	164	10	16	2	3	53	10	17	16	7	40
2001	138	10	15	2	2	30	6	10	18	10	45
2002	144	13	15	2	1	29	6	12	22	14	43

**Tabelle 3.5-1c: Messstationenkategorien der Chrom-Messreihen (Immission)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT



1998	19	4	2	-	-	1	1	2	1	-	12
1999	42	5	5	1	1	2	3	4	1	3	22
2000	46	6	7	1	-	3	3	4	1	3	24
2001	55	7	8	1	-	1	1	3	4	7	30
2002	63	8	7	1	1	5	2	5	5	9	28

**Tabelle 3.5-Id: Messstationenkategorien der Kupfer-Messreihen (Immission)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	10	5	-	-	-	2	-	-	2	1	5
1999	30	6	2	1	1	2	2	2	1	4	15
2000	32	6	3	1	-	3	2	2	-	4	17
2001	28	6	2	1	-	1	1	1	-	4	18
2002	31	6	3	1	1	1	1	1	1	6	16

\* Schadstoff in der künftigen 4. TRL geregelt

**Tabelle 3.5-Ie: Messstationenkategorien der Nickel-Messreihen (Immission)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	110	8	7	1	1	42	7	12	15	1	24
1999	132	7	10	2	1	45	9	14	13	4	34
2000	163	9	16	2	3	53	10	17	16	6	40
2001	137	9	15	2	2	30	6	10	18	9	45
2002	143	12	15	2	1	29	6	12	22	13	43

**Tabelle 3.5-If: Messstationenkategorien der Quecksilber-Messreihen / Schwebstaub (Immission)**

Jahr	Stationen Gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1

**Tabelle 3.5-Ig: Messstationenkategorien der Quecksilber-Messreihen / Gasphase (Immission)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
2001	2	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2002	2	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1

**Tabelle 3.5-Ih: Messstationenkategorien der Blei-Messreihen\*\* (Immission)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	152	10	10	1	1	55	8	14	25	3	35
1999	175	11	13	2	2	59	10	16	22	6	45
2000	171	11	16	2	3	53	10	17	17	7	46
2001	144	11	15	2	2	30	6	10	19	10	50
2002	151	14	15	2	1	29	6	12	23	14	49

\*\* geregelt durch die 1.TRL

**Tabelle 3.5-Ii: Messstationenkategorien der Zink-Messreihen (Immission)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT



1998	8	3	-	-	-	5	-	-	1	1	1
1999	7	3	-	-	-	3	-	-	2	1	1
2000	15	4	1	-	-	5	-	-	1	1	7
2001	27	3	2	-	-	5	1	1	4	4	10
2002	24	4	2	-	-	4	1	2	2	6	7

**Tabelle 3.5-1j: Messstationenkategorien der Staub-Messreihen (Immission)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	56	4	3	-	1	30	2	7	4	2	7
1999	59	4	3	-	2	32	2	7	3	2	8
2000	55	4	4	-	1	27	2	7	2	3	9
2001	14	4	3	1	-	-	-	-	-	2	8
2002	33	6	4	1	1	4	1	2	2	7	11

\* *Schadstoff in der künftigen 4. TRL geregelt*

**Depositionsmessungen**

**Tabelle 3.5-2a: Messstationenkategorien der Arsen-Messreihen (Deposition)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	21	4	4	1	-	2	2	-	3	4	5
1999	30	4	5	1	-	6	2	-	5	6	5
2000	37	5	6	1	-	1	2	-	13	3	11
2001	40	5	6	1	-	-	2	-	15	3	13
2002	76	6	7	2	-	3	3	-	27	7	27

**Tabelle 3.5-2b: Messstationenkategorien der Kadmium-Messreihen (Deposition)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	113	9	17	2	2	8	3	5	25	11	40
1999	126	9	19	2	2	12	3	6	29	13	40
2000	103	9	16	2	2	6	3	5	23	10	36
2001	107	9	18	2	2	5	4	5	25	9	37
2002	106	8	17	2	-	6	3	5	28	10	35

**Tabelle 3.5-2c: Messstationenkategorien der Chrom-Messreihen (Deposition)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	74	6	8	1	2	7	2	1	19	7	27
1999	78	7	10	1	2	8	2	1	20	7	27
2000	76	6	10	1	2	7	2	1	20	7	26
2001	79	6	12	1	2	6	2	1	22	6	27
2002	53	4	9	1	-	7	2	1	9	7	17

**Tabelle 3.5-2d: Messstationenkategorien der Kupfer-Messreihen (Deposition)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	83	7	12	2	2	6	2	1	20	10	28



1999	92	7	13	2	2	10	2	1	22	12	28
2000	63	6	12	2	2	6	2	1	9	10	19
2001	65	7	14	2	2	5	2	1	10	9	20
2002	64	6	13	2	-	6	2	1	11	10	19

**Tabelle 3.5-2e: Messstationenkategorien der Quecksilber-Messreihen (Deposition)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	4	1	-	-	-	1	1	-	-	-	2
1999	4	1	-	-	-	1	1	-	-	-	2
2000	4	1	-	-	-	1	1	-	-	-	2
2001	3	1	-	-	-	-	1	-	-	-	2
2002	4	1	-	-	-	1	1	-	-	-	2

\* Stoff der 4. Tochterrichtlinie

**Tabelle 3.5-2f: Messstationenkategorien der Nickel-Messreihen (Deposition)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	54	6	7	2	2	4	3	-	21	5	28
1999	55	7	9	2	2	5	3	-	22	5	28
2000	51	6	9	2	2	3	3	-	21	4	26
2001	54	6	11	2	2	2	3	-	23	3	28
2002	37	5	7	2	-	3	3	-	12	7	18

**Tabelle 3.5-2g: Messstationenkategorien der Blei-Messreihen (Deposition)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	82	8	16	1	2	6	2	5	17	7	26
1999	126	9	19	2	2	12	3	6	29	13	40
2000	103	9	16	2	2	6	3	5	23	10	36
2001	107	9	18	2	2	5	4	5	25	9	37
2002	106	8	17	2	-	6	3	5	28	10	35

**Tabelle 3.5-2h: Messstationenkategorien der Zink-Messreihen (Deposition)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	73	6	6	1	-	7	2	1	20	11	25
1999	82	6	8	1	-	11	2	1	23	11	25
2000	70	4	8	1	-	6	2	1	20	7	25
2001	73	5	10	1	-	5	2	1	22	6	26
2002	55	5	9	1	-	6	2	1	9	10	17

**Tabelle 3.5-2i: Messstationenkategorien der Staub-Messreihen (Deposition)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
1998	70	7	12	2	2	7	3	1	11	11	21
1999	79	7	13	2	2	11	3	1	13	13	21



2000	64	7	12	2	2	6	3	1	9	10	19
2001	67	7	14	2	2	5	3	1	11	9	20
2002	66	6	13	2	-	6	3	1	12	10	19

\* *Stoff der 4. Tochtterrichtlinie*

### 3.6 Schlussfolgerungen

In der Datenbank *HeavyMetal* werden für die statistischen Datenauswertungen alle Möglichkeiten angeboten, für die mindestens eine Station die Auswahlkriterien erfüllt. Das ergibt in Extremfällen (z. B. nur eine Station deutschlandweit) keinen statistischen Sinn, hat jedoch zum Hintergrund, dass im Datenbankentwurf keine willkürlichen Entscheidungen hinsichtlich der Datenauswahl manifestiert und keine Einschränkungen in den Möglichkeiten des Datenzugriffs vorgenommen werden sollten. Aus diesem Grunde ist ausnahmslos für jedes Datenfenster nebenher eine Stationen-/Länderstatistik zur Datenbasis auf dem Bildschirm präsent, so dass der Auswertende informiert ist und individuell entscheiden kann.

Die folgenden Schlussfolgerungen zur Güte der Datenbasis sind das Ergebnis der Untersuchungen mit der Datenbank und sind die Grundlage für die Auswertungen im *Kapitel 4*:

#### Immissionsmessungen

- Für die Stationskategorien **RI** (rural industrial), **SI** (suburban industrial) und **RT** (rural traffic) ist infolge der Datenlage keine sinnvolle statistische Auswertung möglich.
- Die Stationskategorie **UI** (urban industrial) ist nur bedingt auswertbar, weil die notwendige Datendichte erst ab dem Jahre 2001 gewährleistet ist. *Der Gebietstyp „industrial“ entfällt damit vollständig aus der Auswertestatistik.*
- Wegen der dünnen Datenbasis besteht für **Quecksilber** und **Zink** bisher keine Möglichkeit einer vernünftigen Auswertung. Weiterhin stehen Staubdaten nur von 1998 bis 2000 für außerdem nur eine Kategorie in ausreichender Anzahl zur Verfügung. Diese Komponente entfällt damit ebenfalls bei der Auswertung und ist in Vorbereitung auf die Berichtspflichten der 4. TRL bezüglich der Einhaltung von Zielwerten nicht relevant.
- Die Stoffe der künftigen 4. Tochtterrichtlinie der EU (TRL) Arsen, Kadmium und Nickel werden für eine deutschlandweite Auswertung an ausreichend vielen Stationen gemessen. Für die in der TRL vorgesehenen Quecksilbermessungen in der Gasphase liegen aktuell nur Daten von 2 Stationen in Brandenburg vor (s. *Tabelle 3.5-1g*) und deshalb werden diese nicht statistisch ausgewertet.
- Damit ergibt sich für die Auswertung der Daten folgende Matrix hinsichtlich der auszuwertenden Stoffe und Stationskategorien:

**Tabelle 3.6-1: Matrix der auswertbaren Stoffe im Zeitfenster 1998 bis 2002 (Immission)**

Staubinhaltsstoff	Stationskategorie				
	RB	SB	ST	UB	UT
Arsen	x	x	x	x	x
Kadmium	x	x	x	x	x
Chrom	-	-	-	-	x
Kupfer	-	-	-	-	x
Nickel	x	x	x	x	x



---

Blei	x	x	x	x	x
------	---	---	---	---	---

### **Depositionsmessungen**

Die Auswertung der Depositionsdaten ist nicht Bestandteil der Aufgabenstellung dieses Vorhabens. Die Datenbank **HeavyMetal** unterstützt grundsätzlich mit allen Funktionen die Auswertungen, wie sie im nachfolgenden für die Immissionsdaten erfolgen, auch für Depositionsdaten. Jedoch sollte vor weiteren umfassenden Auswertungen der Datenbestand für die fehlenden Länder komplettiert werden (siehe *Kapitel 3.2*).

## 4 Datenaufbereitung und Vereinbarungen

### 4.1 Nomenklatur Stationsnamen

Die Stationsnamen und Stationscodes der Ländermessnetze sind identisch mit denen in der UBA-Datenbank. Weitere Stationsinformationen wie geografische Daten und Messstationenadressen sind mit dieser kongruent.

In Einzelfällen handelt es sich bei den Datenbeständen jedoch um Messreihen von Ländermessstellen, die im Rahmen eines zeitlich begrenzten Messprogramms (i.A. ein Jahr) erhoben wurden. Für diese wurden Codes definiert, die nicht in der UBA-Datenbank geführt sind. Unser Ziel war es, weitestgehend Einheitlichkeit bei der Stationskodierung herzustellen. Aus diesem Grunde wurden für diese Messstationen Nummern > 900 (Bayern > 800) vergeben. Dort, wo solche Vergaben seitens der Bundesländer schon aus der Vergangenheit existierten, wurde die Nummerierung einfach fortgesetzt (Brandenburg). Im Rahmen der Erarbeitung des Messstellenkatalogs wurden fehlende Informationen von den Ländern eingeholt und eingearbeitet.

### 4.2 Mittelwertbildung

#### 4.2.1 Voraussetzungen

Die Bezugsbasis der Mittelwerte des vorhandenen Datenfundus ist heterogen: es sind Tages-, Wochen- und Monatsmittel vorhanden (siehe *Kapitel 3.4.1, Tabelle 3.4-1*). Daraus folgt (auch in Anlehnung an die Vorgehensweise bei der Auswertung mit der PAK-Datenbank), dass eine Auswertung des gesamten Datenbestandes **nur ab dem Level Monatsmittelwerte** erfolgen kann; darauf aufbauend werden aus Gründen der Gleichbehandlung der verschiedenen Mittelwerte die Jahresmittel aus den Monatsmittelwerten gebildet (/IFE 02/, Seite 63 ff).

#### 4.2.2 Monatsmittel

Monatsmittel sind entsprechend *Kapitel 4.2.1* die **kleinste gemeinsame Basis aller vorhandenen Messwerte** für die statistischen Auswertungen der Datenbank. Sie müssen für einen Teil der Daten aus den Tages-, Zweitages- und Wochenwerten gebildet werden.

Die *Tabelle 2-2* weist die mittlere Anzahl von Proben und damit der Messwerte pro Monat aus. Die Zahlen bewegen sich in Abhängigkeit von den Ländern zwischen mindestens 5 Proben pro Monat bis zu täglichen Probenahmen, wobei es noch jahresweise und stoffbezogen Unterschiede geben kann.

Es ist damit klar, dass strikt geforderte Randbedingungen für die Aus- und Bewertung zu starken Verlusten an verfügbaren Daten führen. So stehen beim Durchsetzen einer 1/3-Mindestzahl Tageswerte zur Bildung der Monatsmittelwerte nur noch weniger als 70 % der Stationen zur Auswertung zur Verfügung, und die Daten einiger Länder entfallen ganz (Baden-Württemberg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern). Um wenig Datenverluste hinnehmen zu müssen, sollen deshalb keine Restriktionen bei der Bildung der Monatsmittelwerte gelten. Sie rekrutieren sich im ungünstigsten Fall aus fünf Tagesmittelwerten.

Die TRL sieht für Arsen, Kadmium und Nickel eine Mindestzeiterfassung für ortsfeste Messungen von 50 % und für indikative Messungen von 14 % vor. Das entspräche im ersten Fall



15 und im zweiten Fall 7 gemessenen Tagen pro Monat. Die Einhaltung dieser Empfehlung ist im Moment nicht immer gewährleistet. Sie ist allerdings im Einzelfall leicht verifizierbar und soll hier nicht weiter verfolgt werden.

#### **4.2.3 Jahresmittel**

Hier gilt folgende **Restriktion: die Bildung eines Jahresmittelwertes für eine Station setzt eine Jahresmessdauer von mindestens neun Monaten voraus.**

Bei der Aufbereitung der Daten wurde verschiedentlich festgestellt, dass die veröffentlichten Stationenmittelwerte der Länder zum Teil das einfache Mittel aller Jahresmesswerte sind. In den vorliegenden Untersuchungen wird der andere, statistisch sauberere Weg über die Zwischenstufe Monatsmittelwerte gegangen. Hieraus erklären sich Unterschiede zwischen den von einigen Ländern veröffentlichten Werten und den Werten der Datenbank.

#### **4.2.4 Stationskategorienmittel**

Alle Auswertungen für die Schwermetalle werden neben den Auswahlgrößen wie TSP-, PM<sub>10</sub>- oder PM<sub>10</sub>&TSP-Fraktion nach Stationskategorien durchgeführt. Es soll hierbei die Spezifik eines bestimmten Belastungsraumes untersucht werden. Mittelwerte über mehrere Stationskategorien sind nicht vorgesehen, sie ergeben auch inhaltlich keinen Sinn. Weiterhin wurden die Gebiets- und Stationstypen ja gerade zur Spezifizierung eines bestimmten Belastungsraumes eingeführt, und es ist nur der Datenlage geschuldet, dass eine vorgesehene Verfeinerung in weitere Level nicht vorgenommen wird.

Die Mittelwertbildung für verschiedene Stationskategorien auf Länder- oder nationaler Ebene (Monats-, Jahresmittelwerte) erfolgt immer unmittelbar aus den Monatsmittelwerten der zur Stationskategorie gehörigen Stationen, wobei der nationale Wert aus den Länderwerten gebildet wird. Monatsmittelwerte sind entsprechend *Kapitel 4.2.2* die kleinste gemeinsame Basis aller vorhandenen Messwerte.

#### **4.2.5 Länder-/Deutschlandmittel**

Die Mittelwertbildung auf Länder- oder nationaler Ebene (Monats-, Jahresmittelwerte) erfolgt analog *Kapitel 4.2.4* immer für Stationskategorien. Ländermittelwerte werden aus den Stationsmittelwerten und nationale Mittelwerte aus den Ländermittelwerten gebildet. Auf diese Weise wird z.B. die Messlastigkeit von Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen gedämpft.

#### **4.3 Bestimmungsgrenzen**

Für Werte, die unterhalb der Bestimmungsgrenzen liegen, wurde, falls das nicht schon durch die erfassenden Länder geschehen ist, generell die halbe Bestimmungsgrenze eingesetzt. Diese Werte sind nicht gesondert gekennzeichnet.

#### **4.4 Umrechnung von TSP zur PM<sub>10</sub>-Fraktion**

Das Problem der Umrechnung von TSP-Werten in die PM<sub>10</sub>-Fraktion entsteht durch die Umstellung der Staubprobenahme an den Messstationen von der TSP- zur PM<sub>10</sub>-Fraktionserfassung und das gleichzeitige Interesse an der Auswertung von Stoffkonzentrationen in größe-



ren Zeitfenstern (etwa fünf Jahre) oder im Jahresvergleich.

Da es schon 1998  $PM_{10}$ -Messungen gegeben hat und auch jetzt noch TSP-Messungen gibt, kann man beide zwar getrennt auswerten, aber die Datenbasis ist in beiden Fällen zeitweise zu gering, so dass eine Auswertung über längere Zeiträume praktisch nicht in Frage kommt. Demzufolge wird aus pragmatischen Gründen die Umrechnung von TSP-Werten in  $PM_{10}$ -Werte durchgeführt.

Die erfassten Daten enthalten Messwerte von elf Stationen, an denen zeitweise beide Staubfraktionen parallel erhoben wurden: das sind 1998 zwei Stationen in Sachsen und eine Station in Hamburg und ab 1999 bis zu acht Stationen in Baden-Württemberg. Es liegen damit vergleichbare Messergebnisse für die Stoffe Arsen, Kadmium, Chrom, Nickel und Blei vor, wobei in Sachsen und Hamburg alle gemessen wurden, in Baden-Württemberg nur As, Cd, Ni, Pb. Die Auswertungsergebnisse sind in *Tabelle 4.4-1* dargestellt.

**Tabelle 4.4-1: Vergleich TSP- und  $PM_{10}$ -Werte verschiedener Staubinhaltsstoffe von parallel messenden Stationen**

Stoff	Kategorie	1998		1999		2000		2001		2002		Mittelwert
		Stationen	$PM_{10}/TSP$									
Arsen	RB	-	-	1	0,823	1	0,829	1	0,967	1	0,968	0,897
	SB	-	-	1	0,907			2	0,907	2	0,899	0,904
	SI	-	-	2	0,780	2	0,812	2	0,812	2	0,900	0,826
	UB	1	1,040	1	0,764	1	0,972	2	0,843	2	0,838	0,891
	UT	2	0,756	1	0,628	1	0,502	1	0,630	1	0,677	0,639
	Mittelwert		0,898		0,780		0,779		0,832		0,856	0,831
Kadmium	RB	-	-	1	1,045	1	0,924	1	1,050	1	1,091	1,027
	SB	-	-	1	0,972	1	0,974	2	0,982	2	0,971	0,975
	SI	-	-	2	0,906	2	0,965	2	0,947	2	0,951	0,942
	UB	1	1,000	1	0,861	1	0,894	2	0,954	2	0,916	0,925
	UT	2	0,963	1	0,897	1	0,657	1	0,737	1	0,773	0,805
	Mittelwert		0,981		0,946		0,883		0,934		0,940	0,935
Chrom	RB	-	-									
	SB	-	-									
	SI	-	-									
	UB	-	-									
	UT	2	0,798									0,798
	Mittelwert		0,798									0,798
Nickel	RB	-	-	1	0,945	1	0,999	1	0,968	1	0,943	0,964
	SB	-	-	1	0,701			2	0,734	2	0,747	0,727
	SI	-	-	2	0,754	2	0,793	2	0,796	2	0,848	0,798
	UB	1	1,004	1	0,800	1	0,558	2	0,791	2	0,806	0,792
	UT	2	0,642	1	0,529	1	0,461	1	0,533	1	0,565	0,546
	Mittelwert		0,823		0,800		0,703		0,765		0,782	0,774
Blei	RB	-	-	1	0,945	1	0,969	1	1,003	1	0,960	0,969
	SB	-	-	1	0,908	1	0,927	2	0,953	2	0,912	0,925
	SI	-	-	2	0,895	2	0,932	2	0,894	2	0,883	0,901
	UB	1	0,930	1	0,871	1	0,875	2	0,915	2	0,918	0,902
	UT	2	0,642	1	0,721	1	0,681	1	0,656	1	0,725	0,685
	Mittelwert		0,786		0,905		0,877		0,885		0,879	0,866

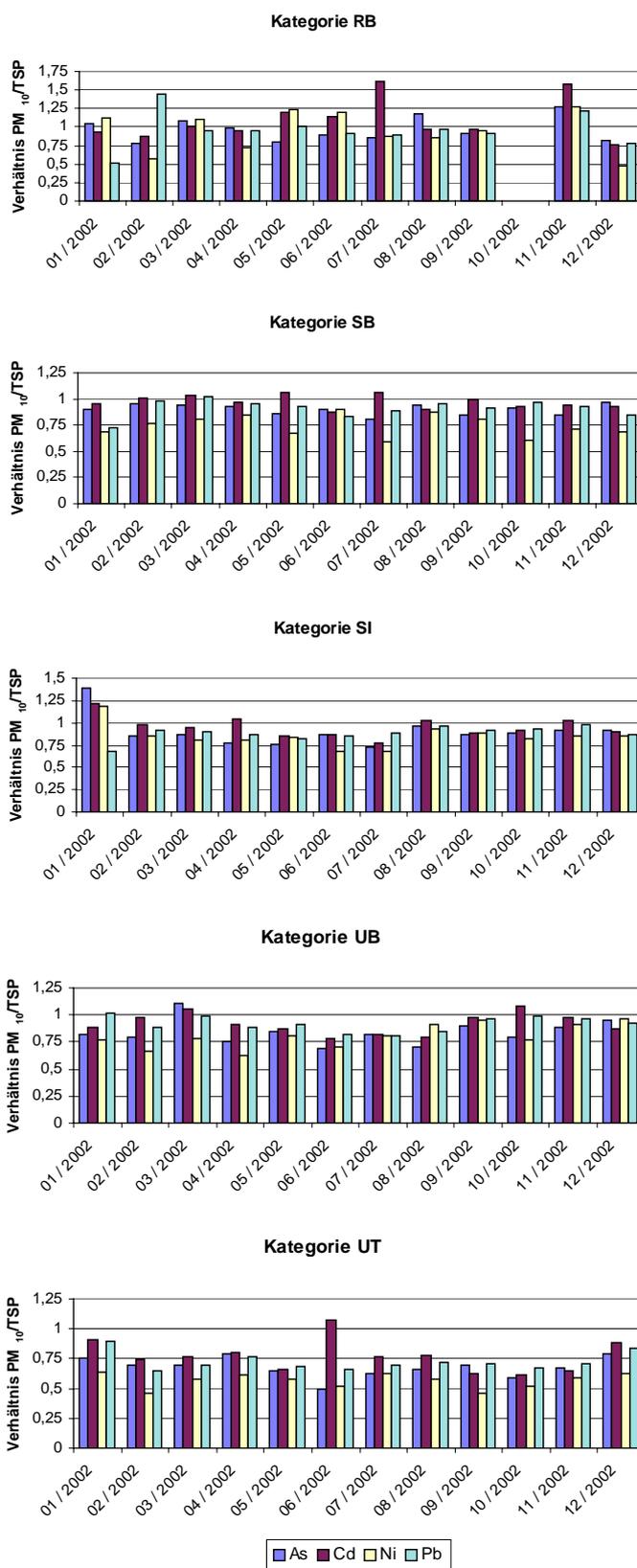


Abb. 4.4-1:

Verhältnisse von PM<sub>10</sub> zu TSP für verschiedene Stoffe

an den Stationen nach Kategorie

Für die Schwebstaubinhaltsstoffe Arsen, Kadmium, Nickel und Blei lassen sich Vergleiche zwischen verschiedenen Stationskategorien anstellen:

Für alle vier Stoffe sind die Umrechnungsfaktoren von TSP zu PM<sub>10</sub> für die Verkehrsstationen am niedrigsten und für die Backgroundstationen am höchsten, während der Typ industrial (vertreten durch die Stationen Stuttgart-Hafen und Mannheim-Nord) zwischen beiden liegt. Die Unterschiede sind z.T. beträchtlich (*Tabelle 4.4-1*)

Für die Stationen der Kategorie RB (rural background) liegen die Verhältnisse PM<sub>10</sub>/TSP immer nahe bei 1; Stationen dieser Kategorie sind i.A. die Stationen mit der geringsten Belastung und demzufolge mit den kleinsten Konzentrationswerten. *Abbildung 4.4-1* (Kategorie RB) zeigt die Verhältnisse der Monatsmittelwerte. Sie liegen in mehreren Fällen weit über 1. Bei näherer Betrachtung der zugehörigen Konzentrationswerte erweist sich, dass insbesondere in diesen Fällen die Messwerte nahe der Bestimmungsgrenze liegen und somit die Messgenauigkeit eine entscheidende Rolle spielt. Durch die Quotientenbildung wird der Einfluss noch verschärft. Weiterhin ist in diesen Fällen nicht auszuschließen, dass Konzentrationswerte bereits durch die halbe Bestimmungsgrenze ersetzt wurden. Demzufolge ist die Festlegung eines Umrechnungsfaktors aus diesen Werten nicht belastbar.

Die Untersuchungen für alle Kategorien und das Jahr 2002 zeigen eine deutliche Streuung der Verhältnisse PM<sub>10</sub> /TSP für die Monatsmittelwerte, wobei keine Systematik zu erkennen ist (*Abbildung 4.4-1*). Daraus ist zu schlussfolgern, dass keine oder höchstens eine marginale, zu vernachlässigende Jahreszeitabhängigkeit des Verhältnisses besteht. Auch hier gilt in Einzelfällen die für die Kategorie RB getroffene Feststellung: die Werte streuen besonders stark, sobald sie in der Nähe der Bestimmungsgrenze liegen.

Eine Überschätzung der Feinstaubbelastung durch systematische Fehler kann weiterhin nicht ausgeschlossen werden.

*Tabelle 4.4-2* enthält entsprechend den Angaben in *Tabelle 4.4.1* die stoffspezifischen Umrechnungsfaktoren (Mittelwerte über alle Kategorien), die bei den Auswertungen des Datenbestandes verwendet werden. Anwender der Datenbank *HeavyMetal* haben die Möglichkeit, andere Faktoren zu verwenden. Sie sind wählbar.

***Tabelle 4.4-2: Umrechnungsfaktoren für die Auswertungen mit der Datenbank HeavyMetal***

<i>PAK</i>	<i>Arsen</i>	<i>Kadmium</i>	<i>Chrom</i>	<i>Kupfer</i>	<i>Nickel</i>	<i>Blei</i>	<i>Zink</i>	<i>Staub</i>
<i>Verhältnis PM<sub>10</sub>/TSP</i>	0,83	0,93	0,8	0,8	0,77	0,86	0,86	0,83

## **5 Statistische Datenauswertungen (Immission)**



## 5.1 Jahresmittelwerte

### 5.1.1 Jahresmittelwerte für alle Stationen nach Kategorien

In diese Auswertungen werden alle Stationen einbezogen, von denen im Auswertzeitraum von 1998 bis 2002 mindestens eine Jahresmessreihe vorliegt. Daraus ergibt sich eine jährlich wechselnde Anzahl von ausgewerteten Stationen. *Tabelle 5.1.1-1* zeigt die Verteilung auf die einzelnen Stationskategorien und auf Staub und Staubinhaltsstoffe. (Die Daten zu den grau unterlegten Feldern werden in den *Kapiteln 6 und 7* ausgewertet.)

**Tabelle 5.1.1-1: Anzahl der Stationen in den Messstationenkategorien für die Staub- und Staubinhaltsstoff-Messreihen**

Stoff	Jahr	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
Staub	1998	4	3	-	1	30	2	7	4	2	7
	1999	4	3	-	2	32	2	7	3	2	8
	2000	4	4	-	1	27	2	7	2	3	9
	2001	4	3	1	-	-	-	-	-	2	8
	2002	6	4	1	1	4	1	2	2	7	11
Arsen	1998	9	7	1	1	42	7	12	15	2	27
	1999	9	10	2	2	44	9	14	13	5	37
	2000	10	16	2	3	53	10	17	16	7	39
	2001	10	15	2	2	30	6	10	18	10	44
	2002	13	15	2	1	29	6	12	22	14	43
Kadmium	1998	9	7	1	1	42	7	12	15	2	28
	1999	10	10	2	2	44	9	14	13	5	38
	2000	10	16	2	3	53	10	17	16	7	40
	2001	10	15	2	2	30	6	10	18	10	45
	2002	13	15	2	1	29	6	12	22	14	43
Chrom	1998	4	2	-	-	1	1	2	1	-	12
	1999	5	5	1	1	2	3	4	1	3	22
	2000	6	7	1	-	3	3	4	1	3	24
	2001	7	8	1	-	1	1	3	4	7	30
	2002	8	7	1	1	5	2	5	5	9	28
Kupfer	1998	5	-	-	-	2	-	-	2	1	5
	1999	6	2	1	1	2	2	2	1	4	15
	2000	6	3	1	-	3	2	2	-	4	17
	2001	6	2	1	-	1	1	1	-	4	18
	2002	6	3	1	1	1	1	1	1	6	16
Nickel	1998	8	7	1	1	42	7	12	15	1	24
	1999	7	10	2	1	45	9	14	13	4	34
	2000	9	16	2	3	53	10	17	16	6	40
	2001	9	15	2	2	30	6	10	18	9	45
	2002	12	15	2	1	29	6	12	22	13	43
Quecksilber (Schwebstaub)	1998	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Quecksilber (Gasphase)	2001	1	-	-	-	2	-	-	-	-	-
	2002	1	-	-	-	1	-	-	-	-	1

**Fortsetzung Tabelle 5.1.1-1: Anzahl der Stationen in den Messstationenkategorien für die Staub- und Staubinhaltsstoff-Messreihen**



Stoff	Jahr	Länder	Stationskategorie								
			RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT
Blei	1998	10	10	1	1	55	8	14	25	3	35
	1999	11	13	2	2	59	10	16	22	6	45
	2000	11	16	2	3	53	10	17	17	7	46
	2001	11	15	2	2	30	6	10	19	10	50
	2002	14	15	2	1	29	6	12	23	14	49
Zink	1998	3	-	-	-	5	-	-	1	1	1
	1999	3	-	-	-	3	-	-	2	1	1
	2000	4	1	-	-	5	-	-	1	1	7
	2001	3	2	-	-	5	1	1	4	4	10
	2002	4	2	-	-	4	1	2	2	6	7

### 5.1.2 Jahresmittelwertevergleich mit permanent messenden Stationen

Der Jahresmittelwertevergleich zwischen den Ergebnissen für alle Stationen einer Stationskategorie mit den permanent über mehrere Jahre messenden Stationen soll die Frage klären, ob der jährlich wechselnde Mix an Stationen (entsprechend Kapitel 5.1.1) den tatsächlichen Trend einer bestimmten Stationskategorie widerspiegelt und ob die vorliegende Einteilung in Gebiets- und Stationstypen geeignet ist, Messwertaussagen anhand der Einstufung auf nicht gemessene Standorte vornehmen zu können.

Die Basis bilden die dauerhaft messenden Stationen. Durch diese Auswahl werden die Effekte gefiltert, die durch Veränderungen in der Standortauswahl des Stationenmix bedingt sind, jedoch bleiben die standorttypischen und daher stationsspezifischen Besonderheiten dieser Messstellen trotzdem erhalten. Sie bilden den Spielraum einer Stationskategorie. Die permanent messenden Stationen werden demzufolge als Vergleichsgruppe erst akzeptabel, wenn sie mit einer statistisch repräsentativen Anzahl vertreten sind. *Tabelle 5.1.2-1* zeigt die Stationenverteilung.

**Tabelle 5.1.2-1: Anzahl der permanent messenden Stationen in den Messstationenkategorien für Staubinhaltsstoff-Messreihen**

Stoff	RB		SB		ST		UB		UT	
	Länder	Stationen								
Arsen	3	4	2	14	3	6	2	7	6	18
Kadmium	3	4	2	14	3	6	3	10	7	21
Chrom									2	11
Kupfer									2	4
Nickel	3	4	2	14	3	6	2	8	5	14
Blei	4	7	2	24	3	8	4	14	8	27

Wie sich im Folgenden mehrfach erweisen wird, streuen die Messwerte an einzelnen Stationen beträchtlich. Es treten dann jahresweise Mittelwerte auf, die ein Vielfaches des Wertes des Vorjahres- oder des nachfolgenden Jahres betragen. Es wird an Ort und Stelle darauf verwiesen; die Gründe hierfür im einzelnen zu untersuchen, ist im Rahmen der statistischen Untersuchungen nicht möglich. Zur Harmonisierung der Trendlinien wurden solche Stationen



aus der Betrachtung für langjährig messende Stationen eliminiert. Es betrifft ausnahmslos immer nur einzelne Stationen, bei den verschiedenen untersuchten Schwermetallen oft auch dieselbe.

### **5.1.3 Jahresmittelwerte nach Ländern und Kategorien**

Diese Untersuchungen sollen klären, ob das Level für die verschiedenen Stationskategorien in allen messenden Ländern gleich ist. Sie dienen u. a. der Erklärung für die teilweise große Streubreite der ermittelten Jahresmittelwerte.

### **5.1.4 Verteilungen der Jahresmittelwerte**

Die Streudiagramme zeigen die Verteilungen der Jahresmittelwerte für die Stationen nach Kategorien und Jahren und nach Jahren und Kategorien. So sind einerseits die zeitlichen Entwicklungen der Jahresmittelwerte und andererseits die unterschiedliche Lage der Schwerpunkte der Punktwolken für die verschiedenen Stationskategorien zu beobachten. Die Auswertung der Extrema für die Monatsmittelwerte ergibt den Wertebereich für die einzelnen Stationskategorien. Singuläre Messwerte sind damit leicht zu identifizieren.

### **5.2 Verteilungen der Monatsmittelwerte**

Die Jahresmittelwerte sind ein Durchschnitt über die Schwermetall-Messstellen der Bundesrepublik; an einzelnen Messstellen können erhebliche Abweichungen hiervon auftreten. Die Verteilung aller Monatsmittelwerte nach Stationskategorien zeigt die Streubreite aller ermittelten Monatswerte.

### **5.3 Jahresganglinien**

Sie dienen der Klärung der saisonalen Abhängigkeit der Monatsmittelwerte für die Staubinhaltsstoffe innerhalb verschiedener Stationskategorien. Es wird das Verhältnis Winter-/Sommermonatsmittel ausgewiesen.

### **5.4 Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte)**

Diese Untersuchungen werden für die Schwermetalle der 4. Tochterrichtlinie und die Schwermetalle durchgeführt, für die in der Vergangenheit Ziel- oder Grenzwerte festgelegt wurden, Blei entsprechend den Festlegungen der Richtlinie 1999/30/EG /AEG 99/. Im Ergebnis werden für die Staubinhaltsstoffe die Überschreitungen in allen Stationskategorien für den Untersuchungszeitraum von 1998 bis 2002 ausgewiesen.

## **6 Schwermetalle des Vorschlages für die Tochterrichtlinie**

### **6.1 Grundlagen**

Der Vorschlag für die 4. Tochterrichtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft in der Fassung vom 16.07.2003 /KOM 03/ enthält neben einer großen Anzahl von vorgeschlagenen Festlegungen und Durchführungsbestimmungen die folgenden für die vorliegende Arbeit wichtigen Schwerpunkte:

- Überschreitungen der Bewertungsschwellen für Arsen, Kadmium, Nickel, Benzo[a]pyren und des gasförmigen Quecksilberanteils sind, wenn genügend Messwerte vorhanden sind, für das gesamte Hoheitsgebiet der Mitgliedsstaaten auszuwerten. Die Bewertungsschwelle gilt als überschritten, wenn sie in 3 von 5 Jahren überschritten wurde.
- Die Mitgliedsstaaten sind aufgefordert, dafür zu sorgen, dass der Zielwert (zugleich Bewertungsschwelle) für Arsen von  $6 \text{ ng/m}^3$ , für Kadmium von  $5 \text{ ng/m}^3$  und Nickel von  $20 \text{ ng/m}^3$ , bezogen auf den Gehalt in der  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion, als Durchschnittswert eines Kalenderjahres nicht überschritten wird.  
Definition: „Bewertungsschwelle“ ist ein festgelegter Wert, bei dessen Überschreitung die Überwachung der Luftqualität obligatorisch wird.
- Die Mitgliedsstaaten erstellen eine Liste von Gebieten und Ballungsräumen, in denen die genannten Bewertungsschwellen/Zielwerte unterschritten bzw. erstellen eine Liste von Gebieten und Ballungsräumen, in denen die Bewertungsschwelle/Zielwert überschritten wird. Es ist anzugeben, in welchen Teilgebieten der Wert überschritten wird und welche Quellen dazu beitragen.
- Kontrolle von Bewertungsschwellen: Eine Bewertungsschwelle gilt als überschritten, wenn sie in mindestens drei der vorangegangenen fünf Jahre überschritten wurde. Die Mindestzeiterfassung beträgt für
  - ortsfeste Messungen 50 %,
  - indikative Messungen 14 %.
- Für Gebiete und Ballungsräume, in denen die Bewertungsschwelle überschritten wird, sind ortsfeste Messungen vorgeschrieben. Die Anzahl der Messstellen ist abhängig von der Bevölkerungszahl.

Ausgehend von diesen Anforderungen werden im Folgenden ausführlich **Arsen**, **Kadmium** und **Nickel** ausgewertet und im Überblick die weiteren erfassten Staubinhaltsstoffe untersucht, wobei auf Grund der Datenlage folgende Einschränkungen entsprechend *Tabelle 5.1.1-1* gemacht werden müssen:

- Es werden nur die Stationskategorien **RB**, **SB**, **ST**, **UB** und **UT** untersucht (ausführliche Begründung siehe *Kapitel 3.6*).
- Quecksilber entfällt auf Grund der unzureichenden Datenlage vollkommen aus der Auswertung.

## 6.2 Auswertungen Arsen

Arsen ist ein Nichtmetall, das eine Vielzahl anorganischer und organischer Verbindungen bildet. In der Luft befindet sich Arsen größtenteils in der Feinpartikelfraktion  $\text{PM}_{2,5}$ . Anthropogene Quellen überwiegen im Allgemeinen gegenüber natürlichen. Es wird geschätzt, dass in der EU 86 % aus ortsfesten Verbrennungsanlagen stammen / KOM 03/.

Die Internationale Krebsforschungsagentur (IARC) hat Arsen als nachgewiesenes Humankar-



zinogen eingestuft.

## 6.2.1 Jahresmittelwerte

### 6.2.1.1 Jahresmittelwerte für alle Stationen nach Kategorien

Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen des Arsens über alle in Deutschland gemessenen Stationen variieren im Betrachtungszeitraum zwischen 0,9 und 1,7 ng/m<sup>3</sup> in ländlichen Hintergrundgebieten (RB); in städtischen Gebieten lagen die Hintergrundwerte zwischen 1,5 und 5,1 ng/m<sup>3</sup>.

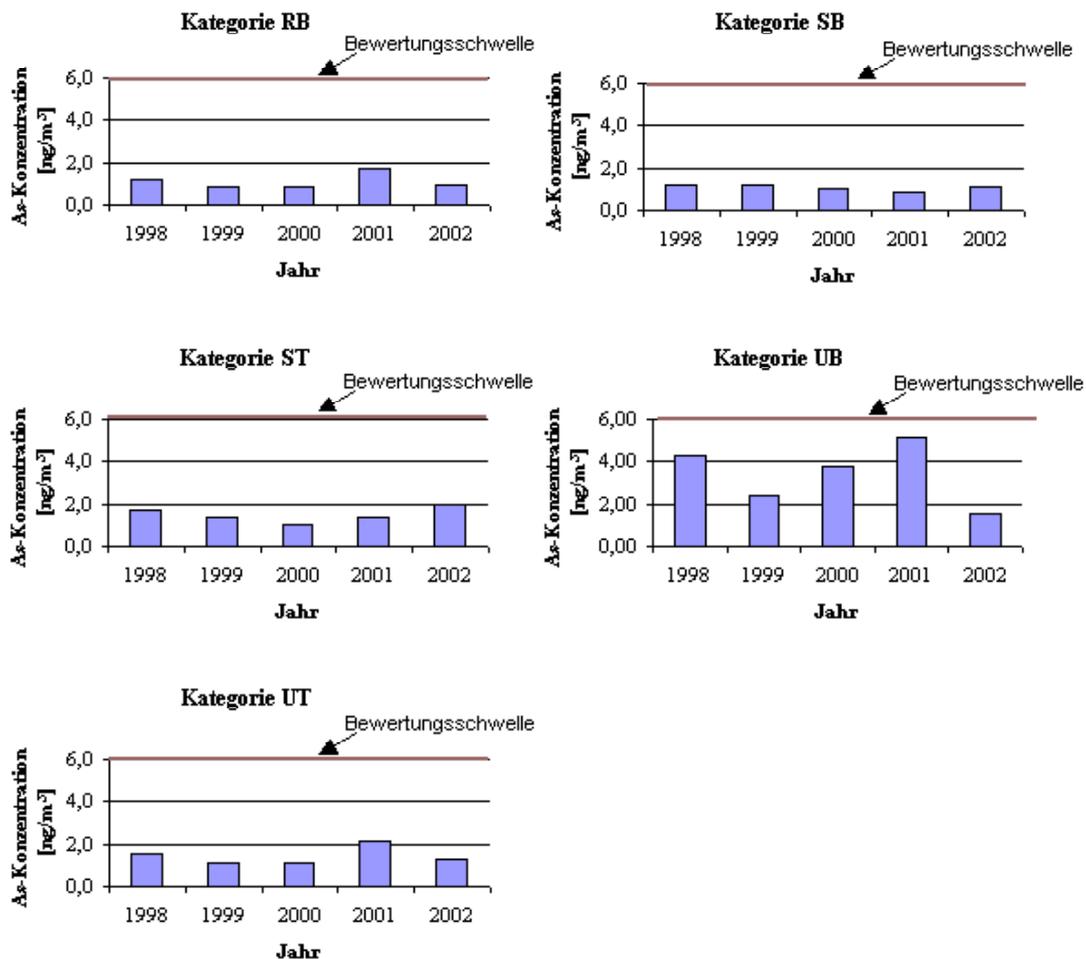


Abb. 6.2.1-1: As-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Stationen

Aus *Abbildung 6.2.1-1* sind folgende Tendaussagen abzuleiten: Die Jahresmittelwerte der einzelnen Kategorien nehmen im Zeitraum 1998 bis 2000 leicht ab und steigen 2001/2002 wieder leicht an (Kategorien RB, SB, ST, UT).

Die Werte der Kategorie UB streuen sehr stark, wobei sie durch je eine Station in Nordrhein-Westfalen (Jahresmittelwert 1998 13,1 ng/m<sup>3</sup>, maximaler Monatsmittelwert 111 ng/m<sup>3</sup>, 1999 dann nur noch 4,2 ng/m<sup>3</sup> Jahresmittel) und in den Jahren 1998, 2000 und 2001 von je einer Station in Thüringen (Jahresmittelwerte: 8,9; 7,6; 18,3 ng/m<sup>3</sup>) sehr stark dominiert werden.

Ohne diese Stationen liegt der Mittelwert z.B. für 1998 bei  $0,91 \text{ ng/m}^3$ .

### 6.2.1.2 Jahresmittelwertevergleich mit permanent messenden Stationen

Abbildung 6.2.1-2 zeigt die Ergebnisse der Trendbetrachtungen für verschiedene Stationskategorien mit permanent messenden Stationen. In der Kategorie UB wurde die im Kapitel 6.2.1.1 erwähnte Station von Nordrhein-Westfalen eliminiert, deren Jahresmittel stark streuen und die im Gegensatz zu den in Kapitel 6.2.1.1 erwähnten wechselnden Stationen Thüringens permanent misst.

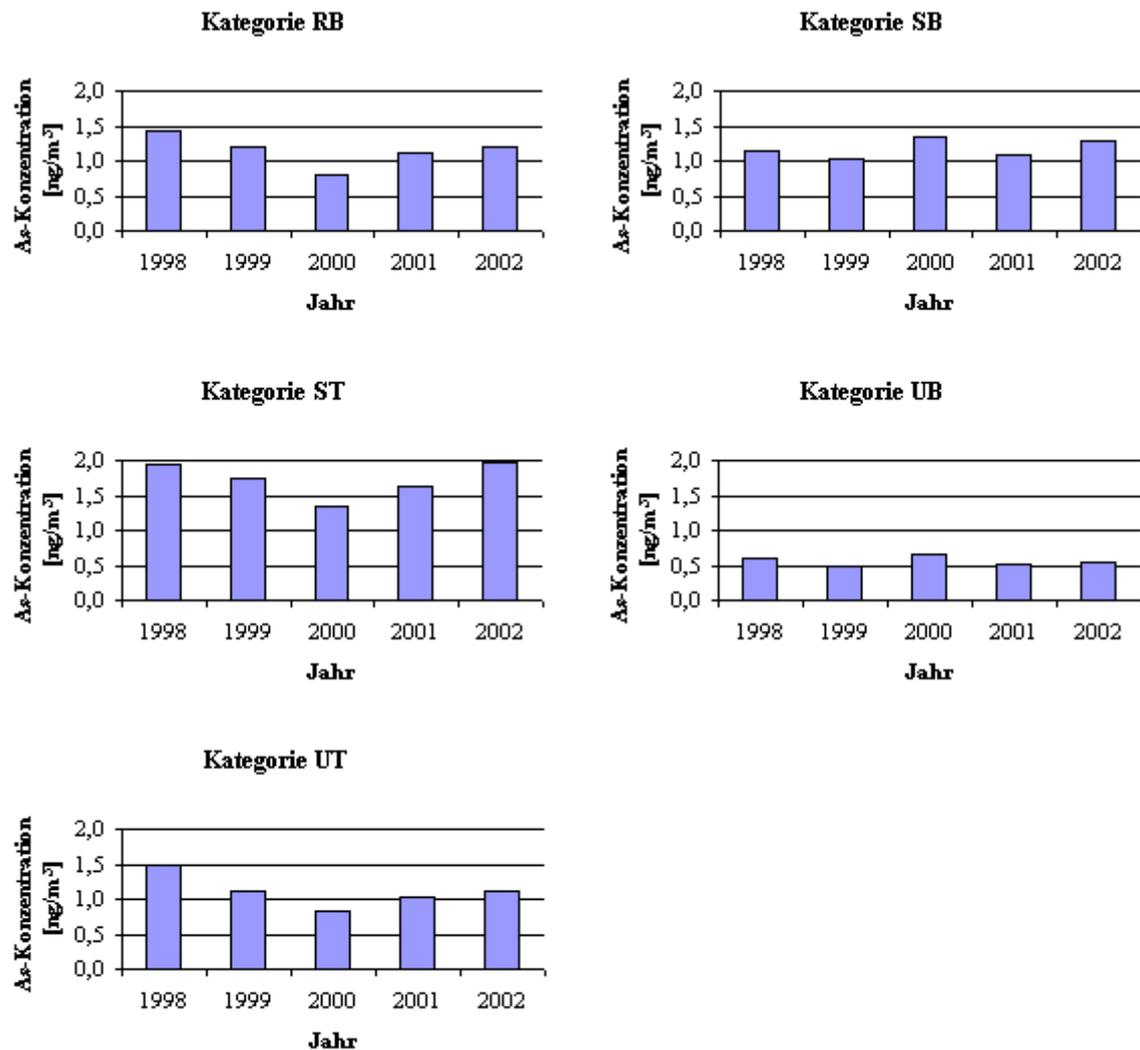


Abb. 6.2.1-2: As-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für permanent messende Stationen

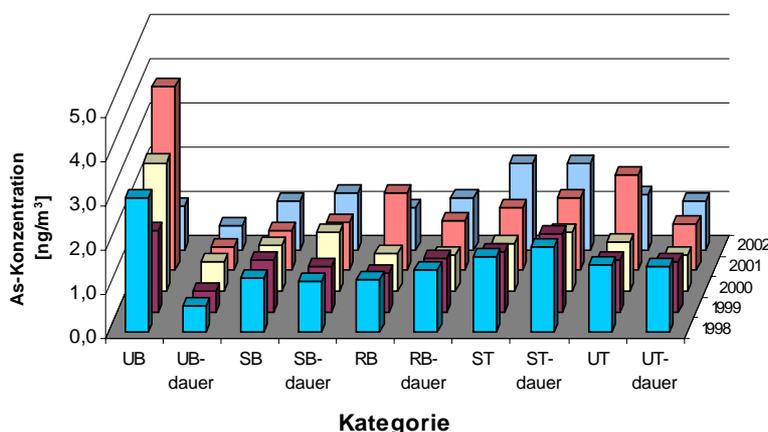
Für alle Kategorien außer UB wird der Verlauf entsprechend *Abbildung 6.2.1-1* und *6.2.1-2* weitestgehend bestätigt.

Die Werte der permanent gemessenen Stationen für UB betragen z.T. nur ein Zehntel der Jah-



resmittel für alle Stationen. In *Abbildung 6.2.1-3* sind die Ergebnisse direkt gegenübergestellt (permanent messende mit der Erweiterung „dauer“).

Bis auf zwei größere Abweichungen für RB und UT im Jahre 2001 und die durchweg niedrigeren Werte für UB besteht eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Vergleichsgruppen.

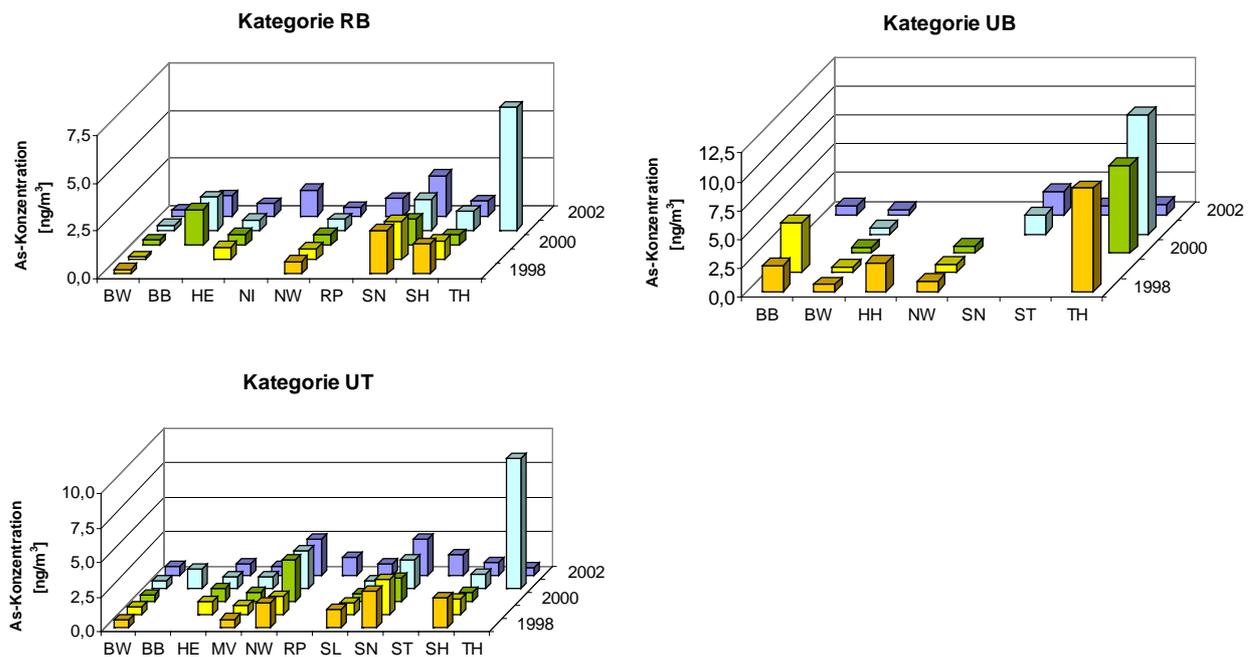


**Abb. 6.2.1-3:** Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen (Arsen)

### 6.2.1.3 Jahresmittelwerte nach Ländern

*Abbildung 6.2.1-4* zeigt für die Jahresmittelwerte der drei Stationskategorien, bei denen im Vergleich mit den permanent messenden Stationen Unterschiede auftreten, die weitere Aufteilung in Ländermittelwerte. Es zeigt sich, dass sowohl für SB als auch für RB im Jahre 2001 singuläre Werte in Thüringen auftreten, die für das abweichende Ergebnis im Vergleich mit den permanent messenden Stationen verantwortlich sind (vgl. *Abbildung 6.2.1-3*). In der Kategorie UB liegen die Werte für Thüringen sehr hoch, was erklärt, dass die Jahresmittelwerte der permanent messenden Stationen sehr viel niedriger sind als die Jahresmittelwerte für alle Stationen. Die Thüringer Stationen messen nicht permanent, die Stationen werden ausgetauscht.

Weiterhin ist zu erkennen, dass das Level der Länderwerte innerhalb einer Stationskategorie sehr unterschiedlich sein kann. Herausragend ist dabei Thüringen. Über die Jahre gesehen besteht außer für Thüringen in jedem Falle Konsistenz. Dort tritt zwischen 2001 und 2002 ein Konzentrationsabfall von einer Zehnerpotenz ein, es werden andere Stationen gemessen.



**Abb. 6.2.1-4:** As-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien, Ländern und Jahren für alle Stationen

#### 6.2.1.4 Verteilungen der Jahresmittelwerte

Abbildung 6.2.1-5 zeigt in einer Punktverteilung für die Kategorien die As-Jahresmittelwerte aller Einzelmessstellen aufgeteilt auf die einzelnen Jahre von 1998 bis 2002.

Die Kategorien RB, SB und ST zeigen über den gesamten Zeitraum eine homogene und kompakte Verteilung ohne nennenswerte Inhomogenitäten bei den mittleren Jahreskonzentrationen. Der Hauptteil der Jahresmittelwerte liegt zwischen  $0,15$  und  $1,7 \text{ ng/m}^3$ . Auch für UB liegt in allen Jahren ein kompaktes Punktfeld mit Jahresmittelwerten zwischen  $0,3$  und  $0,7 \text{ ng/m}^3$  vor, daneben gibt es aber immer singulär hohe Werte an Einzelstationen. Die Punktverteilung der Kategorie UT ist im Verhältnis dazu aufgelockerter mit singulären Werten in einzelnen Jahren. Der Wertebereich reicht von etwa  $0,3$  bis  $3,0 \text{ ng/m}^3$ .

Die Kategorien RI, SI und RT sind auf Grund der geringen Stationenanzahl nicht diskutabel. Die Verteilung in der Kategorie UI spiegelt sehr gut die Individualität und damit Bandbreite dieser Kategorie wieder, Gesetzmäßigkeiten lassen sich aber nicht definieren.

Das Verhältnis der Mittelwerte zwischen den Kategorien und ihre zeitliche Entwicklung lassen sich aus der halblogarithmischen Darstellung ablesen (Abbildung 6.2.1-6).

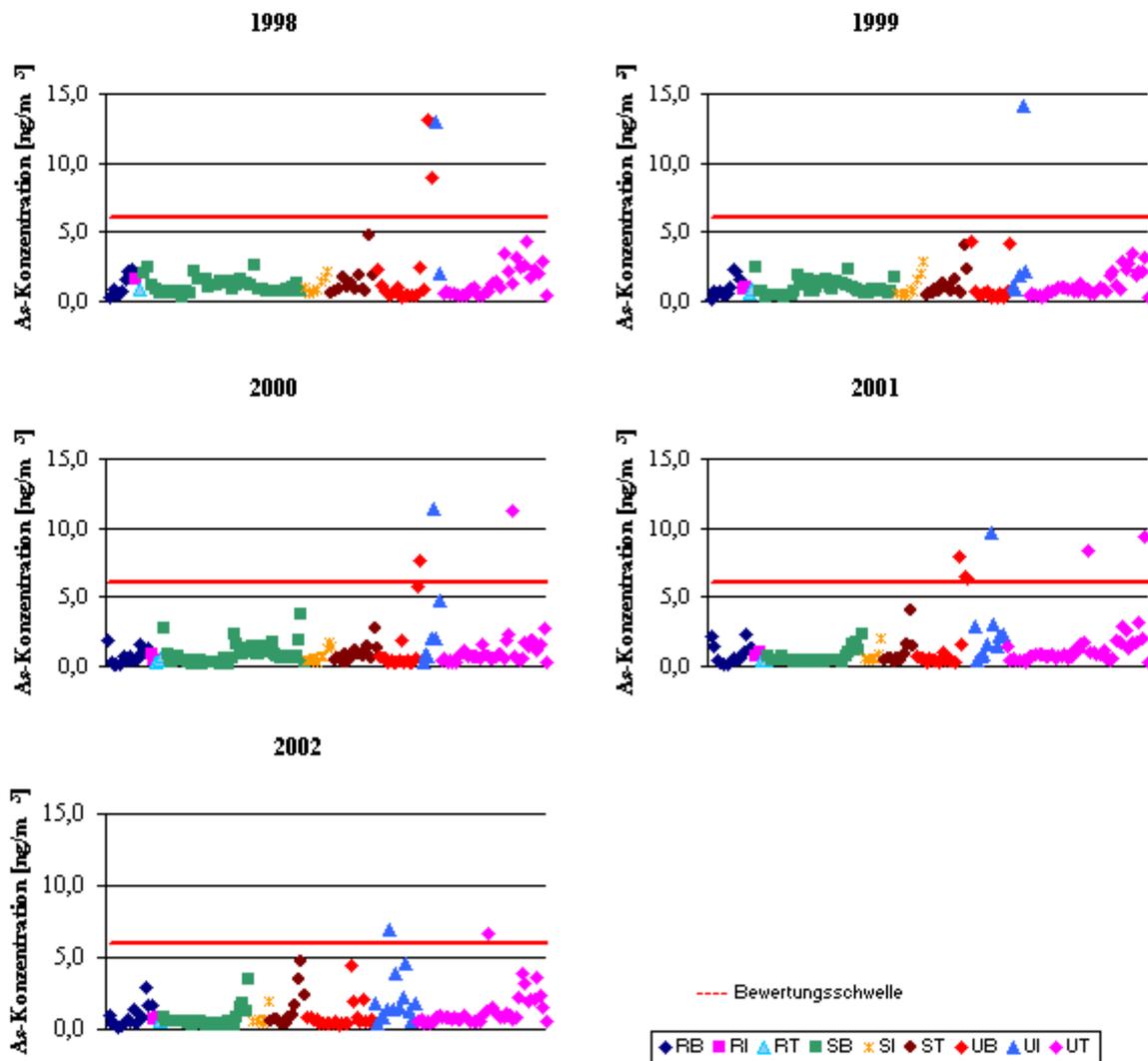
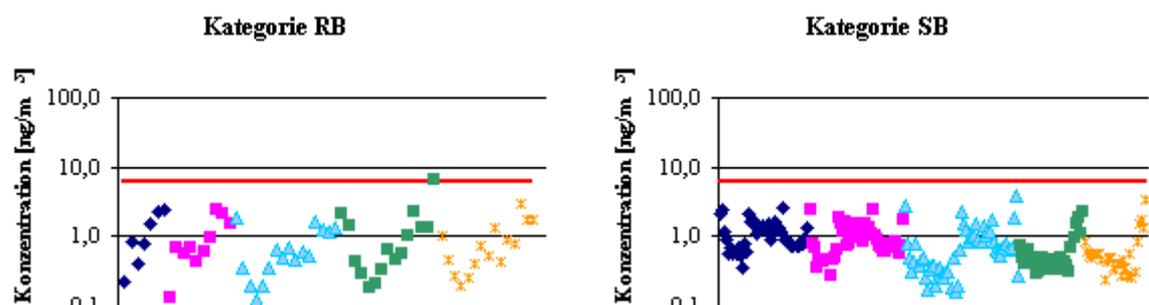


Abb. 6.2.1-5: Punktverteilung der As-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen nach Kategorien



**Abb. 6.2-6:** *Punktverteilung der As-Jahresmittelwerte aller messenden Stationen nach Kategorien und Jahren*

### **6.2.2** *Verteilungen der Monatsmittelwerte*

Die im *Kapitel 6.2.1* untersuchten Jahresmittelwerte für die Kategorien sind Durchschnittswerte über alle Messstellen. Wie die Punktverteilungen für die Messstellen zeigen, können an einzelnen Messstellen erhebliche Abweichungen hiervon auftreten.

*Abbildung 6.2.2-1* zeigt nun die Verteilung aller Monatsmittelwerte und ihre Streubreite für das Jahr 2002 nach Stationskategorien. Da die Werte nach Stationen sortiert sind, kann man sehr gut Häufungsbereiche z.B. sehr hoher Werte erkennen (SB: Werte am rechten Rand gehören zu den hohen Werten Nordrhein-Westfalens mit Jahresmittelwerten zwischen 1,5 und 3,4 ng/m<sup>3</sup>) und z.T. auch die Jahresgänge verfolgen (ST).

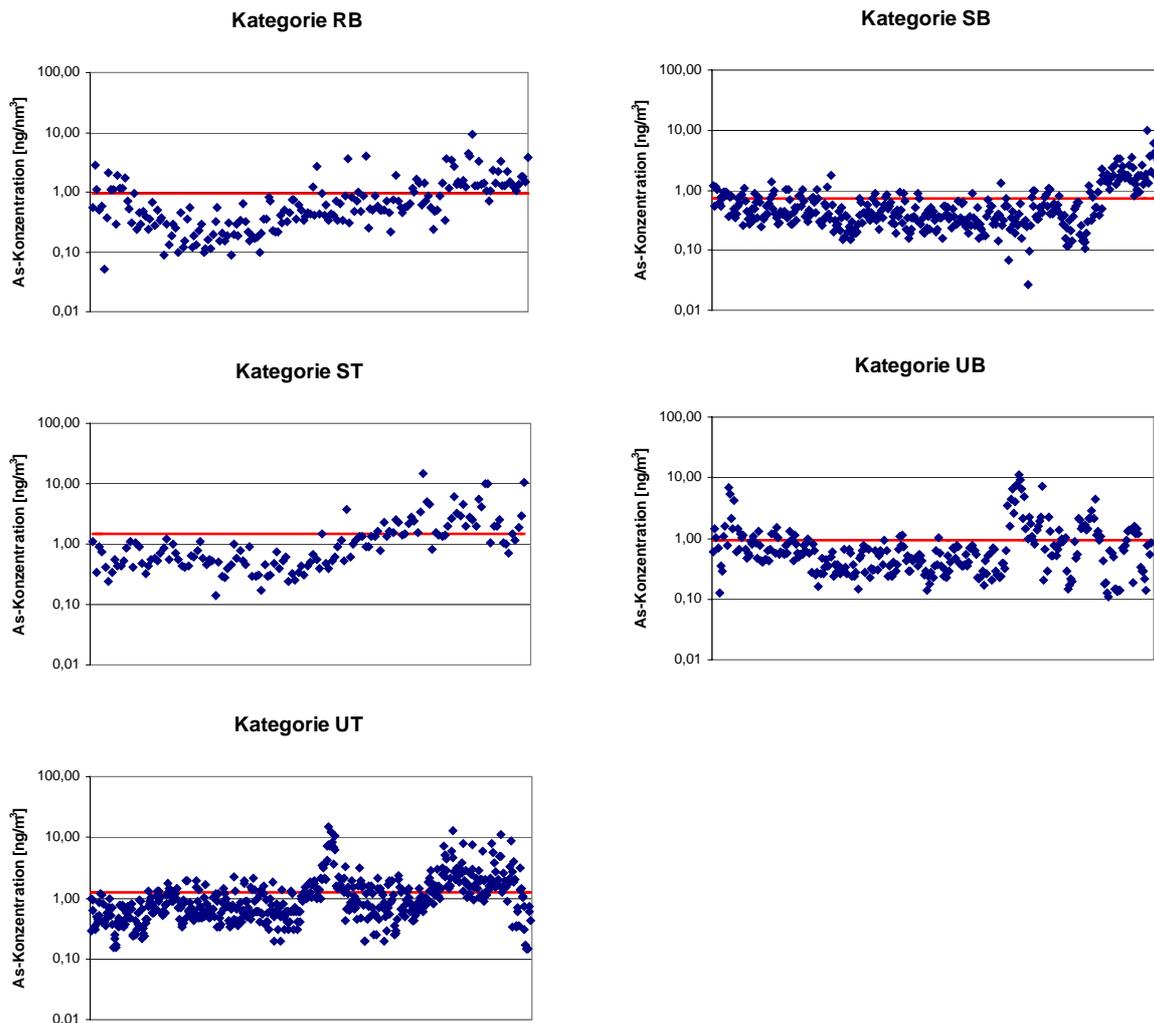
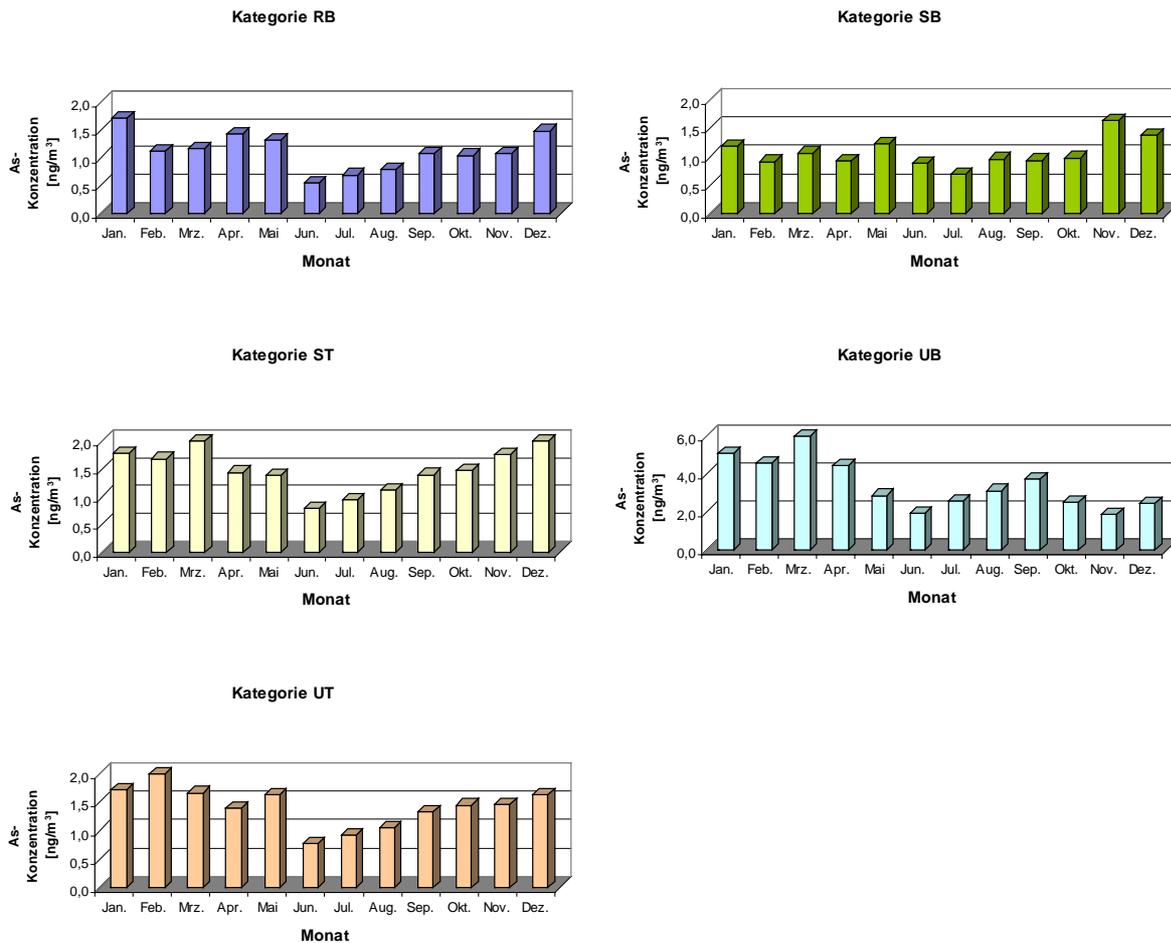


Abb. 6.2.2-1: Verteilung der As-Monatsmittelwerte für das Jahr 2002 nach Stationskategorien

### 6.2.3 Jahrgang der Monatsmittelwerte

Anthropogene Quellen für Arsen-Emissionen sind vorwiegend ortsfeste Verbrennungsanlagen und die Eisen- und Stahlindustrie sowie die Nichteisenmetallindustrie (Kupfer- und Bleiproduktion). Der durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe gedeckte höhere Energiebedarf für Heizzwecke führt zu einem allerdings nur schwach ausgeprägten Jahrgang der As-Belastung.

Wie aus der *Abbildung 6.2.3-1* erkennbar ist, gilt dies für alle Stationskategorien, wobei die Monatsmittel der Stationskategorie UB jeweils am höchsten sind. Die geringste Abhängigkeit ist bei der Kategorie SB zu beobachten. Weiterhin sind bei den Background-Stationen leichte Frühjahrs- und Herbstmaxima, bei den Verkehrsstationen nur Frühjahrsmaxima zu beobachten. Für die Auswertungen wurden die Monatswerte aus den Mittelwerten von 1998 bis 2002 gebildet.



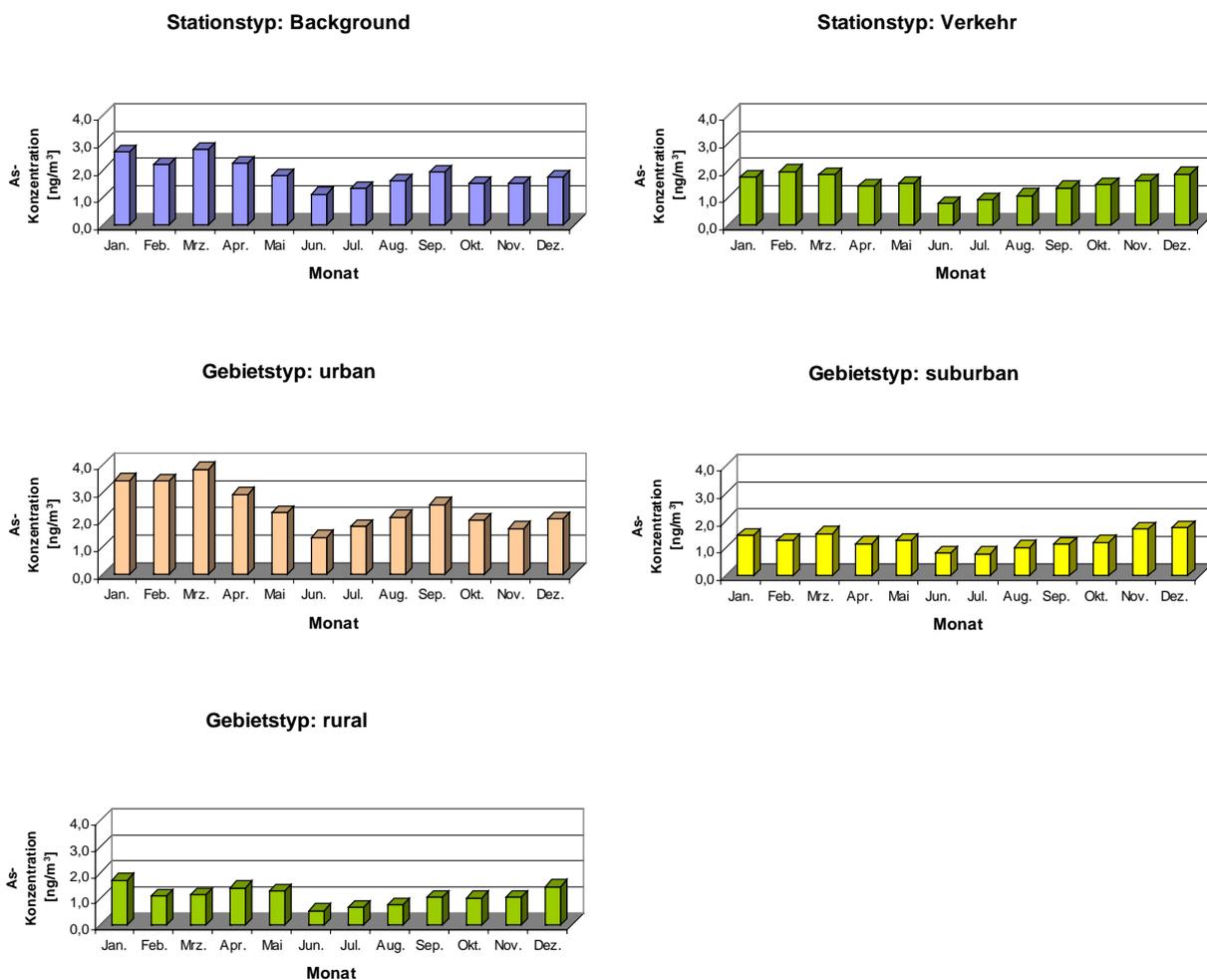
**Abb. 6.2.3-1: Jahresganglinien für Arsen nach Stationskategorien für alle Messwerte**

Eine zusammenfassende Auswertung aller Stationen nach Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt *Abbildung 6.2.3-2*.

Neben den Frühjahrs- bzw. Herbstmaxima für Background- und Verkehrsstationen sind deutliche Unterschiede in den langjährigen Monatsmittelwerten für die Gebietstypen von urban über suburban bis zu rural zu erkennen. Alle enthalten ein Frühjahrsmaximum, aber nur der Gebietstyp urban ein Herbstmaximum.

In *Tabelle 6.2.3-1* sind für die Stationskategorien, Stations- und Gebietstypen die Winter- und Sommermittel, ihr Verhältnis und die Extrema der Monatswerte aufgeführt. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel beträgt maximal 1,55 (Kategorie ST) und ist bei den Verkehrsstationen am größten. Hinsichtlich der Gebietseinteilung bestehen nur marginale Unterschiede. Der Gebietstyp rural hat mit 1,45 das größte Verhältnis Winter-/Sommermittel, für urban und suburban beträgt es etwa 1,4.

Den ausgeprägtesten Jahresgang weisen die Kategorien UB und RB mit einem Verhältnis minimaler/maximaler Monatswert von 32 bzw. 33 % auf.



**Abb. 6.2.3-2:** Jahresganglinien für Arsen nach Gebiets- und Stationstypen für alle Messwerte im Mittel von 1998 bis 2002

**Tabelle 6.2.3-1:** Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema nach Stations- und Gebietstypentypen für Arsen

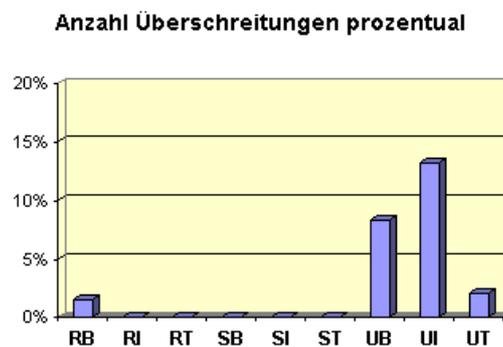
	<i>RB</i>	<i>SB</i>	<i>UB</i>	<i>UT</i>	<i>ST</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
Wintermittel (WM) [ng/m <sup>3</sup> ]	1,29	1,15	3,85	1,65	1,75	2,10	1,70	2,75	1,45	1,29
Sommermittel (SM) [ng/m <sup>3</sup> ]	0,89	0,94	2,86	1,14	1,13	1,56	1,14	2,00	1,03	0,89
WM/SM	1,45	1,23	1,35	1,44	1,55	1,35	1,50	1,38	1,41	1,45
langj. Jahresmittel [ng/m <sup>3</sup> ]	1,12	1,06	3,44	1,44	1,49	1,87	1,46	2,44	1,28	1,12
Maximaler M	1,71	1,63	6,00	2,22	2,09	2,74	1,95	3,83	1,74	1,71
onatswert [ng/m <sup>3</sup> ]										
Minimaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	0,56	0,69	1,89	0,77	0,79	1,13	0,78	1,36	0,82	0,56
Verh. Min/Max	33%	43%	32%	35%	38%	41%	40%	36%	47%	33%

### 6.2.4 Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte)

Der Vorschlag für die zukünftige EU-Tochtrichtlinie für Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und PAK /KOM 03/ nennt als Bewertungsschwelle für Arsen ein Jahresmittel von  $6 \text{ ng/m}^3$ . In welchem Umfang dieser geplante Wert an den Messstellen der Bundesrepublik bis 2002 noch überschritten wurde, zeigen die Untersuchungen zur Überschreitungshäufigkeit der Bewertungsschwelle.

Die für alle Schwermetall-Messstellen der Bundesrepublik ermittelten Überschreitungen der Schwellenwerte für den Zeitraum von 1998 bis 2002 sind für die Stationskategorien in *Abbildung 6.2.4-1* dargestellt. *Tabelle 6.2.4-1* enthält die dazugehörigen Absolutwerte und die Aufteilung der Schwellenwertüberschreitungen auf den Betrachtungszeitraum. Als Grundaussagen sind daraus abzuleiten:

- Der in der aktuellen Entwurfsfassung vorgeschlagene Zielwert der 4. TRL der Europäischen Kommission von  $6 \text{ ng/m}^3$  wurde von 1998 bis 2002 insgesamt in 17 Fällen überschritten. Den höchsten Anteil hat die Kategorie UB mit sieben Überschreitungen, gefolgt von UI mit 5 Überschreitungen. Es lässt sich kein zeitlicher Trend ablesen.
- Die Überschreitungshäufigkeit der Schwellenwerte hängt von der Gebietskategorie ab: bis auf eine Schwellenwertüberschreitung (RB) treten alle im städtischen Bereich auf.



**Abb. 6.2.4-1:** Überschreitungen der Schwellenwerte für Arsen für alle Messstationen im Zeitraum von 1998 bis 2002

**Tabelle 6.2.4-1:** Bilanz der Messwertkontrolle entsprechend EU-Tochtrichtlinie für Arsen

Kategorie	Überschreitungen/gemessene Stationen					Summe Jahresmittelwerte	Summe Überschreitungen	Gesamtanzahl Stationen
	1998	1999	2000	2001	2002			
RB	0/7	0/10	0/16	1/15	0/15	63	1	20
RI	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	9	0	2
RT	0/1	0/2	0/3	0/2	0/1	9	0	4
SB	0/42	0/44	0/53	0/30	0/29	198	0	59
SI	0/7	0/9	0/10	0/6	0/6	38	0	10
ST	0/12	0/14	0/17	0/10	0/12	65	0	18
UB	2/15	0/13	1/16	4/18	0/22	84	7	33
UI	1/2	1/5	1/7	1/10	1/14	38	5	15
UT	0/27	0/37	1/39	2/44	1/43	190	4	56
gesamt	3/114	2/136	4/163	8/137	4/144	694	17	217



Bewertungsschwellen gelten als überschritten, wenn mindestens drei Jahreskonzentrationswerte der zurückliegenden fünf Jahre die Bewertungsschwelle überschreiten. Für die Arsen messenden Stationen Deutschlands enthält *Tabelle 6.2.4-2* die Bilanz:

- Von insgesamt 217 in Deutschland zwischen 1998 und 2002 Arsen messenden Stationen überschreiten 11 Messstellen mindestens einmal die Bewertungsschwelle von  $6 \text{ ng/m}^3$ .
- Eine Station erfüllt trotzdem die Bedingung für Nichtüberschreitung (Kategorie UB, zwei Überschreitungen), zwei Stationen sind als die Bewertungsschwelle überschreitend einzustufen (UI, UT je drei Überschreitungen), und acht Stationen können nicht bewertet werden, da nur Messwerte für ein oder zwei Jahre vorliegen.

**Tabelle 6.2.4-2: Überschreitungen der Bewertungsschwelle für Arsen von 1998 bis 2002**

<i>Kategorie</i>	<i>Überschreitungen/Messjahre</i>	<i>Stationen</i>
RB	1 / 1	1
UB	2 / 5	1
	1 / 1	4
	1 / 2	1
UI	3 / 3	1
	2 / 2	1
UT	3 / 3	1
	1 / 1	1

### **6.3 Auswertungen Kadmium**

Kadmium ist ein relativ seltenes Element, das hauptsächlich in Verbindung mit Sulfidieren anderer Metalle vorkommt. In der Luft befindet sich Kadmium größtenteils in der Feinpartikelfraktion  $\text{PM}_{2,5}$ .

Die Eisen- und Stahlindustrie, ortsfeste Verbrennungsanlagen und der Verkehr tragen jeweils rund 20 % zu den anthropogenen Gesamtemissionen bei. Relevante Immissionskonzentrationen stammen aus der Nichteisenmetallindustrie. Kadmiumverbindungen werden bei der Kupfer-, Blei- und Zinkproduktion in die Luft abgegeben. /KOM 03/. Kadmium könnte humankarzinogene Wirkungen zeigen und möglicherweise genotoxisch sein /KOM 03/.

#### **6.3.1 Jahresmittelwerte**

##### **6.3.1.1 Jahresmittelwerte für alle Stationen nach Kategorien**

Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen des Kadmium über alle in Deutschland gemessenen Stationen variieren im Betrachtungszeitraum zwischen  $0,3$  und  $0,8 \text{ ng/m}^3$  in ländlichen Hintergrundgebieten (RB); in städtischen Gebieten lagen die Hintergrundwerte zwischen  $0,9$  und  $1,3 \text{ ng/m}^3$ . Der größte ermittelte Konzentrationswert war mit  $1,4 \text{ ng/m}^3$  der Jahresmittelwert der Kategorie ST im Jahre 1998.

Aus *Abbildung 6.3.1-1* ist Folgendes abzuleiten: Die Jahresmittelwerte der einzelnen Kategorien nehmen im Zeitraum 1998 bis 2000/2001 meist ab und steigen 2001/2002 wieder leicht an (Kategorien SB, ST, UT). Dabei beträgt die höchste Abnahme zwischen 1998 und 2001 67 % (ST).

Die Cd-Werte der Kategorie RB sind durchgängig sehr niedrig und liegen zwischen 1998 und

2001 um  $0,4 \text{ ng/m}^3$ , steigen dann 2002 auf  $0,7 \text{ ng/m}^3$ .

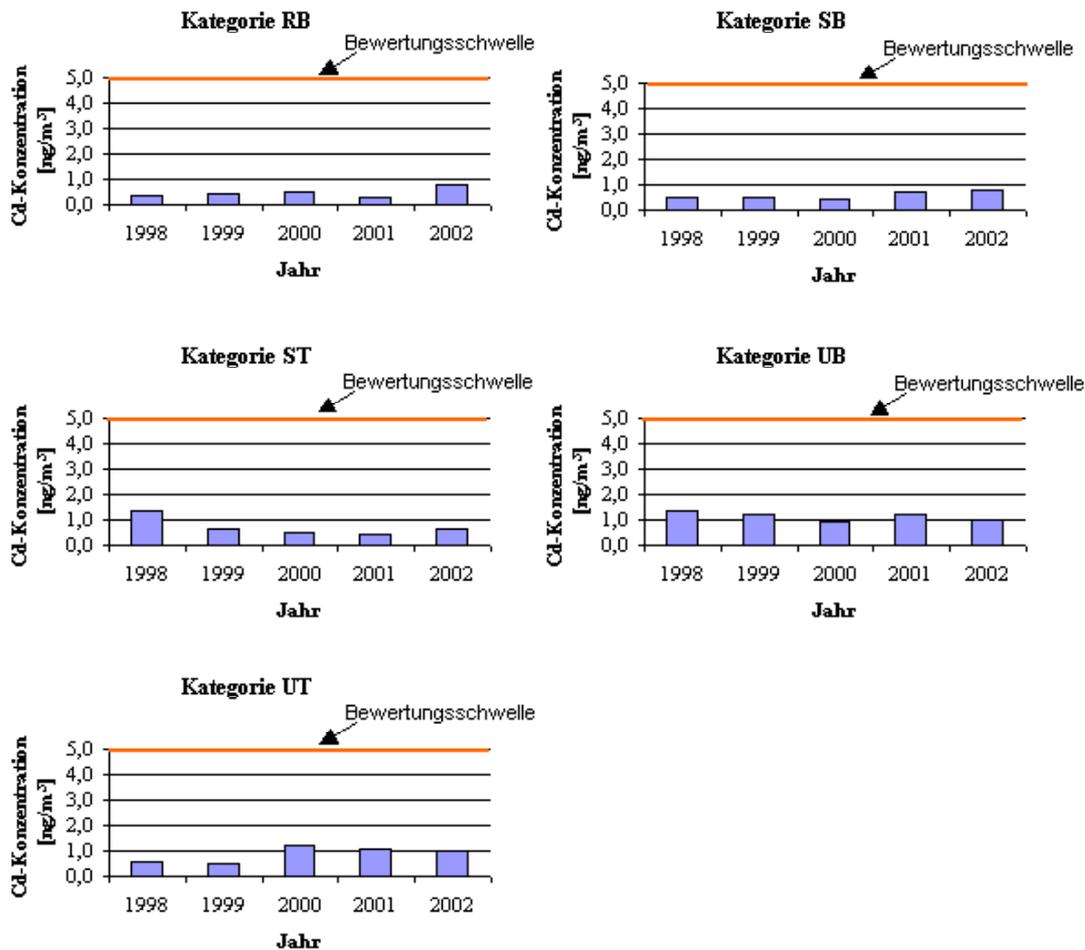


Abb. 6.3.1-1: Cd-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Stationen

### 6.3.1.2 Jahresmittelwertevergleich mit permanent messenden Stationen

Abbildung 6.3.1-2 zeigt die Ergebnisse der Trendbetrachtungen für verschiedene Stationskategorien mit permanent messenden Stationen. Für die Kategorien ST und UB wird der Verlauf entsprechend Abbildung 6.3.1-1 und 6.3.1-2 weitestgehend bestätigt, wobei die ermittelten Jahreswerte der Kategorie UB nur etwa ein Drittel der Werte für alle Stationen betragen. In Abbildung 6.3.1-3 sind die Ergebnisse direkt gegenübergestellt (permanent messende mit der Erweiterung „dauer“).

Für die Kategorie UT ist der zeitliche Verlauf gegenüber dem Verlauf für alle Stationen harmonisiert. Dieser Effekt ist auf die große Streubreite der Jahreswerte der Kategorie UT (bes. für Nordrhein-Westfalen) und den sich jährlich verändernden Stationenmix bei der Auswertung für alle Stationen zurückzuführen (vgl. Kapitel 6.3.1-4). Beide Komponenten entfallen für die permanent messenden Stationen. (Es gibt keine Station in Nordrhein-Westfalen für diese Auswahl).

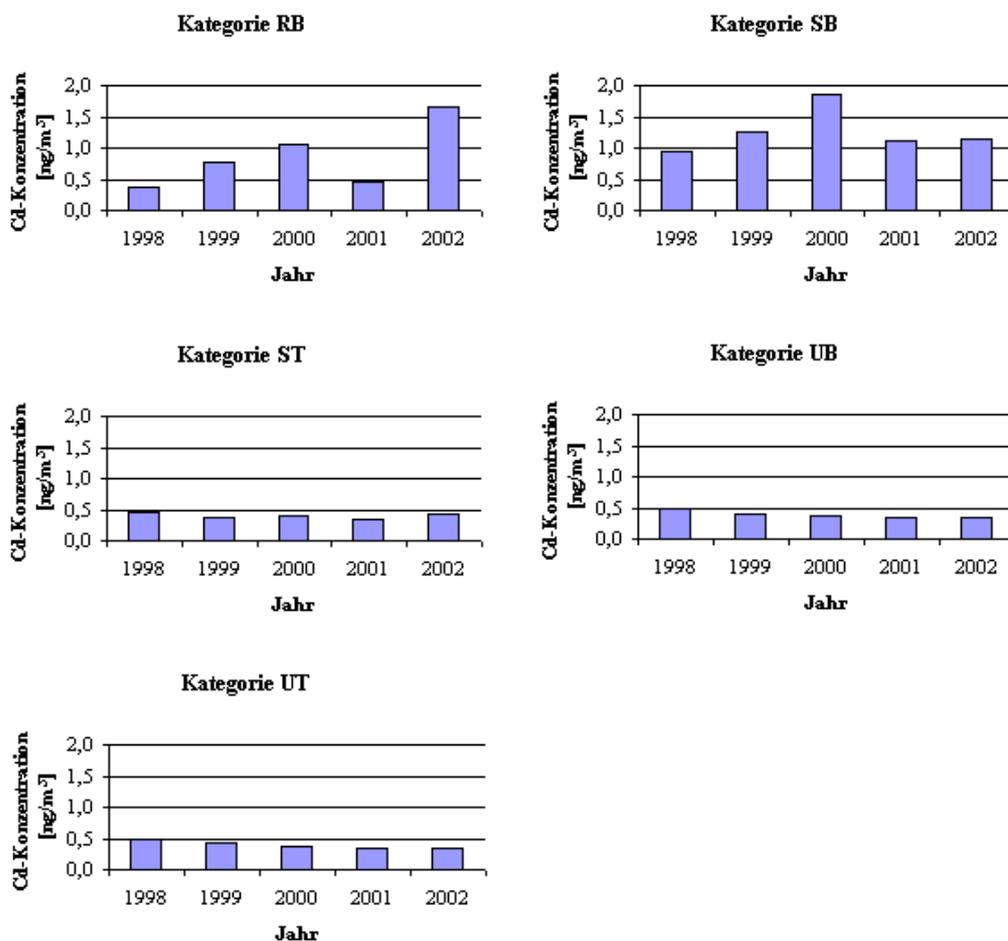


Abb. 6.3.1-2: Cd-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für permanent messende Stationen

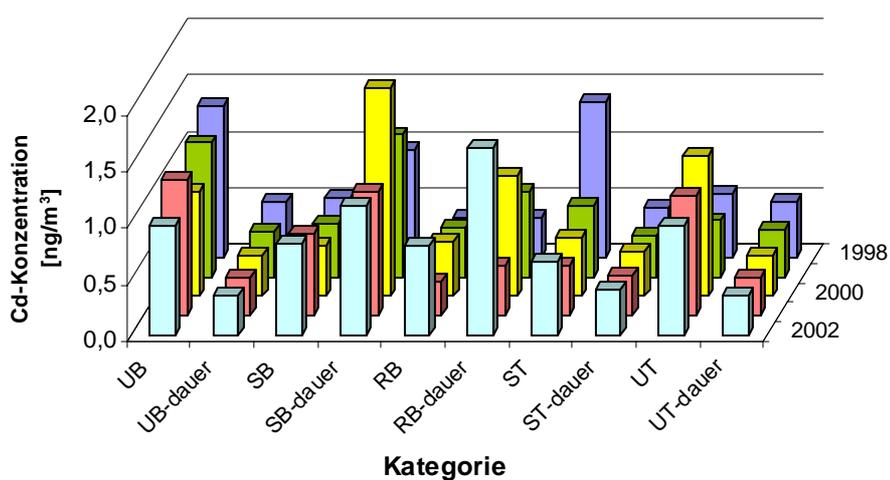
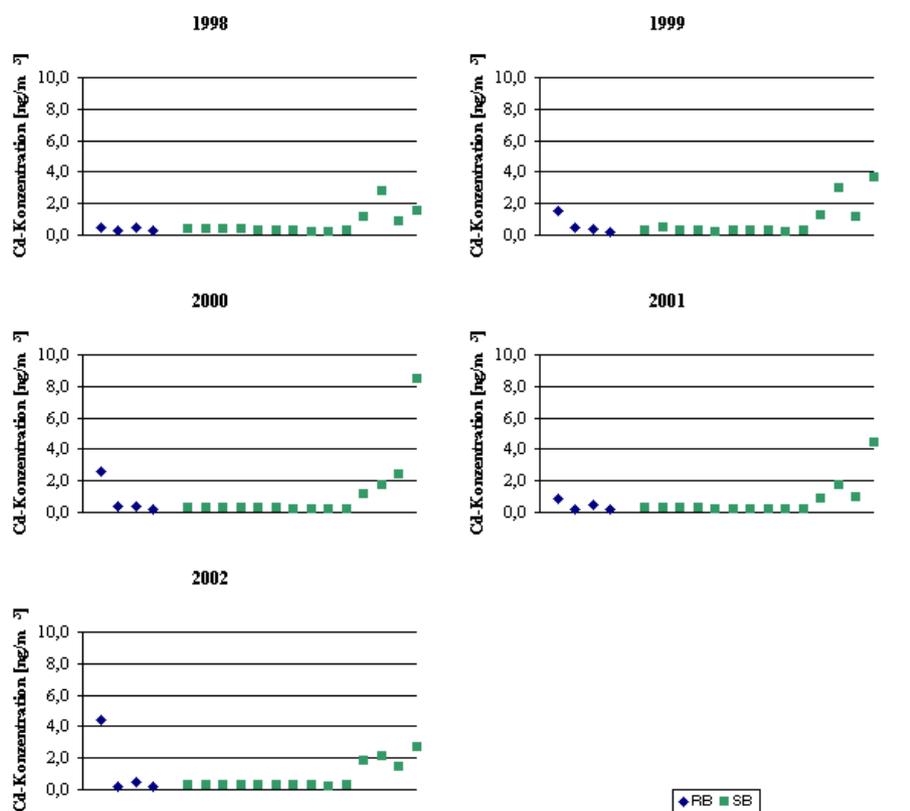


Abb. 6.3.1-3: Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen (Kadmium)

Der Vergleich innerhalb von RB und SB zeigt, dass die Jahreswerte der permanent messenden Stationen stärker oszillieren als die aller messenden Stationen. In *Abbildung 6.3.1-4* ist die Werteverteilung dargestellt. Die Stationen erscheinen immer in der gleichen Reihenfolge. Die Werte der letzten vier Stationen der Kategorie SB betragen in allen Jahren das 5-30-fache der restlichen Werte und bewirken die Oszillationen des Mittelwertes. Sie gehören zu Stationen Nordrhein-Westfalens, während die anderen Baden Württemberg zuzuordnen sind.

Zusammenfassend muss festgestellt werden, dass Langzeitbetrachtungen anhand permanent messender Stationen nicht in jedem Falle die Auswertungen über alle Stationen bestätigen. Ein wichtiger Grund dafür ist, dass das Messwertlevel innerhalb einer Kategorie für verschiedene Länder sehr unterschiedlich sein kann (*Kapitel 6.3.1.3*).



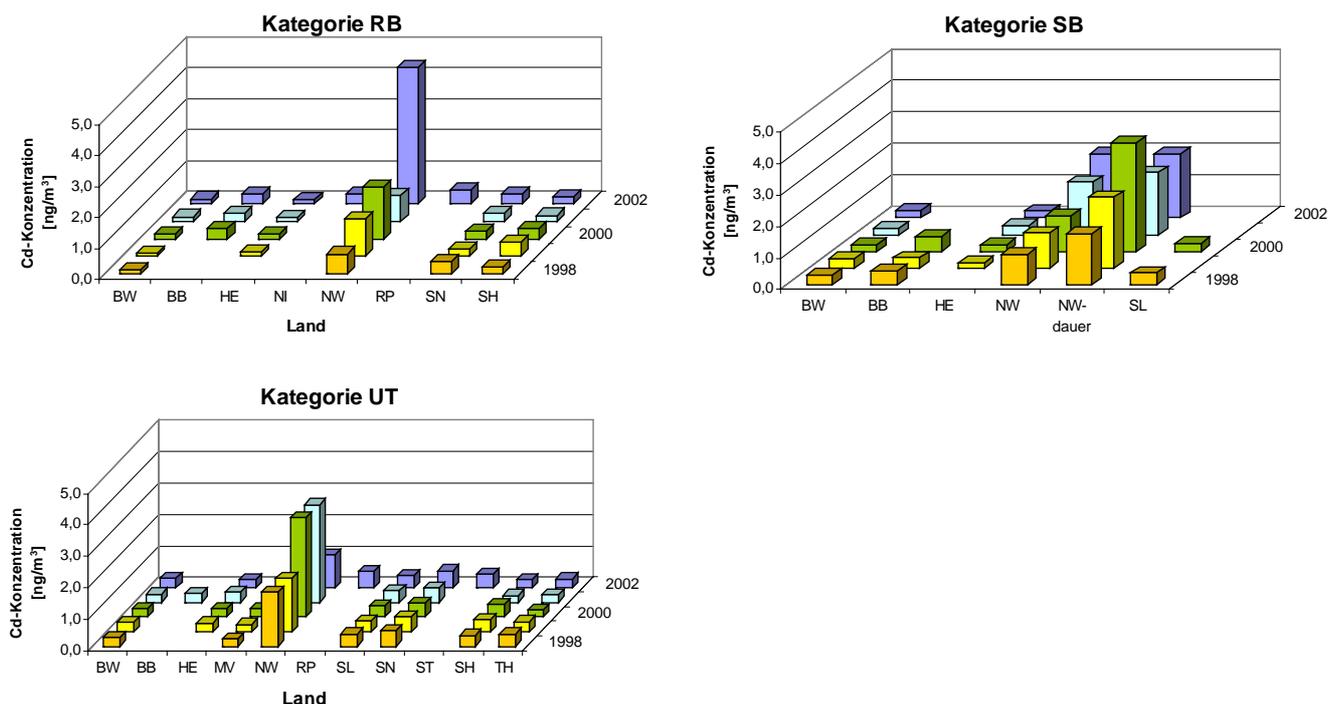
**Abb. 6.3.1-4:** Messwertverteilung permanent messender Stationen für ausgewählte Kategorien

### 6.3.1.3 Jahresmittelwerte nach Ländern

*Abbildung 6.3.1-5* zeigt für die Jahresmittelwerte der zwei Stationskategorien RB und SB, bei denen im Vergleich mit den permanent messenden Stationen Unterschiede auftreten, und für UT die weitere Aufteilung in Ländermittelwerte.

Es ist zu erkennen, dass das Level der Länderjahresmittelwerte innerhalb einer Stationskategorie sehr unterschiedlich sein kann. Herausragend ist dabei Nordrhein-Westfalen. Über die Jahre gesehen besteht außer für NW in jedem Falle Konsistenz.

Das Länderjahresmittel der Kategorie RB unterliegt für Nordrhein-Westfalen im Zeitraum 1998 bis 2002 großen Schwankungen, die für das abweichende Ergebnis im Vergleich mit den permanent messenden Stationen verantwortlich sind (vgl. *Abbildung 6.3.1-3*). (Auch für die Kategorie UT unterliegen die Länderjahresmittel großen Veränderungen, sie verdoppeln sich von 1999 zu 2000, aber keine Station aus Nordrhein-Westfalen misst permanent. Darin liegt die oben angeführte Harmonisierung der zeitlichen Entwicklung für permanent messende Stationen begründet.)



**Abb. 6.3.1-5:** Cd-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien, Ländern und Jahren für alle Stationen

#### 6.3.1.4 Verteilungen der Jahresmittelwerte

*Abbildung 6.3.1-6* zeigt in einer Punktverteilung für die Kategorien die Cd-Jahresmittelwerte aller Einzelmessstellen, aufgeteilt auf die einzelnen Jahre von 1998 bis 2002.

Die Kategorien RB, ST, UB und UT weisen über den gesamten Zeitraum eine homogene und kompakte Verteilung ohne nennenswerte Inhomogenitäten bei den mittleren Jahreskonzentrationen auf. Der Hauptteil der Jahresmittelwerte liegt zwischen 0,1 und 0,7 ng/m<sup>3</sup>.

Für SB ist von 1998 bis 2000 eine deutliche Teilung in zwei Wertebereiche zu erkennen: ein niedrigerer mit Jahresmittelwerten zwischen 0,1 und 0,3 ng/m<sup>3</sup> und ein zweiter mit höheren Werten zwischen 0,5 und 1,7 ng/m<sup>3</sup>. Ab 2001 ist der höhere Bereich weitestgehend aufgelöst. Der Grund ist die Außerbetriebnahme von etwa 20 Stationen in Nordrhein-Westfalen. Da dort das Level der Landesmittelwerte etwa das vierfache der anderen Länder beträgt, erklärt sich damit auch die Abnahme der Jahresmittelwerte für Kadmium in der Kategorie SB ab 2001 in

Abbildung 6.3.1-2.

Die Kategorien RI, SI und RT sind auf Grund der geringen Stationenanzahl nicht diskutabel. Die Verteilung in der Kategorie UI spiegelt sehr gut die Individualität und damit Bandbreite dieser Kategorie wieder, Gesetzmäßigkeiten lassen sich nicht definieren.

Das Verhältnis der Mittelwerte zwischen den Kategorien und ihre zeitliche Entwicklung lassen sich aus der halblogarithmischen Darstellung ablesen (Abbildung 6.3.1-7).

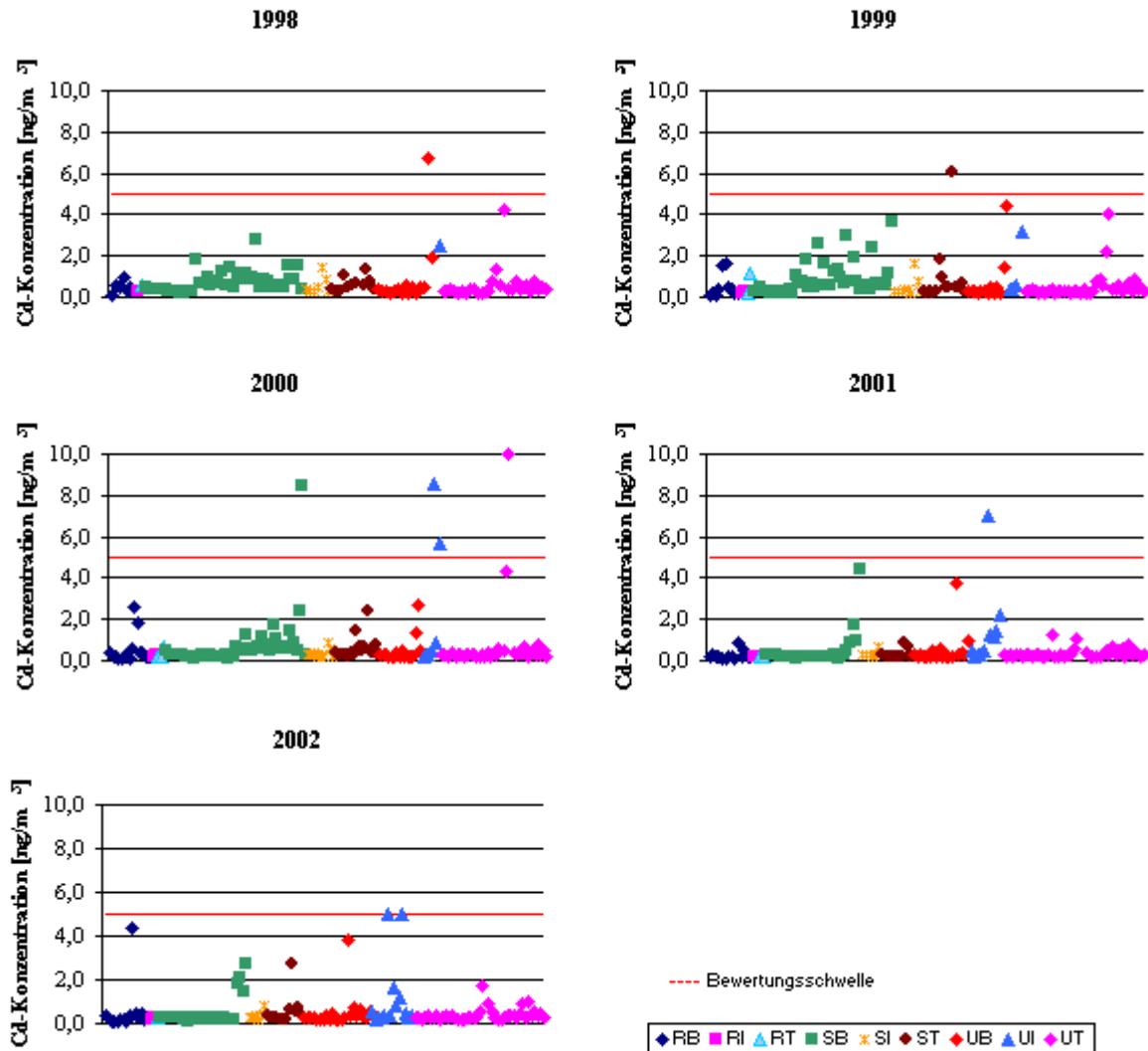


Abb. 6.3.1-6: Punktverteilung der Cd-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen nach Kategorien

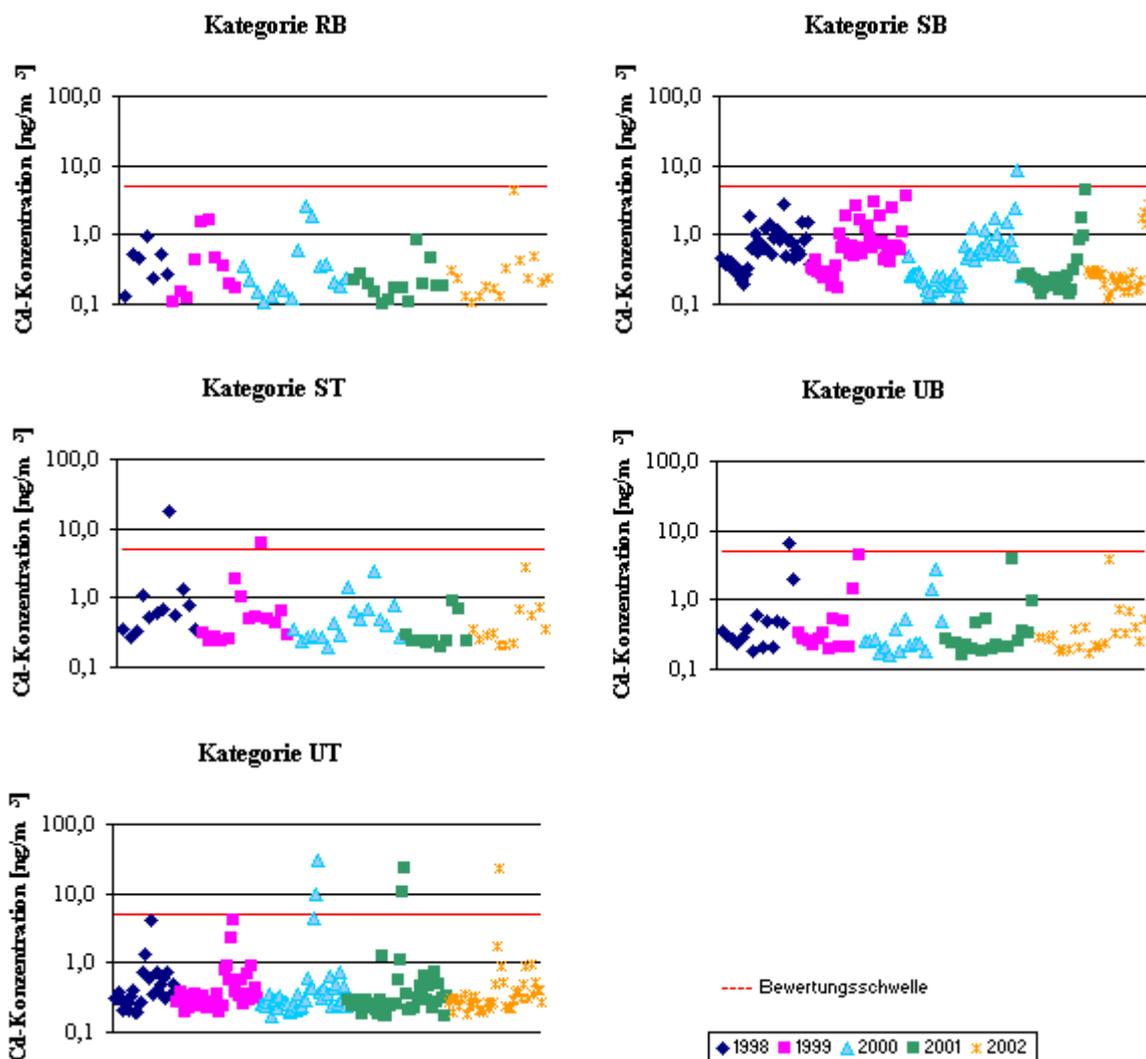
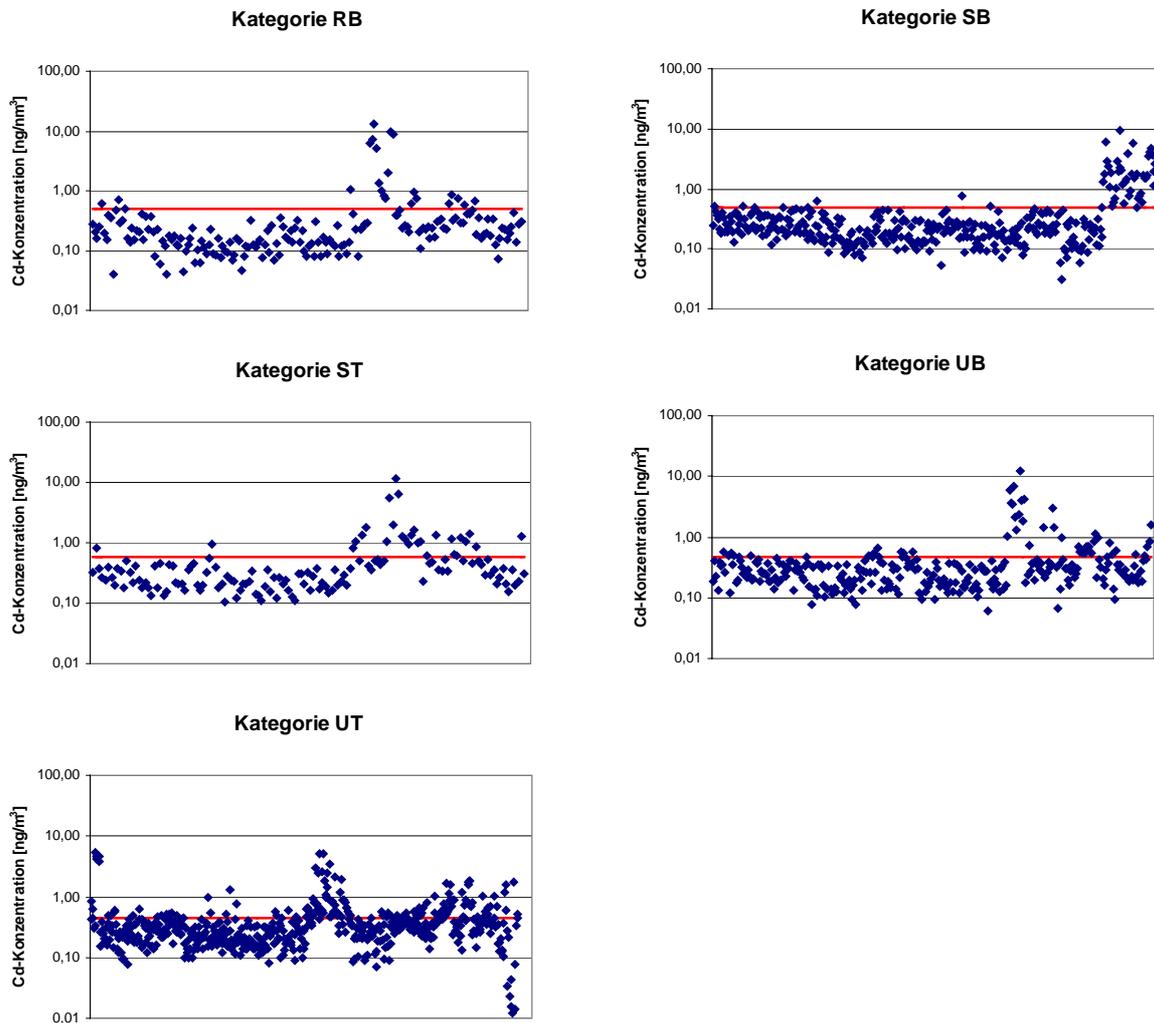


Abb. 6.3.1-7: Punktverteilung der Cd-Jahresmittelwerte aller messenden Stationen nach Kategorien und Jahren

### 6.3.2 Verteilungen der Monatsmittelwerte

Die im Kapitel 6.3.1 untersuchten Jahresmittelwerte für die Kategorien sind Durchschnittswerte über alle Messstellen. Wie die Punktverteilungen für die Messstellen zeigen, können an einzelnen Messstellen erhebliche Abweichungen hiervon auftreten.

Abbildung 6.3.2-1 zeigt nun die Verteilung aller Monatsmittelwerte und ihre Streubreite für das Jahr 2002 nach Stationskategorien. Da die Werte nach Stationen sortiert sind, kann man sehr gut Häufungsbereiche z.B. sehr hoher Werte erkennen (SB: Werte am rechten Rand gehören zu den hohen Werten Nordrhein-Westfalens mit Jahresmittelwerten zwischen 0,7 und 10,0 ng/m<sup>3</sup>) und z.T. auch die Jahressgänge verfolgen (ST).

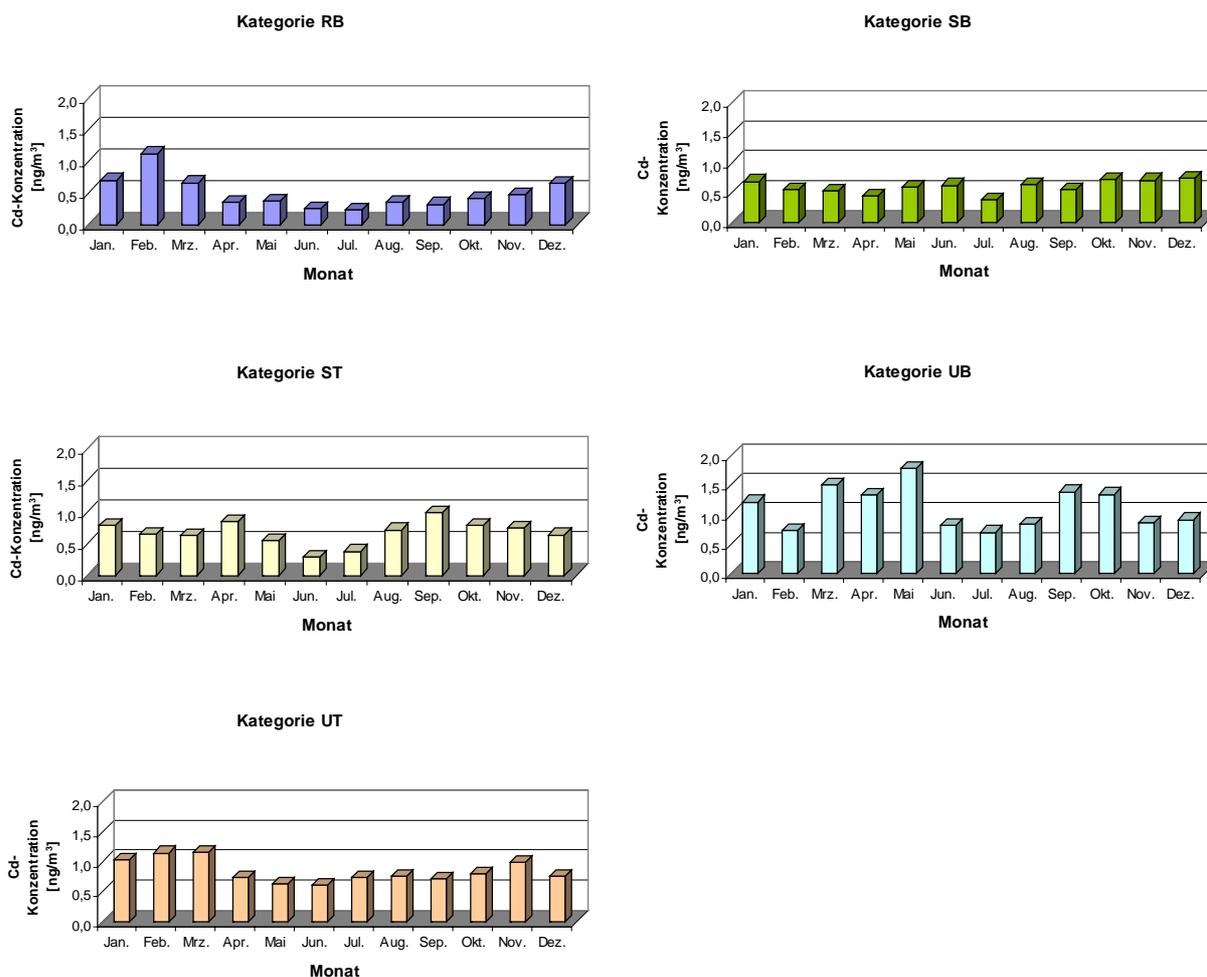


**Abb. 6.3.2-1:** Verteilung der Cd-Monatsmittelwerte für das Jahr 2002 nach Stationskategorien

### 6.3.3 Jahrgang der Monatsmittelwerte

Anthropogene Quellen für Kadmium-Emissionen sind vorwiegend ortsfeste Verbrennungsanlagen und die Eisen- und Stahlindustrie sowie die Nichteisenmetallindustrie und der Straßenverkehr. Die Jahrgänge zeigen vergleichbare saisonale Abhängigkeiten wie für Arsen. Der durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe gedeckte höhere Energiebedarf für Heizzwecke führt auch für Kadmium zu einem nur schwach ausgeprägten Jahrgang.

Wie aus der *Abbildung 6.3.3-1* erkennbar ist, gilt dies für alle Stationskategorien, wobei die Monatsmittel der Stationskategorie UB jeweils am höchsten sind. Die geringste Abhängigkeit ist bei der Kategorie SB zu beobachten. Für die Auswertungen wurden die Monatswerte aus den Mittelwerten von 1998 bis 2002 gebildet.



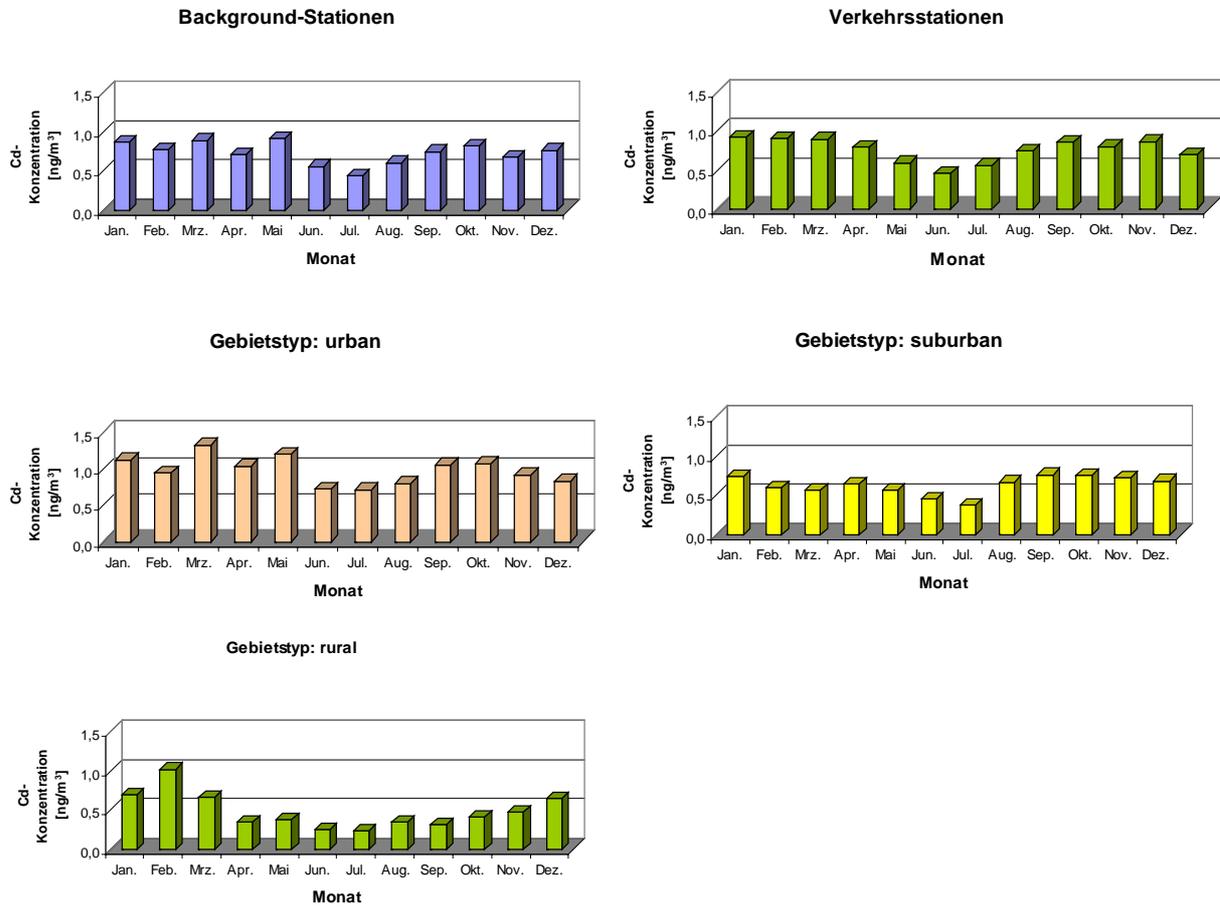
**Abb. 6.3.3-1: Jahresganglinien für Kadmium nach Stationskategorien für alle Messwerte**

Eine zusammenfassende Auswertung aller Stationen nach Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt *Abbildung 6.3.3-2*. Hinsichtlich der Stationstypen ist für Backgroundstationen neben einem Frühjahrs- und Herbstmaximum ein weiteres Zwischenmaximum im Mai zu beobachten. Verkehrsstationen zeigen ein deutliches Minimum für die Sommermonate Mai bis August.

Es sind deutliche Unterschiede in den langjährigen Monatsmittelwerten für die Gebietstypen von urban über suburban bis zu rural zu erkennen. Der Gebietstyp urban enthält ein ausgeprägtes Frühjahrs- und Herbstmaximum, suburban weist einen sehr abgeflachten Jahresgang auf. Der Typ rural hat den markantesten Jahresgang.

In *Tabelle 6.3.3-1* sind für die Stationskategorien, Stations- und Gebietstypen die Winter- und Sommermittel, ihr Verhältnis und die Extrema der Monatswerte aufgeführt. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel ist für die Kategorie RB mit 2,0 am weitest höchsten, ansonsten aber für die Backgroundstationen niedriger als für die Verkehrsstationen. Hinsichtlich der Gebietseinteilung besteht mit einem Verhältnis von 1,2 kein Unterschied zwischen urban und suburban. Der Gebietstyp rural hat mit 2,0 das größte Verhältnis Winter- / Sommermittel.

Den ausgeprägtesten Jahresgang weisen die Kategorien RB und ST mit einem Verhältnis minimaler/maximaler Monatswert von 22 bzw. 29 % auf.



**Abb. 6.3.3-2:** Jahresganglinien für Kadmium nach Gebiets- und Stationstypen für alle Messwerte im Mittel von 1998 bis 2002

**Tabelle 6.3.3-1:** Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema nach Stations- und Gebietstypentypen für Kadmium

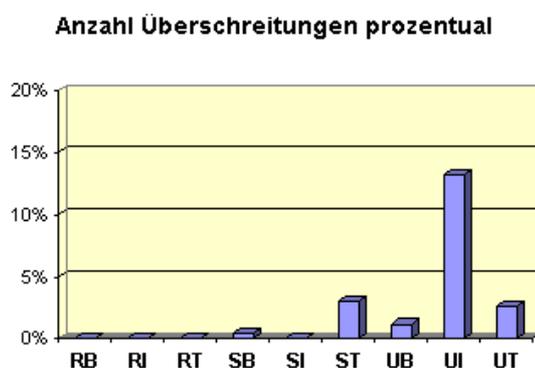
	<b>RB</b>	<b>SB</b>	<b>UB</b>	<b>UT</b>	<b>ST</b>	<b>B</b>	<b>T</b>	<b>U</b>	<b>S</b>	<b>R</b>
Wintermittel (WM) [ng/m <sup>3</sup> ]	0,61	0,62	1,13	0,95	0,73	0,79	0,84	1,04	0,67	0,61
Sommermittel (SM) [ng/m <sup>3</sup> ]	0,30	0,55	1,11	0,69	0,59	0,65	0,64	0,90	0,57	0,30
WM/SM	2,0	1,1	1,0	1,4	1,2	1,2	1,3	1,2	1,2	2,0
langj. Jahresmittel [ng/m <sup>3</sup> ]	0,48	0,59	1,12	0,84	0,67	0,73	0,75	0,98	0,63	0,48
Maximaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	1,02	0,74	1,79	1,16	0,99	0,91	0,91	1,33	0,77	1,02
Minimaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	0,23	0,38	0,70	0,62	0,29	0,44	0,45	0,71	0,38	0,23
Verh. Min/Max	22%	52%	39%	53%	29%	48%	50%	54%	50%	22%

### 6.3.4 Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte)

Entsprechend dem Vorschlag für die zukünftige EU-Tochterrichtlinie /KOM 03/ beträgt die Bewertungsschwelle für Kadmium im Jahresmittel  $5 \text{ ng/m}^3$ . In welchem Umfang dieser geplante Wert an den Messstellen der Bundesrepublik bis 2002 noch überschritten wurde, zeigen die Untersuchungen zur Überschreitungshäufigkeit der Bewertungsschwelle.

Die für alle Schwermetall-Messstellen der Bundesrepublik ermittelten Überschreitungen der Schwellenwerte für den Zeitraum von 1998 bis 2002 sind für die Stationskategorien in *Abbildung 6.3.4-1* dargestellt. *Tabelle 6.3.4-1* enthält die dazugehörigen Absolutwerte und die Aufteilung der Schwellenwertüberschreitungen auf den Betrachtungszeitraum. Als Grundaussagen sind daraus abzuleiten:

- Der in der aktuellen Entwurfsfassung vorgeschlagene Zielwert der 4. TRL der Europäischen Kommission von  $5 \text{ ng/m}^3$  wurde von 1998 bis 2002 insgesamt in 14 Fällen überschritten. Den höchsten Anteil haben die Kategorien UI und UT mit je fünf Überschreitungen. Es lässt sich kein zeitlicher Trend ablesen.
- Die Überschreitungshäufigkeit der Schwellenwerte hängt von der Gebietskategorie ab. Es treten keine Schwellenwertüberschreitungen im ländlichen Bereich auf.



**Abb. 6.3.4-1: Überschreitungen der Schwellenwerte für Kadmium für alle Messstationen im Zeitraum von 1998 bis 2002**

**Tabelle 6.3.4-1: Bilanz der Messwertkontrolle entsprechend EU-Tochterrichtlinie für Kadmium**

Kategorie	Überschreitungen/gemessene Stationen					Summe Jahresmittelwerte	Summe Überschreitungen	Gesamtanzahl Stationen
	1998	1999	2000	2001	2002			
RB	0/7	0/10	0/16	0/15	0/15	63	0	20
RI	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	9	0	2
RT	0/1	0/2	0/3	0/2	0/1	9	0	4
SB	0/42	0/44	1/53	0/30	0/29	198	1	59
SI	0/7	0/9	0/10	0/6	0/6	38	0	10
ST	1/12	1/14	0/17	0/10	0/12	65	2	18
UB	1/15	0/13	0/16	0/18	0/22	84	1	33
UI	1/2	1/5	2/7	1/10	0/14	38	5	15
UT	0/28	0/38	2/40	2/45	1/43	194	5	57
gesamt	3/115	2/137	5/164	3/138	1/144	698	14	218

Bewertungsschwellen gelten als überschritten, wenn mindestens drei Jahreskonzentrations-

werte der zurückliegenden fünf Jahre die Bewertungsschwelle überschreiten. Für die Kadmi-  
um messenden Stationen Deutschlands enthält *Tabelle 6.3.4-2* die Bilanz:

- Von insgesamt 217 in Deutschland zwischen 1998 und 2002 Kadmi-  
um messenden Stationen überschreiten 8 Messstellen mindestens einmal die Bewertungsschwelle von  $5 \text{ ng/m}^3$ .
- Vier Stationen erfüllen trotzdem die Bedingung für Nichtüberschreitung (Kategorien SB,  
ST, UB und UI ein bzw. zwei Überschreitungen bei fünf Messjahren), zwei Stationen sind  
als die Bewertungsschwelle überschreitend einzustufen (UI, UT je drei Überschreitun-  
gen), und zwei Stationen können nicht bewertet werden, da entweder nur Messwerte für  
zwei Jahre vorliegen oder für vier Jahre mit zwei Überschreitungen.

*Tabelle 6.3.4-2: Überschreitungen der Bewertungsschwelle für Kadmi-  
um von 1998 bis 2002*

<i>Kategorie</i>	<i>Überschreitungen / Messjahre</i>	<i>Stationen</i>
SB	1 / 5	1
ST	2 / 5	1
UB	1 / 5	1
UI	3 / 3	1
	1 / 5	1
	1 / 2	1
UT	3 / 3	1
	2 / 4	1

## **6.4 Auswertungen Nickel**

Nickel existiert in zahlreichen Formen: metallisch, oxidiert, Schwefelnickel, lösliche Nickel-  
salze. Oxidierter Nickel ist die wichtigste Fraktion in der Luft. Hinsichtlich der Größenvertei-  
lung ist bei Nickel in der Luft ein signifikanter Anteil grober Teilchen von etwa  $10 \mu\text{m}$  festzu-  
stellen. Wichtige anthropogene Quellen von Nickel sind mit etwa 50 % ortsfeste Verbren-  
nungsanlagen /KOM 03/.

### **6.4.1 Jahresmittelwerte**

#### **6.4.1.1 Jahresmittelwerte für alle Stationen nach Kategorien**

Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen des Nickel über alle in Deutschland gemessenen  
Stationen variieren im Betrachtungszeitraum zwischen  $1,2$  und  $1,7 \text{ ng/m}^3$  in ländlichen Hin-  
tergrundgebieten (RB); in städtischen Gebieten lagen die Hintergrundwerte zwischen  $2,5$  und  
 $4,6 \text{ ng/m}^3$ . Der größte ermittelte Konzentrationswert war mit  $4,6 \text{ ng/m}^3$  der Jahresmittelwert  
der Kategorie UB im Jahre 2000.

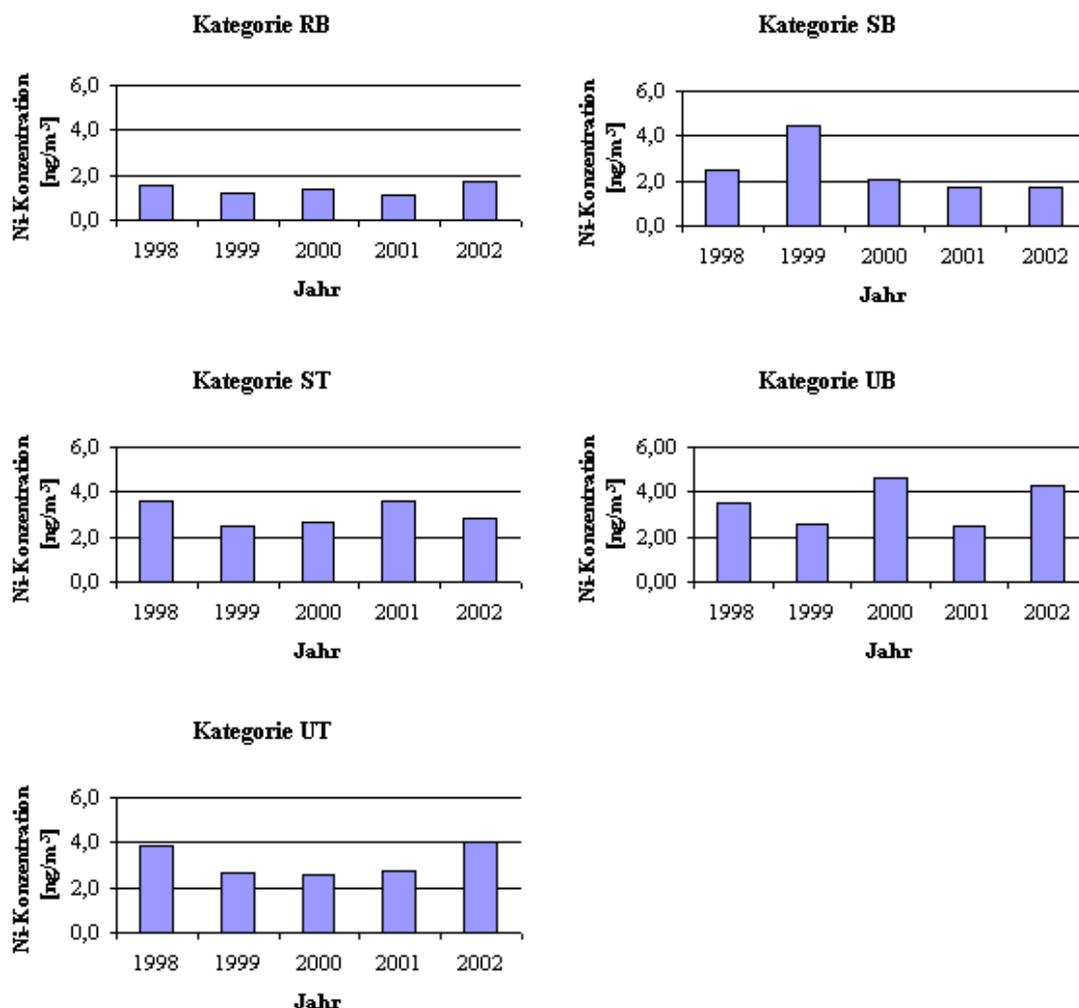


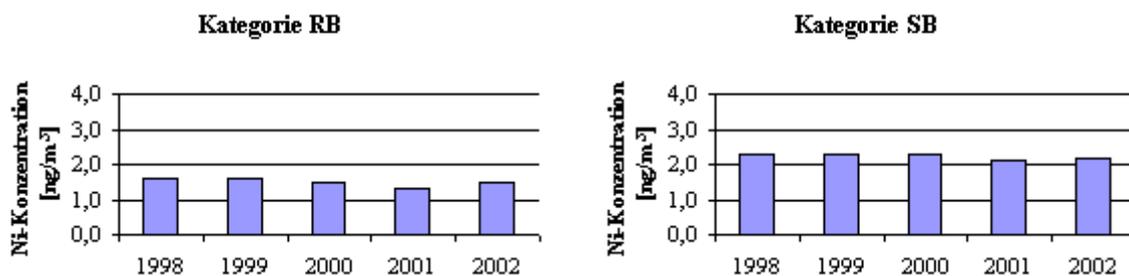
Abb. 6.4.1-1: Ni-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Stationen

Aus *Abbildung 6.4.1-1* ist Folgendes abzuleiten: Die Jahresmittelwerte der Kategorien RB, ST und UT nehmen im Zeitraum 1998 bis 2000/2001 ab und steigen gegen Ende des Betrachtungszeitraumes wieder leicht an. Dabei beträgt die höchste Abnahme zwischen 1998 und 2000 33 % (UT). Die Ni-Werte der Kategorie RB sind durchgängig sehr niedrig und liegen von 1998 bis 2001 zwischen 1,5 und 1,3  $\text{ng}/\text{m}^3$ , steigen dann 2002 auf 1,6  $\text{ng}/\text{m}^3$ .

Die Kategorien SB und UB zeigen einen homogenen Verlauf bis auf jeweils einen singulär höheren Wert, dessen Ursache bei der Betrachtung der permanent messenden Stationen untersucht werden wird.

#### 6.4.1.2 Jahresmittelwertevergleich mit permanent messenden Stationen

*Abbildung 6.4.1-2* zeigt die Ergebnisse der Trendbetrachtungen für verschiedene Stationskategorien mit permanent messenden Stationen.

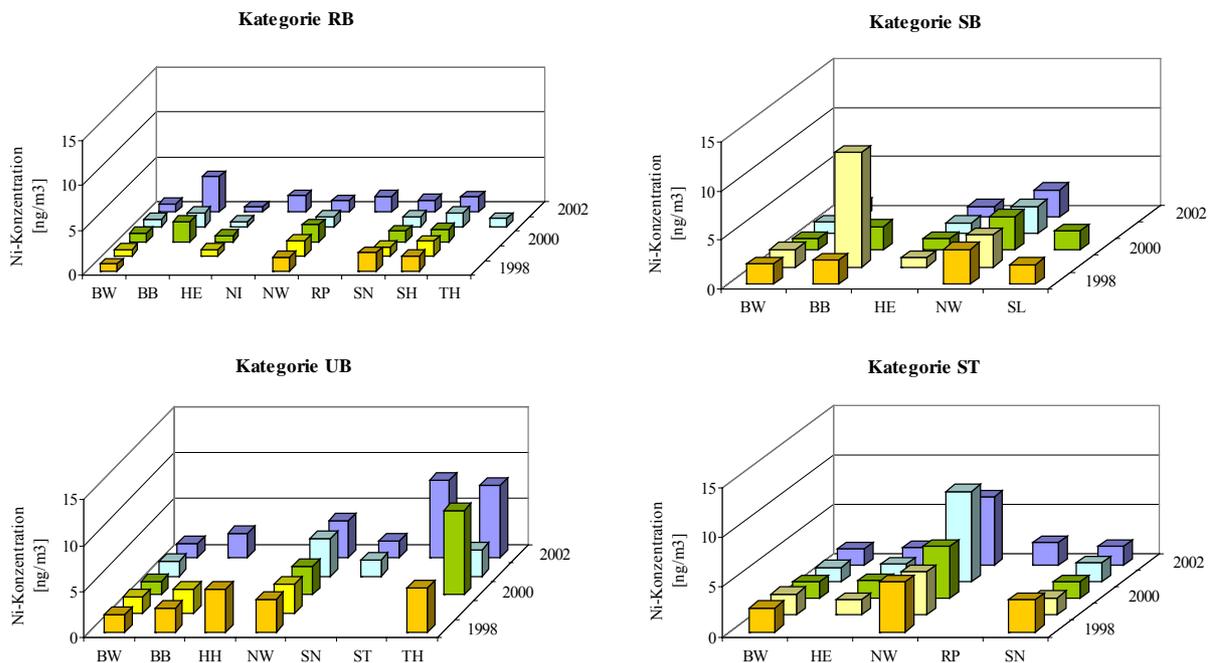




**Abb. 6.4.1-3:** Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen (Nickel)

### 6.4.1.3 Jahresmittelwerte nach Ländern

Abbildung 6.4.1-4 zeigt für die Jahresmittelwerte der Stationskategorien RB, SB, St und UB die weitere Aufteilung in Ländermittelwerte.



**Abb. 6.4.1-4:** Ni-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien, Ländern und Jahren für alle Stationen

Es ist auch für Nickel zu erkennen, dass das Level der Länderjahresmittelwerte innerhalb einer Stationskategorie sehr unterschiedlich sein kann. Auch die Länderjahresmittel zeigen z.T.

im Verlauf über den Betrachtungszeitraum erhebliche Schwankungen (Brandenburg Kategorie SB: Maximalwert  $11,7 \text{ ng/m}^3$ ; Thüringen Kategorie UB), was in jedem Falle mit der Aufnahme der Messungen an neuen Stationen zusammenhängt.

#### 6.4.1.4 Verteilungen der Jahresmittelwerte

Abbildung 6.4.1-5 zeigt in einer Punktverteilung für die Kategorien die Ni-Jahresmittelwerte aller Einzelmessstellen, aufgeteilt auf die einzelnen Jahre von 1998 bis 2002.

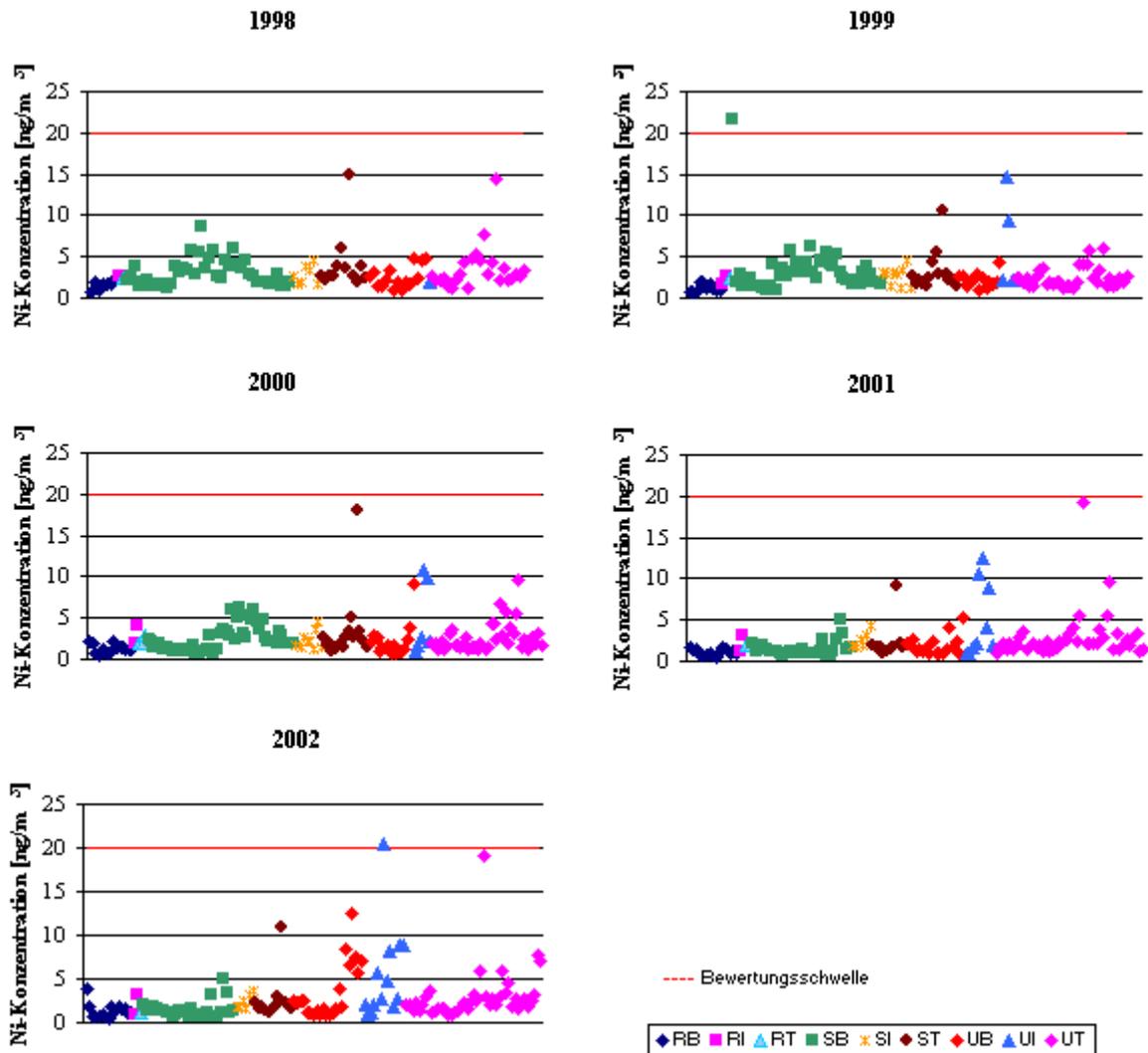


Abb. 6.4.1-5: Punktverteilung der Ni-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen nach Kategorien

Die Kategorien RB, ST und UT weisen über den gesamten Zeitraum eine homogene und kompakte Verteilung mit maximal zwei stark erhöhten Werten der mittleren Jahreskonzentrationen auf. Der Hauptteil der Jahresmittelwerte liegt für RB und ST zwischen  $1,0$  und  $3,0 \text{ ng/m}^3$ , der Wertebereich von UT ist etwas aufgelockerter und umfasst im Hauptbereich Stationsjahresmittelwerte von  $1,0$  bis  $6,0 \text{ ng/m}^3$ .

Für SB ist von 1998 bis 2000 eine deutliche Teilung in zwei Wertebereiche zu erkennen: ein niedrigerer mit Jahresmittelwerten zwischen 1,0 und 3,0 ng/m<sup>3</sup> und ein zweiter mit höheren Werten zwischen 4,0 und 7,0 ng/m<sup>3</sup>. Ab 2001 ist der höhere Bereich weitestgehend aufgelöst. Der Grund ist die Außerbetriebnahme von etwa 20 Stationen in Nordrhein-Westfalen.

Die Kategorien RI, SI und RT sind auf Grund der geringen Stationenanzahl nicht diskutabel. Die Verteilung in der Kategorie UI spiegelt sehr gut die Individualität und damit Bandbreite dieser Kategorie wieder, Gesetzmäßigkeiten lassen sich nicht definieren.

Das Verhältnis der Mittelwerte zwischen den Kategorien und deren zeitliche Entwicklung lassen sich aus der halblogarithmischen Darstellung ablesen (Abbildung 6.3.1-6).

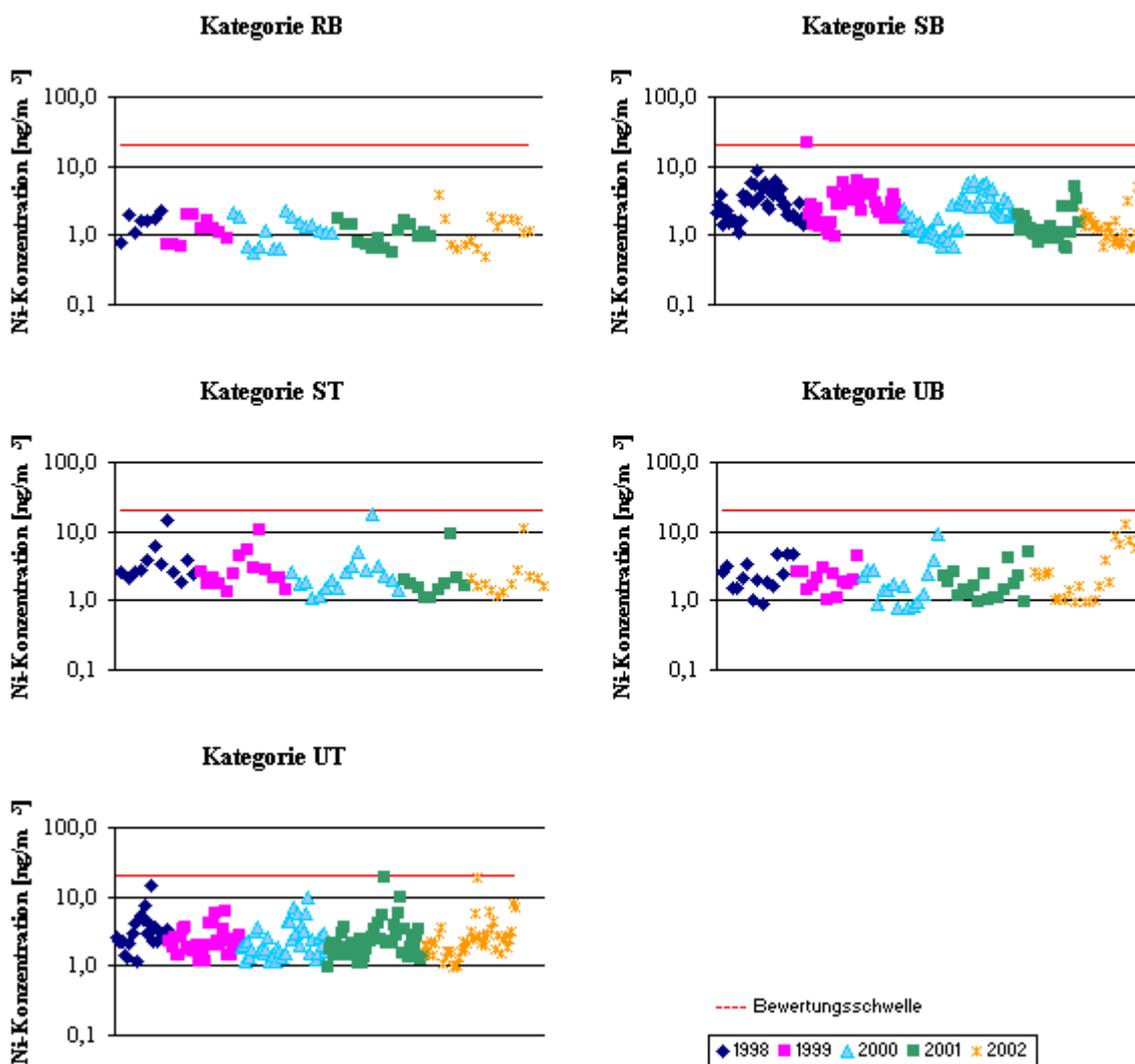


Abb. 6.4.1-6: *Punktverteilung der Ni-Jahresmittelwerte aller messenden Stationen nach Kategorien und Jahren*

#### 6.4.2 Verteilungen der Monatsmittelwerte

Die im Kapitel 6.4.1 untersuchten Jahresmittelwerte für die Kategorien sind Durchschnitts-

werte über alle Messstellen. Wie die Punktverteilungen für die Messstellen zeigen, können an einzelnen Messstellen erhebliche Abweichungen hiervon auftreten.

Abbildung 6.4.2-1 zeigt nun die Verteilung aller Monatsmittelwerte und ihre Streubreite für das Jahr 2002 nach Stationskategorien. Da die Werte nach Stationen sortiert sind, kann man sehr gut Häufungsbereiche z.B. sehr hoher Werte erkennen (UB: Werte am rechten Rand gehören zu den teils hohen Werten Sachsens-Anhalts und Thüringens mit Jahresmittelwerten zwischen 1,5 und 9,7 ng/m<sup>3</sup>) und z.T. auch die Jahrgänge verfolgen (ST).

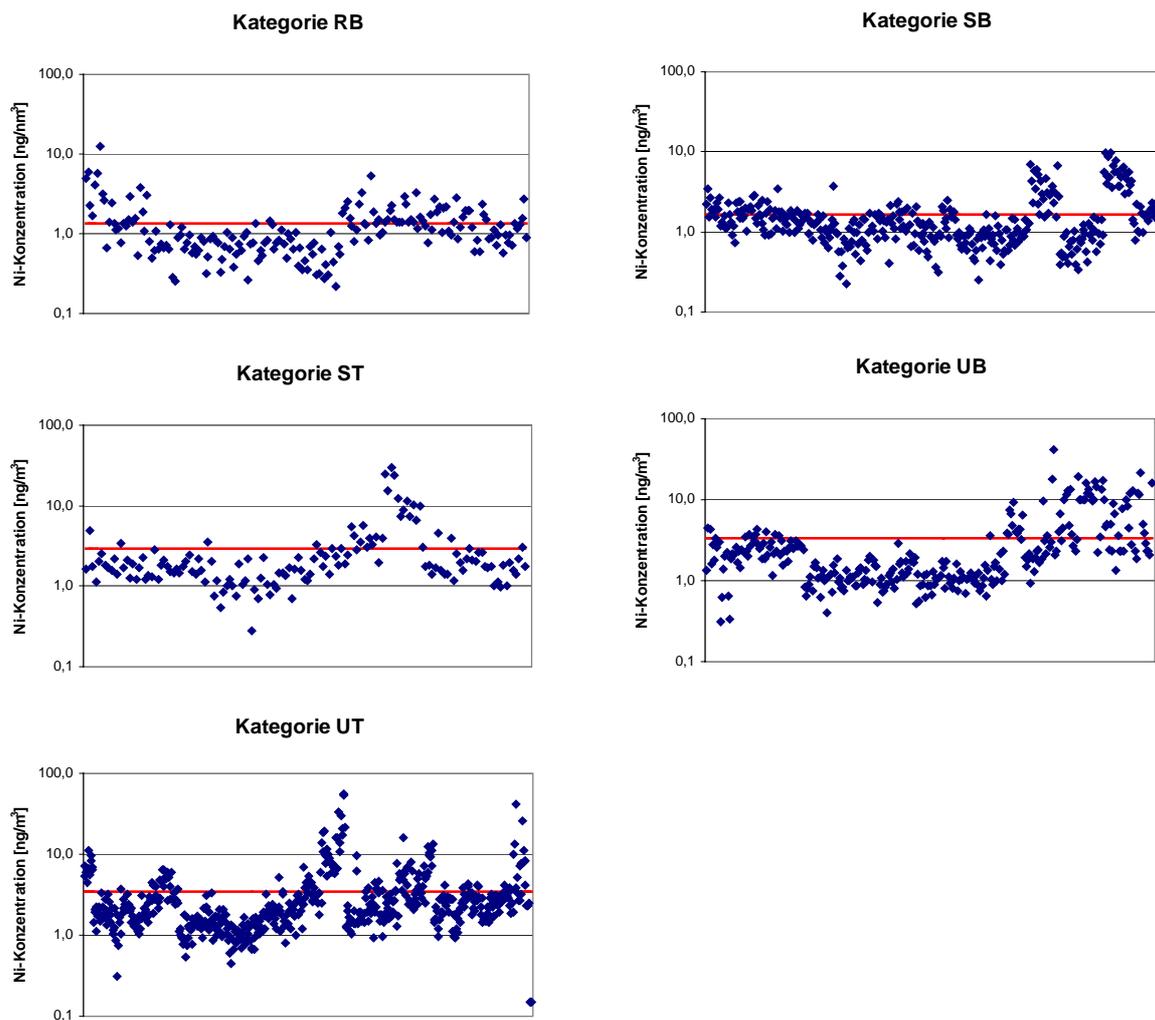


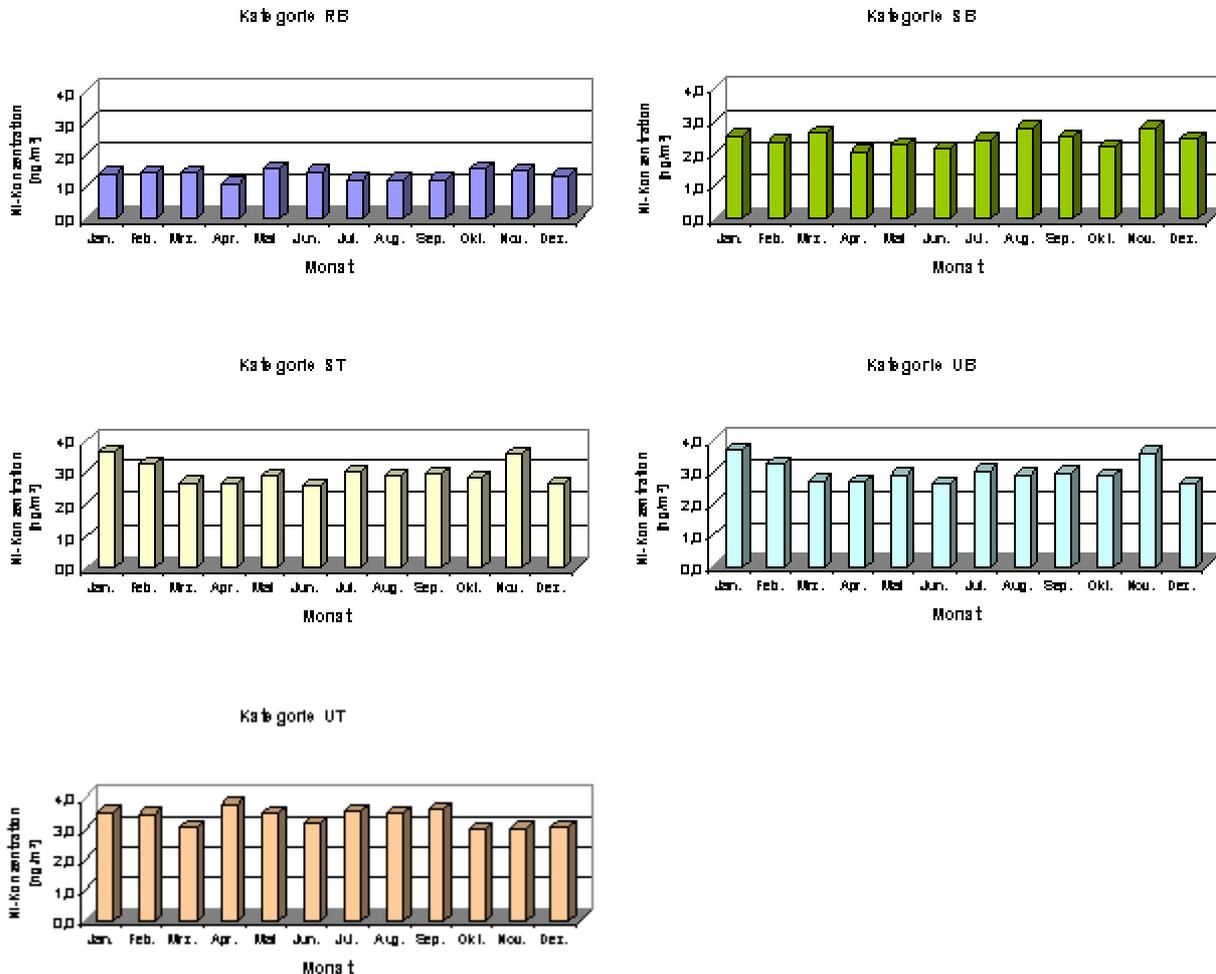
Abb. 6.4.2-1: Verteilung der Ni-Monatsmittelwerte für das Jahr 2002 nach Stationskategorien

### 6.4.3 Jahrgang der Monatsmittelwerte

Saisonale, anthropogene Quellen für Nickel-Emissionen sind insbesondere ortsfeste Verbrennungsanlagen. Abbildung 6.4.3-1 zeigt, dass für keine der Kategorien ein eindeutiger Jahrgang zu beobachten ist. Die erwarteten Sommerabsenkungen werden z.B. für die Kategorien SB, ST, UB und UT durch Zwischenmaxima in den Monaten Juli, August, September unter-

brochen.

Für die Auswertungen wurden die Monatswerte aus den Mittelwerten von 1998 bis 2002 gebildet.



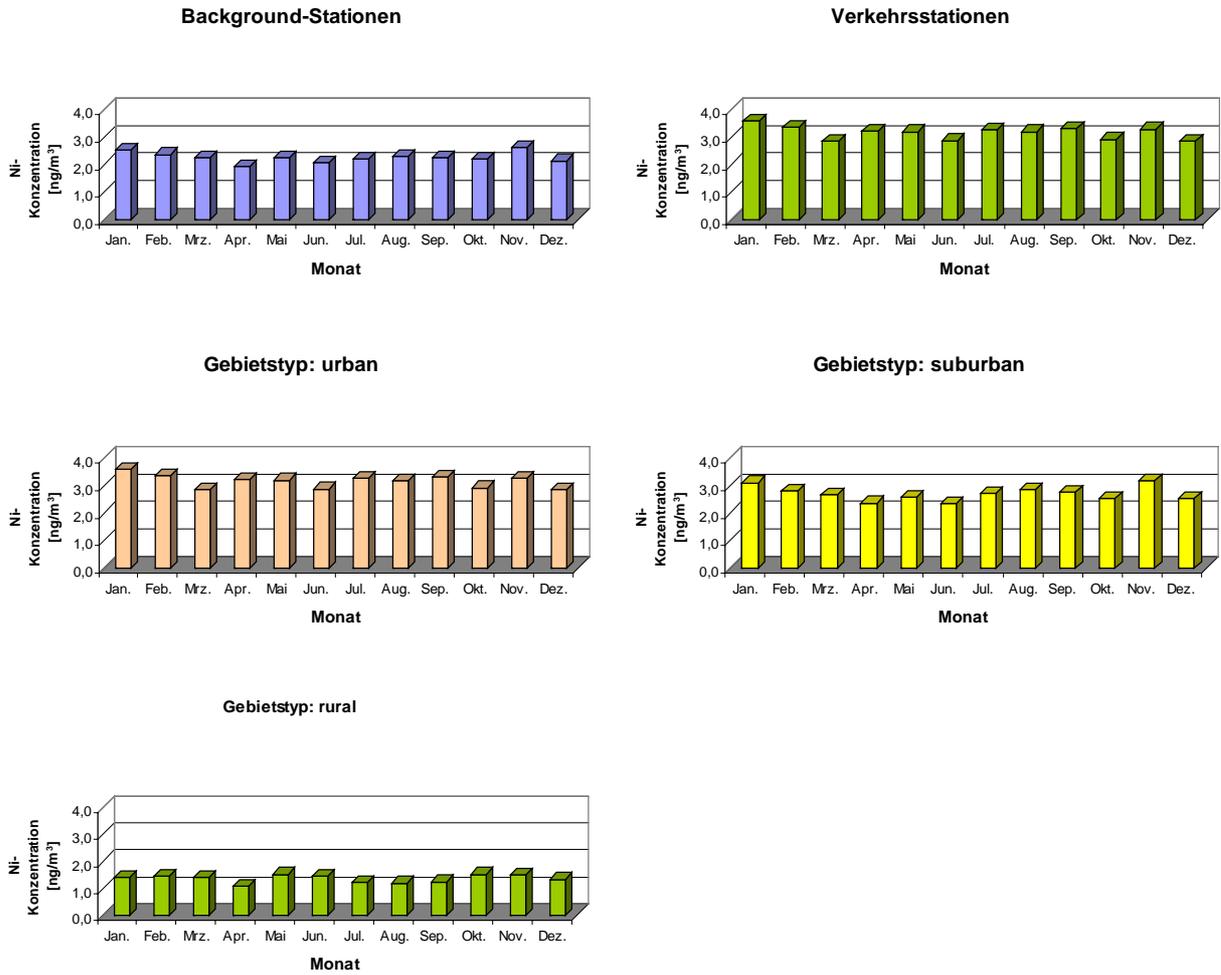
**Abb. 6.4.3-1: Jahresganglinien für Nickel nach Stationskategorien für alle Messwerte**

Eine zusammenfassende Auswertung aller Stationen nach Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt *Abbildung 6.4.3-2*.

Hinsichtlich der Stationstypen zeigen sowohl die Background- als auch die Verkehrsstationen einen ausgewogenen Jahresverlauf.

Es sind Unterschiede in der Größe der langjährigen Monatsmittelwerte für die Gebietstypen von urban über suburban bis zu rural zu erkennen. Nur der Gebietstyp suburban zeigt einen leichten Jahresgang.

In *Tabelle 6.4.3-1* sind für die Stationskategorien, Stations- und Gebietstypen die Winter- und Sommermittel, ihr Verhältnis und die Extrema der Monatswerte aufgeführt. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel ist erwartungsgemäß für alle Kategorien und Typen immer nahe 1, d.h. es liegt eine zu vernachlässigende bzw. keine saisonale Abhängigkeit vor.



**Abb. 6.43.3-2:** Jahresganglinien für Nickel nach Gebiets- und Stationstypen für alle Messwerte im Mittel von 1998 bis 2002

**Tabelle 6.4.3-1:** Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema nach Stations- und Gebietstypentypen für Nickel

	<i>RB</i>	<i>SB</i>	<i>UB</i>	<i>UT</i>	<i>ST</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
Wintermittel (WM) [ng/m <sup>3</sup> ]	1,39	2,44	3,04	3,26	3,04	2,29	3,15	3,15	2,74	1,39
Sommermittel (SM) [ng/m <sup>3</sup> ]	1,34	2,43	2,86	3,47	2,86	2,21	3,16	3,16	2,64	1,34
WM/SM	1,0	1,0	1,1	0,9	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
langj. Jahresmittel [ng/m <sup>3</sup> ]	1,37	2,44	2,96	3,35	2,96	2,26	3,15	3,15	2,70	1,37
Maximaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	1,53	2,79	3,65	3,77	3,65	2,62	3,59	3,59	3,17	1,53
Minimaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	1,09	2,06	2,57	2,98	2,57	1,94	2,84	2,84	2,35	1,09
Verh. Min/Max	71%	74%	70%	79%	70%	74%	79%	79%	74%	71%

**6.4.4 Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte)**



Entsprechend dem Vorschlag für die zukünftige EU-Tochtrichtlinie /KOM 03/ beträgt die Bewertungsschwelle für Nickel im Jahresmittel  $20 \text{ ng/m}^3$ . In welchem Umfang dieser geplante Wert an den Messstellen der Bundesrepublik bis 2002 noch überschritten wurde, zeigen die Untersuchungen zur Überschreitungshäufigkeit der Bewertungsschwelle.

Die für alle Schwermetall-Messstellen der Bundesrepublik ermittelten Überschreitungen der Schwellenwerte für den Zeitraum von 1998 bis 2002 sind für die Stationskategorien in *Tabelle 6.4.4-1* dargestellt. Sie enthält die Aufteilung der Schwellenwertüberschreitungen auf den Betrachtungszeitraum. Als Grundaussagen sind daraus abzuleiten:

- Der in der aktuellen Entwurfsfassung vorgeschlagene Zielwert der 4. TRL der Europäischen Kommission von  $20 \text{ ng/m}^3$  wurde von 1998 bis 2002 insgesamt nur in 2 Fällen überschritten. Das betrifft 2 von insgesamt 216 in Deutschland zwischen 1998 und 2002 Nickel messende Stationen.
- 214 Stationen erfüllen die Bedingung für Nichtüberschreitung. Die zwei überschreitenden Stationen können nicht bewertet werden, da nur Messwerte für zwei bzw. drei Jahre vorliegen.

**Tabelle 6.4.4-1: Bilanz der Messwertkontrolle entsprechend EU-Tochtrichtlinie für Nickel**

Kategorie	Überschreitungen/gemessene Stationen					Summe Jahresmittelwerte	Summe Überschreitungen	Gesamtanzahl Stationen
	1998	1999	2000	2001	2002			
RB	0/7	0/10	0/16	0/15	0/15	63	0	20
RI	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	9	0	2
RT	0/1	0/1	0/3	0/2	0/1	8	0	4
SB	0/42	1/45	0/53	0/30	0/29	199	1	59
SI	0/7	0/9	0/10	0/6	0/6	38	0	10
ST	0/12	0/14	0/17	0/10	0/12	65	0	18
UB	0/15	0/13	0/16	0/18	0/22	84	0	33
UI	0/1	0/4	0/6	0/9	1/13	33	1	13
UT	0/24	0/34	0/40	0/45	0/43	186	0	57
gesamt	0/110	1/132	0/163	0/137	1/143	685	2	216

## 6.5 Quecksilber

Quecksilber kann in mehreren stabilen Isotopen vorkommen. In der Umwelt findet es sich hauptsächlich als elementares Quecksilber und Methylquecksilber. Die häufigste Verbindung in der Luft ist Dampf von elementarem Quecksilber. Anthropogene Quecksilberemissionen stammen hauptsächlich aus der Kohle- und Abfallverbrennung. Quecksilber wird nur an wenigen Standorten und im Allgemeinen nicht kontinuierlich überwacht. /KOM 03/

Quecksilbermesswerte liegen entsprechend den *Tabellen 3.5-1f und 3.5-1g* nur von sehr wenigen Stationen vor. Das sind bei Immissionsmessungen

- drei Stationen in Brandenburg, die in den Jahren 2001/2002 Hg in der Gasphase gemessen haben (nach VDI-Richtlinie 2267, Blatt 9: Messen der Massenkonzentration von Quecksilber - Probenahme durch Sorption als Amalgam und Bestimmung mittels Atomfluoreszenzspektrometrie (AFS) mit Kaltdampftechnik),

- eine Station in Thüringen, für die Hg-Werte von 1994 bis 1998 in der TSP-Fraktion vorliegen.

Für die Deposition liegen Messwerte von vier Stationen im Saarland vor, die Hg von 1994 bis 2002 im Staubbiederschlag gemessen haben.

Die Auswertungen für Quecksilber sind in der Datenbank abrufbar, haben jedoch auf Grund der Datenlage für eine nationale Auswertung im Moment keine Relevanz.

## **7 Weitere Schwermetalle**

### **7.1 Auswahlkriterien**

Wie die Messstellenstatistiken in *Kapitel 3* ergeben haben, ist die durchgängige Ermittlung der Jahresmittelwerte über den gesamten Untersuchungszeitraum wegen des begrenzten Datenumfangs sowohl für weitere Schwermetalle als auch die verschiedenen Stationskategorien nur beschränkt möglich. Aus *Tabelle 3.6.1-1* geht hervor, für welche Schwermetalle und welche Stationskategorie ein ausreichender Datenfundus vorliegt und eine Auswertung erfolgen kann. Das sind:

- Blei für alle fünf ausgewählten Kategorien,
- Kupfer und Chrom für die Kategorie UT,
- Zink entfällt wegen zu geringer Datenbasis aus der Auswertung.

Entscheidend für die Auswahl ist die Anzahl der Messstellen, für die Daten des jeweiligen Staubinhaltsstoffes zur Verfügung stehen.

### **7.2 Auswertung Blei**

Blei kommt - ebenso wie andere Schwermetalle - in der Umwelt als anorganische Spurenverunreinigung vor. Es wird hauptsächlich bei der Gewinnung von Blei, Zink, Eisen und Kupfer, bei bestimmten industriellen Produktionsprozessen sowie bei Verbrennungsvorgängen (auf Grund des natürlichen Bleigehalts in Kohle und Erdöl) emittiert. In früheren Jahrzehnten, als der Zusatz von bleiorganischen Verbindungen als Antiklopfmittel in Ottokraftstoffen noch zulässig war, gab es außerdem sehr hohe Bleiemissionen durch den Kfz-Verkehr.

Hinsichtlich der Toxizität für den Menschen spielen akute Bleivergiftungen kaum eine Rolle; weitaus gefährlicher jedoch ist die fortgesetzte Aufnahme kleiner Bleimengen. Die wichtigste Aufnahmequelle für den Menschen ist die Nahrung (Einschleppung von Blei über die Nahrungskette Luft - Boden - Pflanzen/Futtermittel - Nutztiere - Mensch).

Bleiverbindungen liegen in der Außenluft überwiegend partikelgebunden vor. Aus der Luft entfernt werden sie durch trockene und nasse Deposition. Die Verweilzeit von Blei in der Atmosphäre wird durch die Verweilzeit des Staubes bestimmt, die im Bereich von 1 - 10 Tagen liegt.

Bleigehalte in der PM<sub>10</sub>-Fraktion wurden zum Schutz der menschlichen Gesundheit bereits in der 1. TRL (1999/30/EG) geregelt.

#### **7.2.1 Jahresmittelwerte**

### 7.2.1.1 Jahresmittelwerte für alle Stationen nach Kategorien

Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen des Blei über alle in Deutschland gemessenen Stationen liegen im Betrachtungszeitraum bei  $12 \text{ ng/m}^3$  in ländlichen Hintergrundgebieten (RB); in städtischen und vorstädtischen Gebieten variieren die Hintergrundwerte zwischen  $17$  und  $38 \text{ ng/m}^3$ .

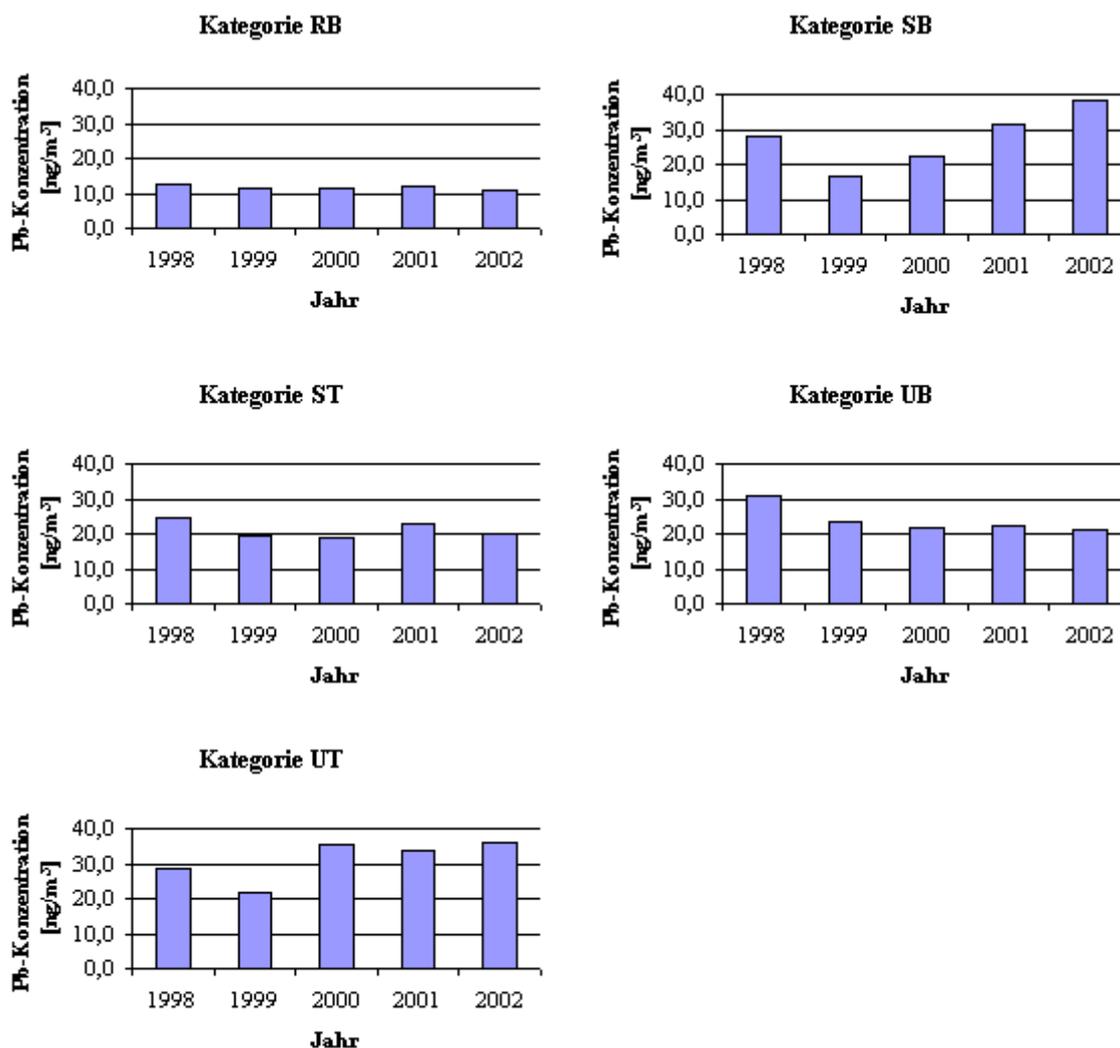


Abb. 7.2.1-1: Pb-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Stationen

Aus *Abbildung 7.2.1-1* sind folgende Tendaussagen abzuleiten: Die Jahresmittelwerte der Kategorien UB, ST und RB nehmen im Zeitraum 1998 bis 2000 verschieden stark ab und steigen 2001/2002 wieder leicht an (in der Reihenfolge: UB, ST, RB).

Die Werte der Kategorie SB und UT streuen sehr stark, wofür gravierende Änderungen in den Ländermittelwerten verantwortlich sind (siehe *Kapitel 7.2.1-3* Ländermittelwerte), die entweder durch neu hinzukommende Stationen oder auch plötzlich einsetzende, um ein Vielfaches

höhere Belastungen an bestehenden Einzelstationen bedingt sind.

### 7.2.1.2 Jahresmittelwertevergleich mit permanent messenden Stationen

Abbildung 7.2.1-2 zeigt die Ergebnisse der Trendbetrachtungen für verschiedene Stationskategorien mit permanent messenden Stationen. In der Kategorie SB wurden zwei Stationen Nordrhein-Westfalens eliminiert, deren Jahresmittelwerte im Betrachtungszeitraum zwischen 70 und 310 ng/m<sup>3</sup> liegen und stark streuen.

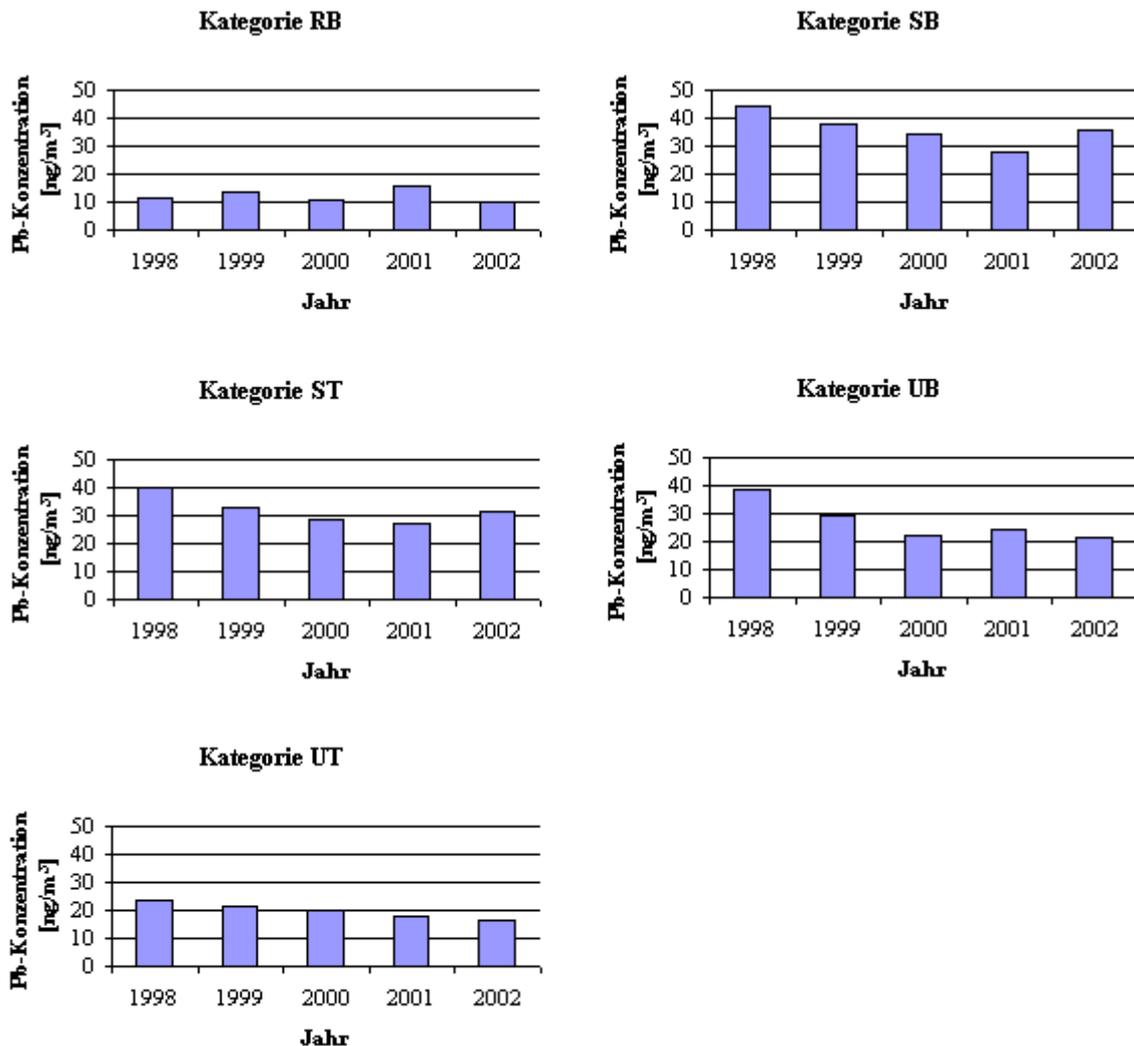


Abb. 7.2.1-2: *Pb-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für permanent messende Stationen*

Für die Kategorien RB, SB und UB wird der Verlauf entsprechend *Abbildung 7.2.1-1* und *7.2.1-2* bestätigt. Auch die Kategorien SB und UT weisen gegenüber der Auswertung für alle Stationen einen homogenen Verlauf auf.

Die Immissionskonzentrationen für Blei sind in der Kategorie RB von 1998 bis 2002 nahezu

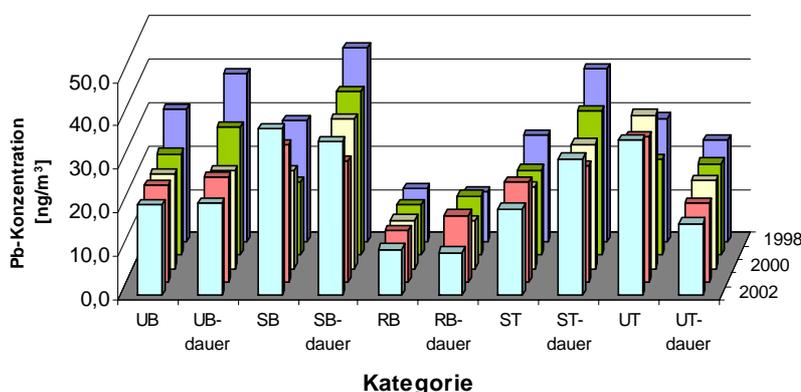


konstant bei etwa  $12 \text{ ng/m}^3$ . Die Konzentrationen der beiden anderen Backgroundkategorien SB und UB betragen 1998 etwa  $40 \text{ ng/m}^3$ , sie verringern sich bis 2001 beide um fast 40 %. Ähnliche Verhältnisse treffen auch für die Stationen der Kategorie ST zu, die Diagramme zeigen etwa den gleichen Verlauf. Die Konzentrationsabnahme ist in der Verkehrskategorie UT mit knapp 30 % am geringsten.

In *Abbildung 7.2.1-3* sind die Ergebnisse direkt gegenübergestellt (permanent messende mit der Erweiterung „dauer“).

Die großen Unterschiede für die Kategorien SB und UT mit dem zeitlich auch gegenläufigen Abnahmetrend sind deutlich zu sehen, ebenso das höhere Niveau der Werte für ST-dauer.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass Langzeitbetrachtungen anhand permanent messender Stationen für Blei die Auswertungen über alle Stationen bestätigen und die Entwicklung widerspiegeln.



**Abb. 7.2.1-3:** Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen für Blei

### 7.2.1.3 Jahresmittelwerte nach Ländern

*Abbildung 7.2.1-4* zeigt für verschiedenen Stationskategorien die weitere Aufteilung in Ländermittelwerte. In allen Kategorien treten verschiedentlich sprunghafte Änderungen in den Länderjahresmittelwerten auf. Extremes Beispiel ist in der Kategorie SB Nordrhein-Westfalen, wo sich der Landeskonzentrationswert von 1998 bis 2002 verdreifacht. Der Grund ist die Reduzierung des Messprogramms von 28 auf 4 Stationen, die ausnahmslos hochbelastet sind.

Weiterhin ist zu erkennen, dass das Level der Länderwerte innerhalb einer Stationskategorie sehr unterschiedlich sein kann. Über die Jahre gesehen besteht in mehreren Fällen keine Konsistenz, wobei die Ursache dafür wechselnde Messprogramme sind.

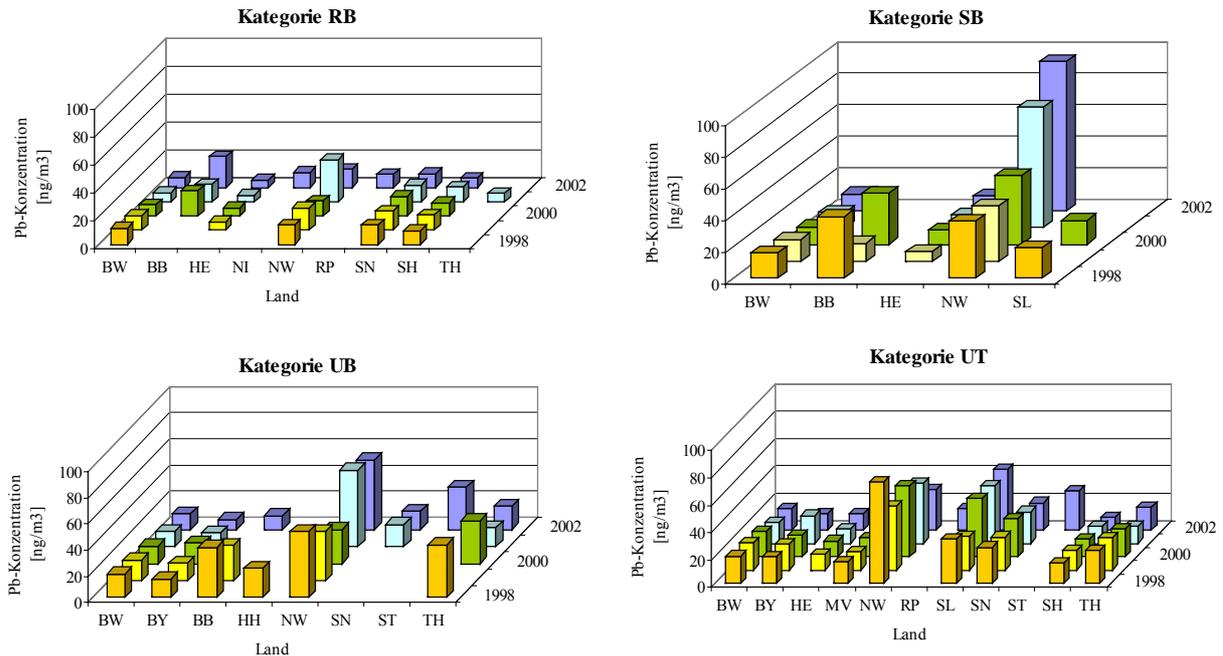


Abb. 7.2.1-4: *Pb-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien, Ländern und Jahren für alle Stationen*

#### 7.2.1.4 Verteilungen der Jahresmittelwerte

Abbildung 7.2.1-5 zeigt in einer Punktverteilung für die Kategorien die Pb-Jahresmittelwerte aller Einzelmessstellen aufgeteilt auf die einzelnen Jahre von 1998 bis 2002.

Die Kategorien RB, ST und UB zeigen über den gesamten Zeitraum eine homogene und kompakte Verteilung ohne nennenswerte Inhomogenitäten bei den mittleren Jahreskonzentrationen. Es sind das niedrigere Level für die Kategorie RB und die Verlagerung des Schwerpunktes der Punktwolken aller Kategorien zu niedrigeren Werten im Betrachtungszeitraum deutlich zu erkennen. Der Hauptteil der Jahresmittelwerte für die Kategorie RB liegt zwischen  $5,0$  und  $15 \text{ ng/m}^3$ , für UB und ST zwischen  $15$  und  $30 \text{ ng/m}^3$ .

Die Punktverteilungen der Kategorien SB und UT sind im Verhältnis dazu aufgelockerter mit singulären Werten in einzelnen Jahren. Der Wertebereich reicht von etwa  $10$  bis  $40 \text{ ng/m}^3$ . Die Außerbetriebnahme mehrerer Stationen der Kategorie SB von 2000 zu 2001 im rechten Bereich der Wolke ist deutlich sichtbar.

Die Kategorien RI, SI und RT sind auf Grund der geringen Stationenanzahl nicht diskutabel. Die Verteilung in der Kategorie UI spiegelt sehr gut die Individualität und damit Bandbreite dieser Kategorie wieder, Gesetzmäßigkeiten lassen sich aber nicht definieren.

Das Verhältnis der Mittelwerte zwischen den Kategorien und ihre zeitliche Entwicklung lassen sich aus *Abbildung 7.2.1-6* ablesen.

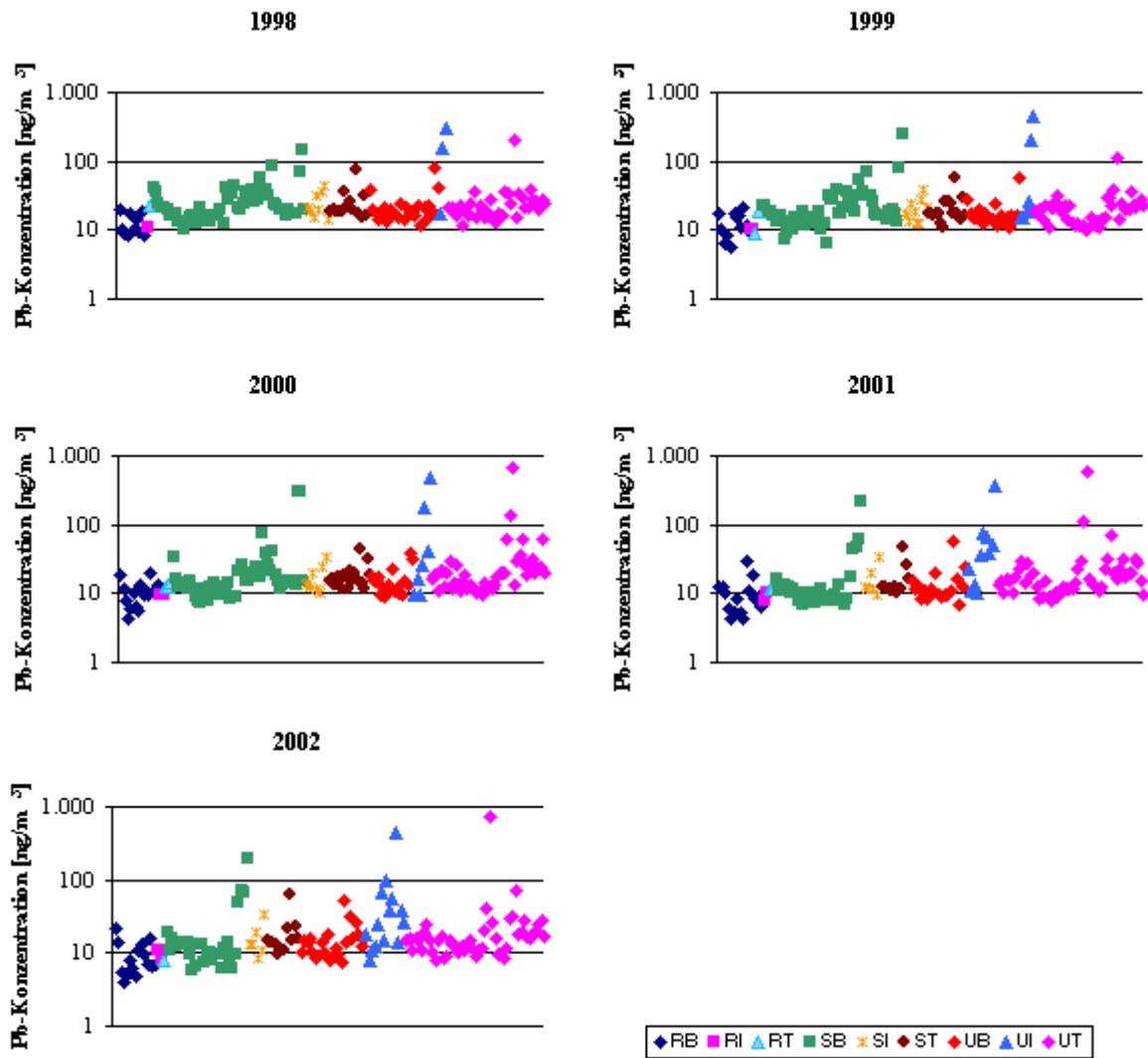


Abb. 7.2.1-5: Punktverteilung der Pb-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen nach Kategorien

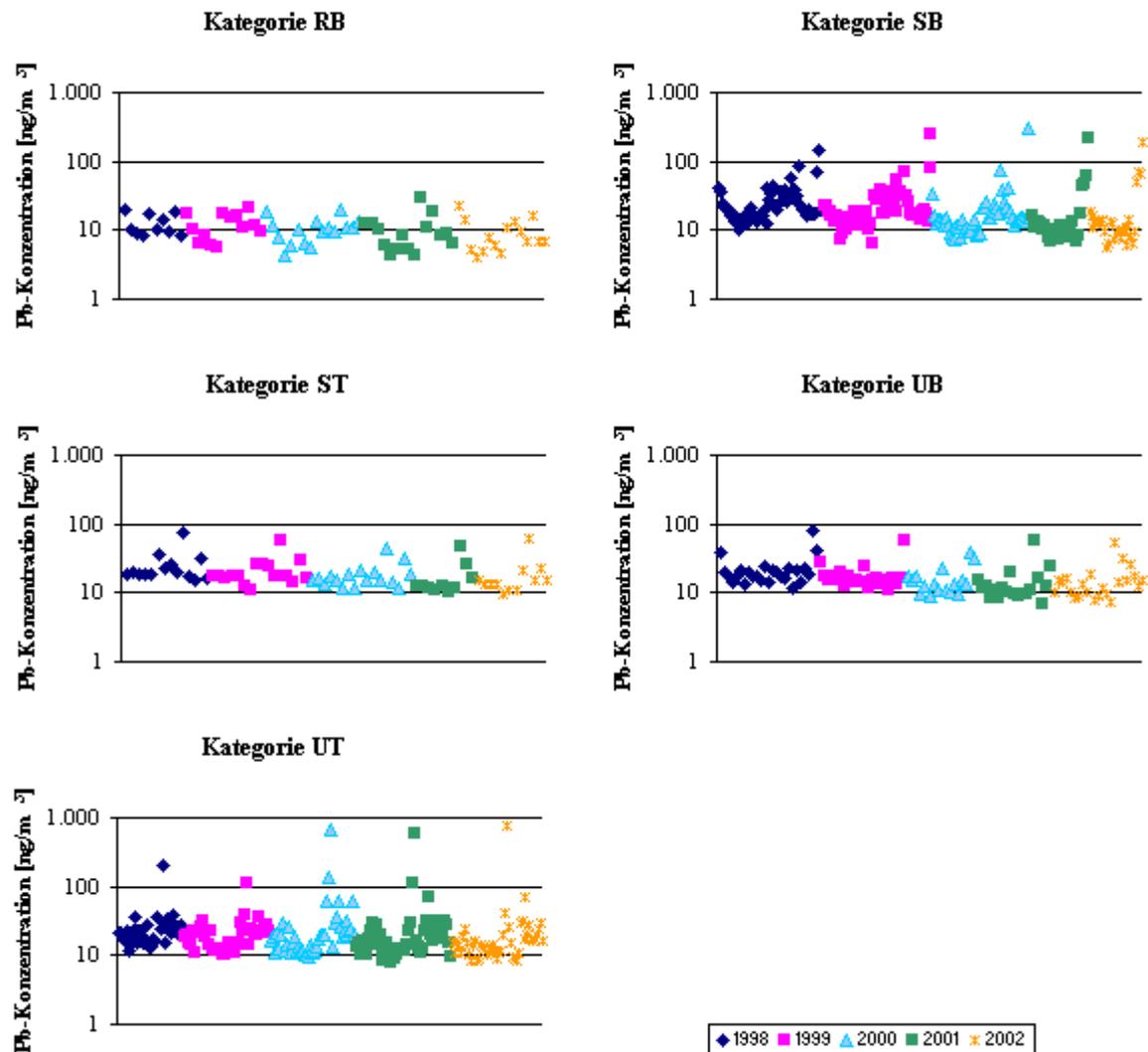


Abb. 7.2-6: *Punktverteilung der Pb-Jahresmittelwerte aller messenden Stationen nach Kategorien und Jahren*

### 7.2.2 Verteilungen der Monatsmittelwerte

Die im Kapitel 7.2.1 untersuchten Jahresmittelwerte für die Kategorien sind Durchschnittswerte über alle Messstellen. Wie die Punktverteilungen für die Messstellen zeigen, können an einzelnen Messstellen erhebliche Abweichungen hiervon auftreten.

Abbildung 7.2.2-1 zeigt nun die Verteilung aller Monatsmittelwerte und ihre Streubreite für das Jahr 2002 nach Stationskategorien. Da die Werte nach Stationen sortiert sind, kann man sehr gut Häufungsbereiche z.B. sehr hoher Werte erkennen (SB: Werte am rechten Rand gehören zu den hohen Werten Nordrhein-Westfalens mit Jahresmittelwerten zwischen 50 und 200  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) und z.T. auch die Jahrgänge verfolgen (ST).

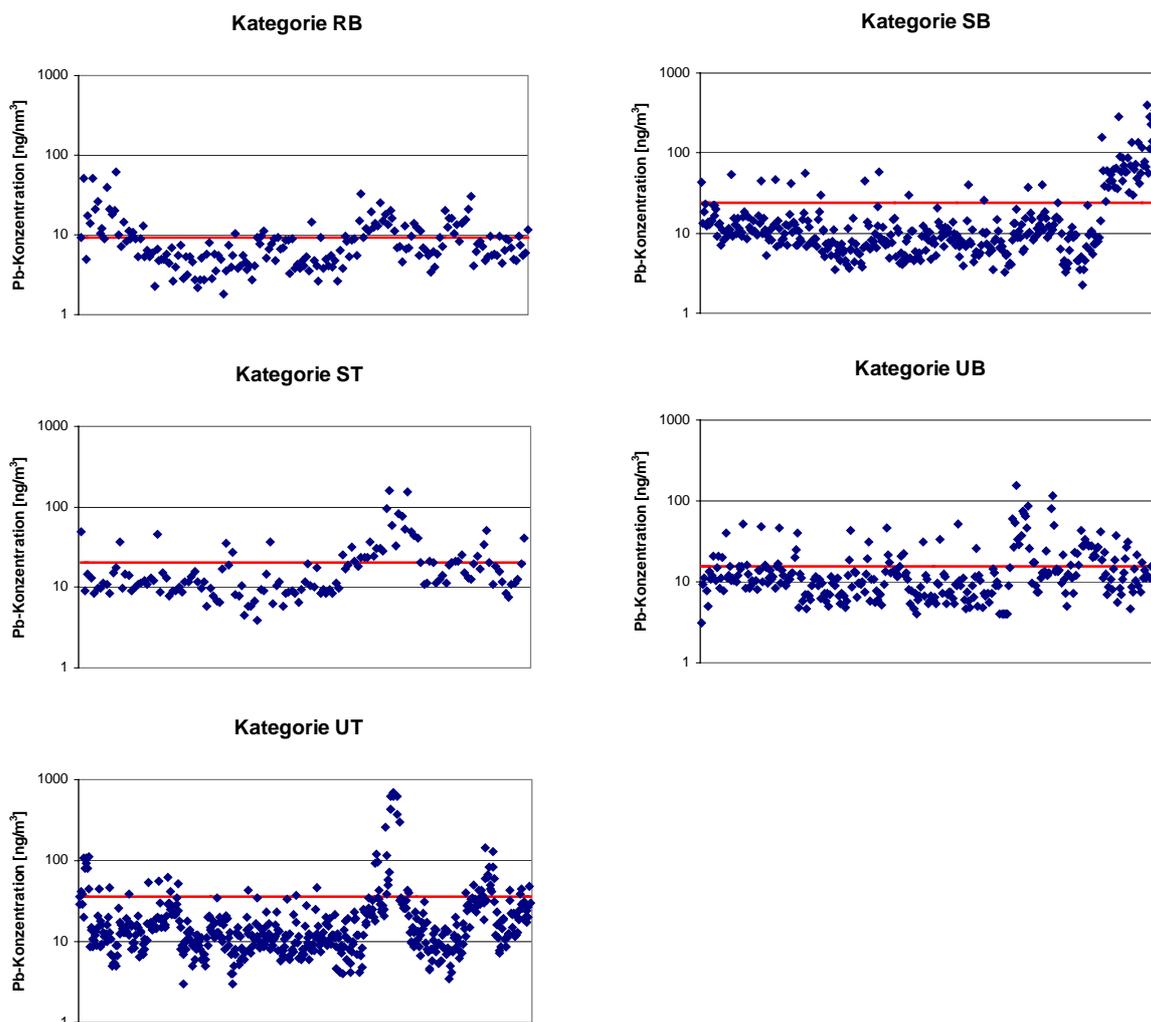


Abb. 7.2.2-1: Verteilung der Pb-Monatsmittelwerte für das Jahr 2002 nach Stationskategorien

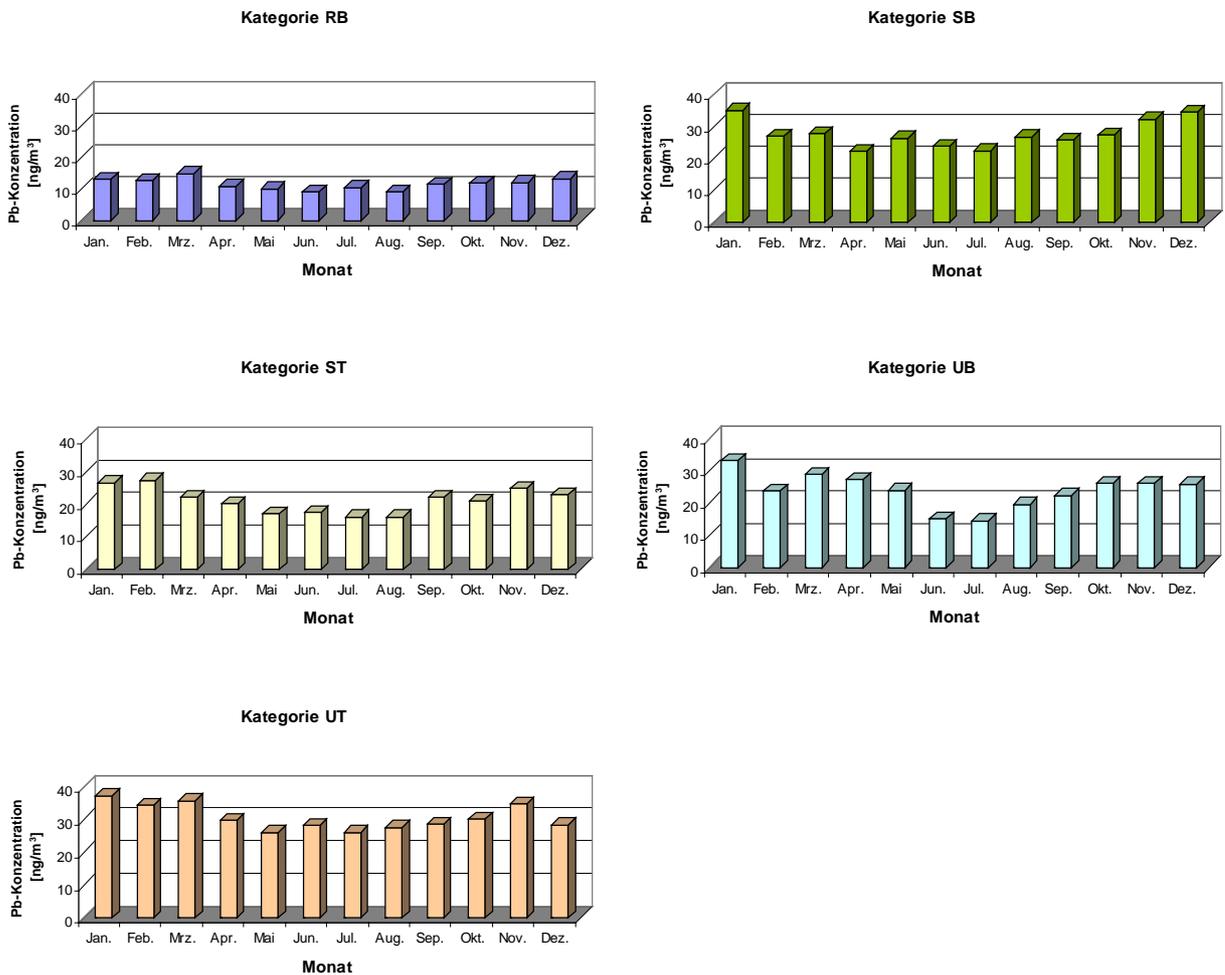
### 7.2.3 Jahrgang der Monatsmittelwerte

Saisonal bedingte anthropogene Quellen für Arsen-Emissionen sind vorwiegend ortsfeste Verbrennungsanlagen. Der durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe gedeckte höhere Energiebedarf für Heizzwecke führt zu einem ausgeprägten Jahrgang der Pb-Belastung.

Wie aus der *Abbildung 7.2.3-1* erkennbar ist, gilt dies für alle Stationskategorien. Die geringste Abhängigkeit ist bei der Kategorie SB zu beobachten. Für die Auswertungen wurden die Monatswerte aus den Mittelwerten von 1998 bis 2002 gebildet.

Eine zusammenfassende Auswertung aller Stationen nach Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt *Abbildung 7.2.3-2*.

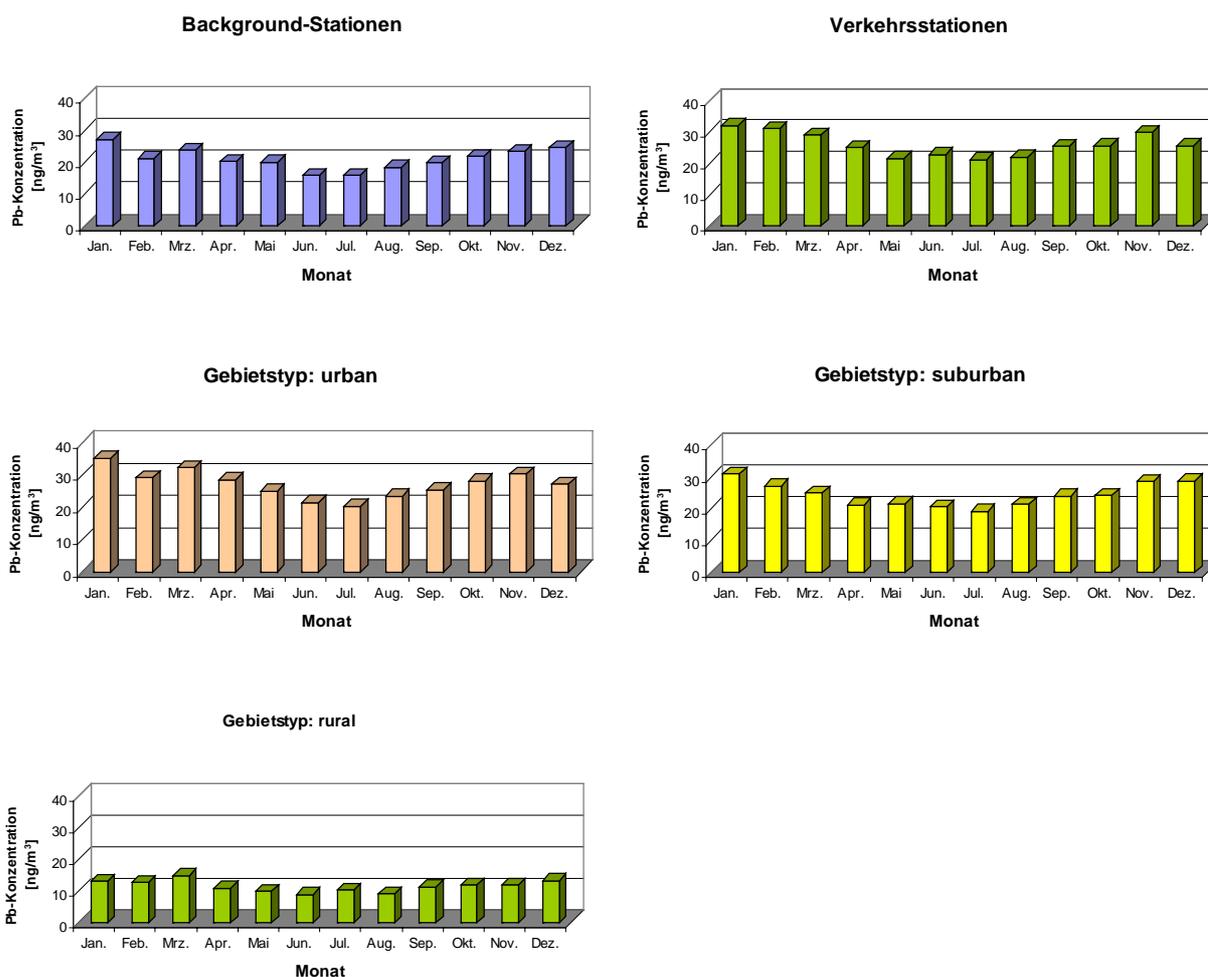
Es sind keine Unterschiede im Jahrgang der Background- und Verkehrsstationen zu erkennen. Die Monatswerte liegen für die Verkehrsstationen allerdings etwa 20 % höher. Ebenso sind die Jahrgänge der Gebietstypen urban und suburban sehr ähnlich, wobei die urbanen Werte etwa 10 % größer als die suburbanen Werte sind.



**Abb. 7.2.3-1: Jahresganglinien für Blei nach Stationskategorien für alle Messwerte**

In *Tabelle 7.2.3-1* sind für die Stationskategorien, Stations- und Gebietstypen die Winter- und Sommermittel, ihr Verhältnis und die Extrema der Monatswerte aufgeführt. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel beträgt maximal 1,44 (Kategorie UT) und ist für die Backgroundstationen mit 1,29 etwas größer als für Verkehrsstationen (1,25). Hinsichtlich der Gebieteinteilung bestehen nur marginale Unterschiede. Der Gebietstyp urban hat mit 1,3 das größte Verhältnis Winter-/Sommermittel, für rural und suburban beträgt es 1,27 bzw. 1,24.

Den ausgeprägtesten Jahresgang weist die Kategorie UB mit einem Verhältnis minimaler/maximaler Monatswert von 43 % auf. Für alle anderen Kategorien, Gebiets- und Stations-typen liegt das Verhältnis zwischen 60 und 70 %.



**Abb. 7.2.3-2:** Jahresganglinien für Blei nach Gebiets- und Stationstypen für alle Messwerte im Mittel von 1998 bis 2002

**Tabelle 7.2.3-1:** Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema nach Stations- und Gebietstypentypen für Blei

	<i>RB</i>	<i>SB</i>	<i>UB</i>	<i>UT</i>	<i>ST</i>	<i>B</i>	<i>T</i>	<i>U</i>	<i>S</i>	<i>R</i>
Wintermittel (WM) [ng/m <sup>3</sup> ]	12,61	29,40	27,35	33,04	23,58	23,12	28,31	30,19	26,49	12,61
Sommermittel (SM) [ng/m <sup>3</sup> ]	9,91	24,96	19,06	27,45	17,81	17,97	22,63	23,25	21,38	9,91
WM/SM	1,27	1,18	1,44	1,20	1,32	1,29	1,25	1,30	1,24	1,27
langj. Jahresmittel [ng/m <sup>3</sup> ]	11,49	27,55	23,89	30,71	21,18	20,98	25,94	27,30	24,36	11,49
Maximaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	14,77	35,03	33,25	37,37	27,35	27,11	32,01	35,31	30,84	14,77
Minimaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	8,93	22,28	14,40	26,25	16,14	15,73	21,19	20,32	19,29	8,93
Verh. Min/Max	60%	64%	43%	70%	59%	58%	66%	58%	63%	60%

### 7.2.4 Überschreitungen der Bewertungsschwelle (Jahresmittelwerte)

Die Richtlinie 1999/30/EG über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickoxide, Partikel und Blei in der Luft /AEG 99/ nennt als Grenzwert für Blei ab 2005 ein Jahresmittel von  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in der  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion. In welchem Umfang dieser Wert an den Messstellen der Bundesrepublik bis 2002 noch überschritten wurde, zeigen die Untersuchungen zur Überschreitungshäufigkeit der Bewertungsschwelle.

Die für alle Schwermetall-Messstellen der Bundesrepublik ermittelten Überschreitungen des Grenzwertes für den Zeitraum von 1998 bis 2002 sind für die Stationskategorien in *Tabelle 7.2.4-1* dargestellt. Sie enthält die Aufteilung der Grenzwertüberschreitungen auf den Betrachtungszeitraum. Als Grundaussagen sind daraus abzuleiten:

- Der in der Richtlinie ab 2005 geforderte Grenzwert von  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wurde von 1998 bis 2002 insgesamt in 3 Fällen überschritten. Eine Station überschritt mit 0,66; 0,58;  $0,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in der  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion den ab 2005 geltenden Grenzwert in den Jahren 2000 bis 2002. Die sich aus der 1.TRL für Blei ergebenden Berichtspflichten an die EU sehen Informationen zu den Überschreitungen des Grenzwertes und der jeweiligen Toleranzmarge vor. Die Toleranzmarge betrug im Jahr 2000  $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und nimmt ab 2001 jährlich um  $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ab, (GW+TM: 2000 -  $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; 2001 -  $0,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2002 -  $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  usw.), so dass auch diese eine Station innerhalb der Toleranz liegt.
- Alle 229 Blei im Schwebstaub messenden Stationen erfüllen die Bedingung für Nichtüberschreitung.

**Tabelle 7.2.4-1: Bilanz der Messwertkontrolle entsprechend Richtlinie für Blei (Wert= $0,5\mu\text{g}/\text{m}^3$  gültig ab 2005)**

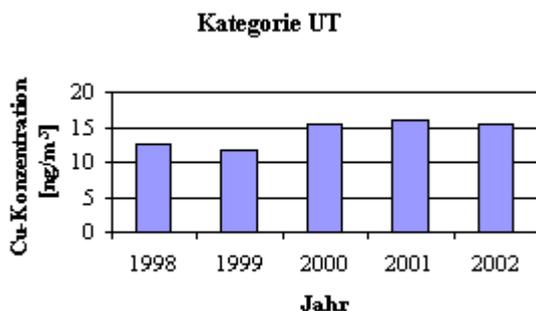
Kategorie	Überschreitungen/gemessene Stationen					Summe Jahresmittelwerte	Summe Überschreitungen	Gesamtanzahl Stationen
	1998	1999	2000	2001	2002			
RB	0/10	0/13	0/16	0/15	0/15	69	0	20
RI	0/1	0/2	0/2	0/2	0/2	9	0	2
RT	0/1	0/2	0/3	0/2	0/1	9	0	4
SB	0/55	0/59	0/53	0/30	0/29	226	0	60
SI	0/8	0/10	0/10	0/6	0/6	40	0	10
ST	0/14	0/16	0/17	0/10	0/12	69	0	18
UB	0/25	0/22	0/17	0/19	0/23	106	0	38
UI	0/3	0/6	0/7	0/10	0/14	40	0	15
UT	0/35	0/45	1/45	1/50	1/50	225	3	62
gesamt	0/152	0/175	1/170	1/144	1/152	793	3	229

### 7.3 Auswertung Kupfer (nur Kategorie UT)

#### 7.3.1 Jahresmittelwerte

##### 7.3.1.1 Jahresmittelwerte für alle Stationen der Kategorie UT

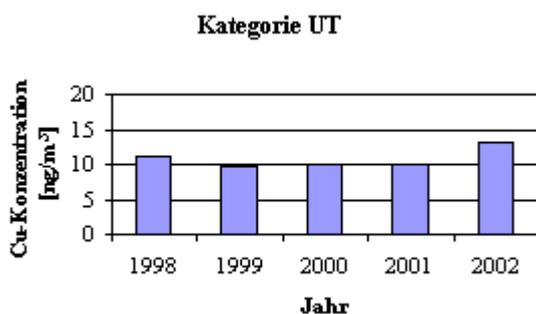
Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen von Kupfer über alle in Deutschland gemessenen Stationen der Kategorie UT variieren im Betrachtungszeitraum zwischen  $12$  und  $16 \text{ ng}/\text{m}^3$  (*Abbildung 7.3.1-1*). Die Werte streuen ohne erkennbare Tendenz, wofür Änderungen in den Ländermittelwerten verantwortlich sind (siehe *Kapitel 7.3.1-3 Ländermittelwerte*).



**Abb. 7.3.1-1:** *Cu-Jahresmittelwerte nach Jahren für alle Stationen der Kategorie UT*

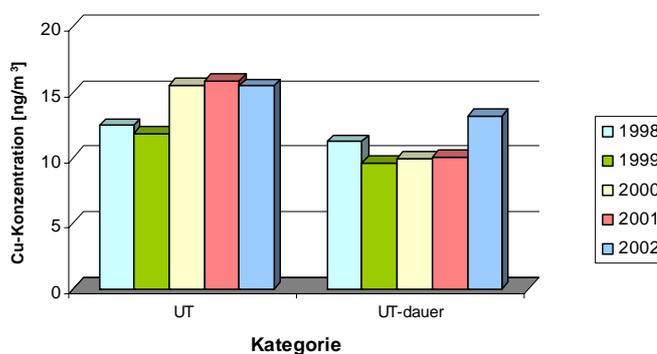
### 7.3.1.2 Jahresmittelwertevergleich mit permanent messenden Stationen

Abbildung 7.3.1-2 zeigt die Ergebnisse der Trendbetrachtungen mit permanent messenden Stationen. Für diese Stationenauswahl ist ein leicht abfallender Trend von 11,2 bis 10 ng/m<sup>3</sup> in den Jahren 1998 bis 2001 und eine Konzentrationszunahme auf 13,2 ng/m<sup>3</sup> für 2002 erkennbar.



**Abb. 7.3.1-2:** *Cu-Jahresmittelwerte nach Jahren für permanent messende Stationen*

In *Abbildung 7.3.1-3* sind die Ergebnisse direkt gegenübergestellt. Die Werte für die permanent messenden Stationen sind deutlich niedriger.



**Abb. 7.3.1-3:** *Vergleich nach Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen für Kupfer*

### 7.3.1.3 Jahresmittelwerte nach Ländern

Abbildung 7.3.1-4 zeigt die weitere Aufteilung in Ländermittelwerte. Das Level der Länderwerte innerhalb der Stationskategorie ist relativ ausgeglichen. Einzige Ausnahme bildet das Saarland, wo im Jahre 2000 zwei Stationen neu in das Messprogramm aufgenommen wurden, die hohe Jahreskonzentrationen haben.

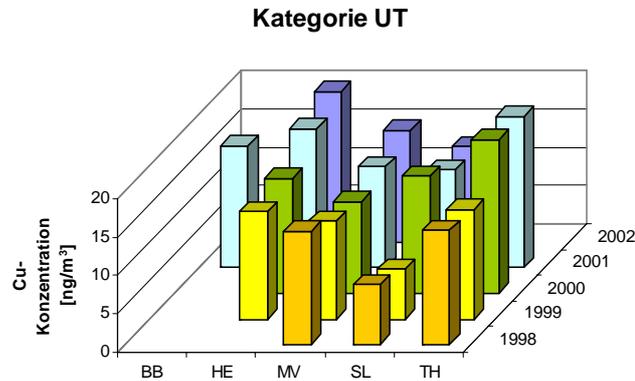


Abb. 7.3.1-4: Cu-Jahresmittelwerte nach Ländern und Jahren für alle Stationen

### 7.3.1.4 Verteilungen der Jahresmittelwerte

Abbildung 7.3.1-5 zeigt in einer Punktverteilung für die Kategorie UT die Cu-Jahresmittelwerte aller Einzelmessstellen für die Jahre 1998 bis 2002.

Über den gesamten Zeitraum besteht eine homogene Verteilung ohne nennenswerte Inhomogenitäten bei den mittleren Jahreskonzentrationen. Der Hauptteil der Jahresmittelwerte liegt zwischen 7,0 und 23 ng/m<sup>3</sup>.

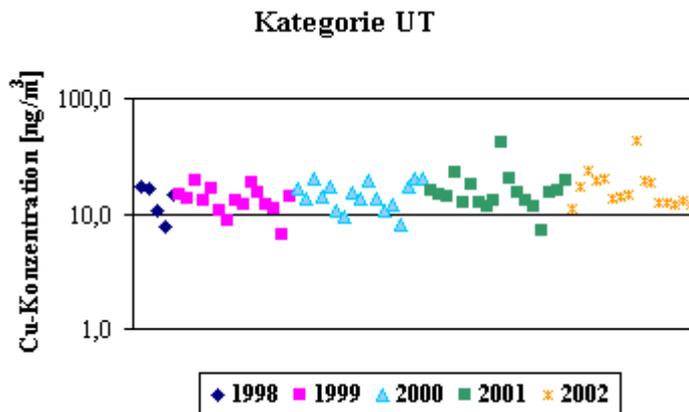


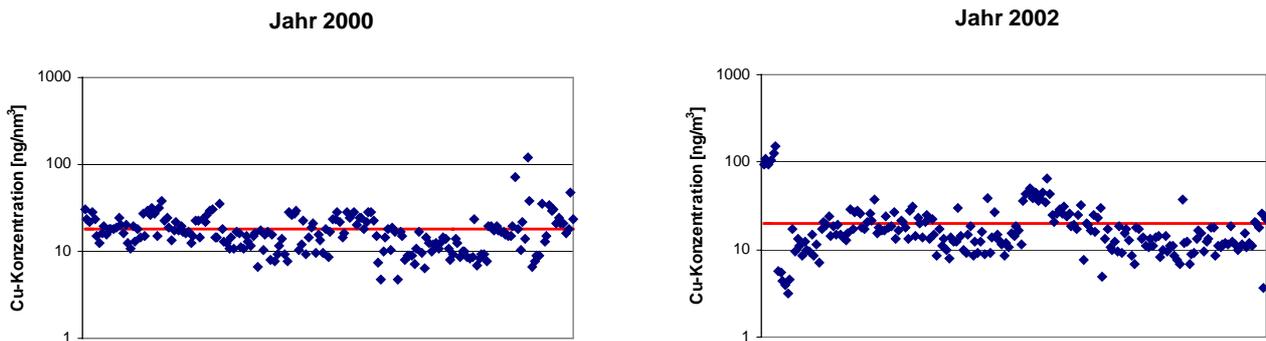
Abb. 7.3.1-5: Punktverteilung der Cu-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen der Kategorie UT



### 7.3.2 Verteilungen der Monatsmittelwerte

Die im *Kapitel 7.3.1* untersuchten Jahresmittelwerte für die Kategorie UT sind Durchschnittswerte über alle Messstellen. Wie anhand der Punktverteilungen für die Messstellen zu erkennen ist, können an einzelnen Messstellen erhebliche Abweichungen hiervon auftreten.

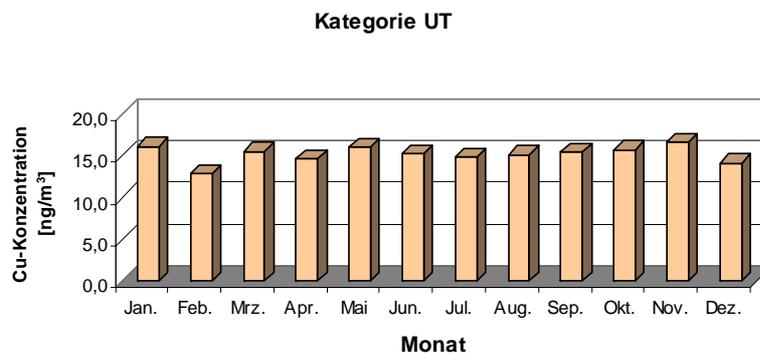
*Abbildung 7.3.2-1* zeigt nun die Verteilung aller Monatsmittelwerte und ihre Streubreite für die Jahre 2000 und 2002. 85 bis 90 % der Werte liegen zwischen 6 und 30  $\text{ng}/\text{m}^3$ .



**Abb. 7.3.2-1:** Verteilung der Cu-Monatsmittelwerte für die Stationskategorie UT

### 7.3.3 Jahrgang der Monatsmittelwerte

Entsprechend *Abbildung 7.3.3-1* ist für Kupfer kein Jahrgang zu beobachten. Für die Auswertungen wurden die Monatswerte aus den Mittelwerten von 1998 bis 2002 gebildet.



**Abb. 7.3.3-1:** Jahrgangslinien für Kupfer nach Stationskategorien für alle Messwerte

In *Tabelle 7.3.3-1* sind das Winter- und Sommermittel, ihr Verhältnis und die Extrema der Monatswerte aufgeführt. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel beträgt wie erwartet 1.

**Tabelle 7.3.3-1: Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema für Kupfer (Kategorie UT)**

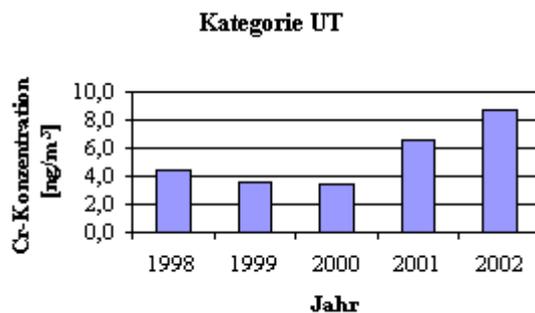
	<i>UT</i>
Wintermittel (WM) [ng/m <sup>3</sup> ]	15,1
Sommermittel (SM) [ng/m <sup>3</sup> ]	15,3
WM/SM	1,0
langj. Jahresmittel [ng/m <sup>3</sup> ]	15,2
Maximaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	16,7
Minimaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	12,9
Verh. Min/Max	78%

## 7.4 Auswertung Chrom (nur Kategorie UT)

### 7.4.1 Jahresmittelwerte

#### 7.4.1.1 Jahresmittelwerte für alle Stationen der Kategorie UT

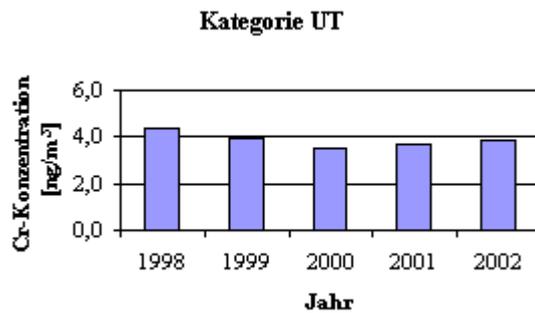
Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen von Chrom über alle in Deutschland gemessenen Stationen der Kategorie UT variieren im Betrachtungszeitraum zwischen 3,4 und 8,5 ng/m<sup>3</sup> (Abbildung 7.4.1-1). Von 1998 bis 2000 ist eine deutliche Tendenz zu niedrigeren Konzentrationswerten zu beobachten. Der Anstieg ab 2001 ist auf drei neu hinzugekommene Messstationen Nordrhein-Westfalens mit Jahresmittelwerten zwischen 20 und 42 ng/m<sup>3</sup> zurückzuführen.



**Abb. 7.4.1-1: Cr-Jahresmittelwerte nach Jahren für alle Stationen der Kategorie UT**

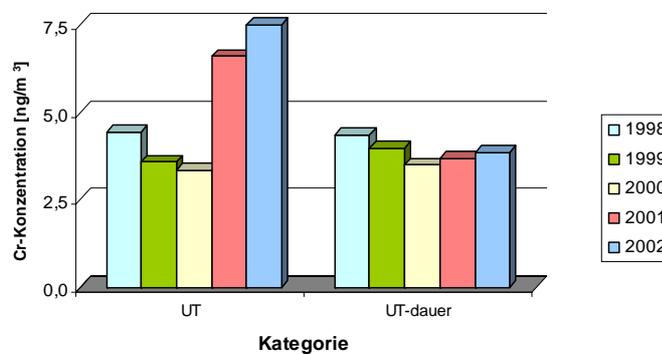
#### 7.4.1.2 Jahresmittelwertevergleich mit permanent messenden Stationen

Abbildung 7.4.1-2 zeigt die Ergebnisse der Untersuchungen mit permanent messenden Stationen. Es wiederholt sich der Trend wie bei der Auswertung für alle Stationen von 1998 bis 2000, danach ist bis 2002 nur eine marginale Erhöhung der mittleren Konzentration zu beobachten.



**Abb. 7.4.1-2:** Cr-Jahresmittelwerte nach Jahren für permanent messende Stationen

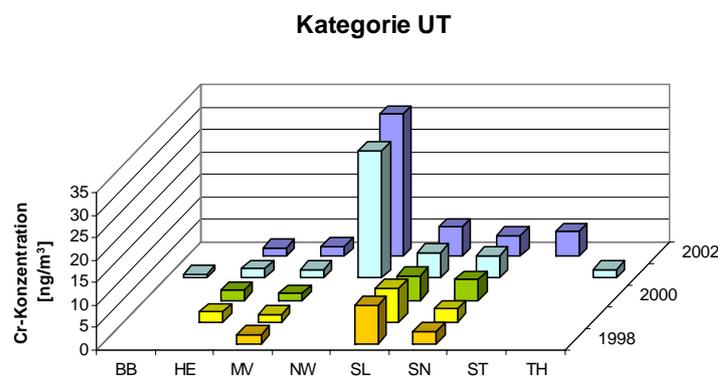
In *Abbildung 7.4.1-3* sind die Ergebnisse direkt gegenübergestellt (permanent messende mit der Erweiterung „dauer“).



**Abb. 7.4.1-3:** Vergleich nach Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen für Chrom

### 7.4.1.3 Jahresmittelwerte nach Ländern

*Abbildung 7.4.1-4* zeigt die weitere Aufteilung in Ländermittelwerte. Das Level der Länderwerte innerhalb der Stationskategorie ist bis auf Nordrhein-Westfalen relativ ausgeglichen.



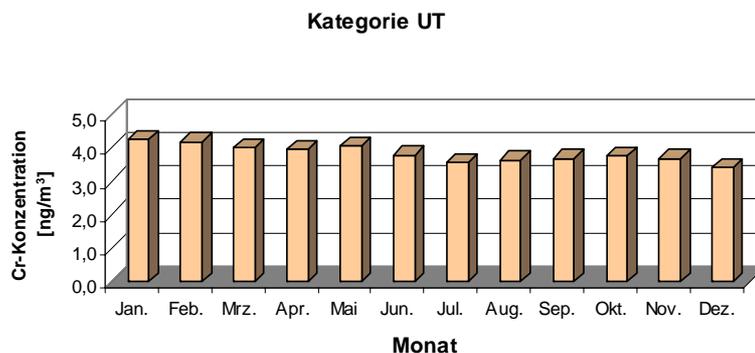
**Abb. 7.4.1-4:** Cr-Jahresmittelwerte nach Ländern und Jahren für alle Stationen





### 7.4.3 Jahrgang der Monatsmittelwerte

Entsprechend Abbildung 7.4.3-1 ist für Chrom kein Jahrgang zu beobachten. Der leichte Abfall im Jahresverlauf ist nicht erklärbar, zumal nur permanent messende Stationen ausgewertet wurde. Für die Auswertungen wurden die Monatswerte aus den Mittelwerten von 1998 bis 2002 gebildet.



**Abb. 7.4.3-1: Jahrgangslinien für Chrom nach Stationskategorien für alle Messwerte**

In *Tabelle 7.4.3-1* sind das Winter- und Sommermittel, ihr Verhältnis und die Extrema der Monatswerte aufgeführt. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel beträgt wie erwartet 1.

**Tabelle 7.4.3-1: Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema für Chrom (Kategorie UT)**

	<i>UT</i>
Wintermittel (WM) [ng/m <sup>3</sup> ]	3,9
Sommermittel (SM) [ng/m <sup>3</sup> ]	3,8
WM/SM	1,0
langj. Jahresmittel [ng/m <sup>3</sup> ]	3,8
Maximaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	4,2
Minimaler Monatswert [ng/m <sup>3</sup> ]	3,4
Verh. Min/Max	80%

## 8 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In Vorbereitung auf die 4. Tochterrichtlinie der EU, die die Anforderungen hinsichtlich der zulässigen Belastung durch Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Außenluft regelt, wurde vom Umweltbundesamt eine begleitende Untersuchung initiiert. Diese konzentrierte sich auf die Charakterisierung der allgemeinen Entwicklung und des gegenwärtigen Standes der Luftbelastung durch die in der TRL festgelegten und weitere ausgewählte Schwermetalle. Es wurden neben den Messdaten auch Informationen zur Methode der Probenahme und Analyse von den Ländern eingeholt und die Auswertung von Messdaten mit Hilfe einer Datenbank durchgeführt.

Schwerpunkte dieses Vorhabens waren:

- Erhebung der verfügbaren Schwermetalldaten,
- Erhebung zu derzeit in den Ländermessnetzen angewendeten Probenahmeverfahren, Extraktions- und Analysenmethoden,
- Erstellen einer bundesweiten Schwermetall-Datenbank,
- Charakterisierung der Schwermetallbelastung in der Bundesrepublik Deutschland durch Auswertung verfügbarer Messdaten auf der Basis einer Datenstatistik unter Berücksichtigung der aktuellen Entwurfsversionen für die 4. TRL.

Die Untersuchung der Belastung der Luft durch Schwermetalle erfolgte anhand der verfügbaren Messwerte, die annähernd flächendeckend von 14 Bundesländern im Rahmen ihrer Luftqualitätsmessprogramme oder von Sondermessprogrammen ermittelt und für dieses Vorhaben zur Verfügung gestellt wurden. Hierzu wurde eine bundesweite Datenbank (Microsoft-Access) entwickelt, mit der im Ergebnis statistischer Untersuchungen für den Zeitraum 1998 bis 2002 Jahresmittelwerte, Jahresganglinien, Messwertverteilungen und Überschreitungshäufigkeiten von Schwellenwerten bestimmt werden können. Es wurden folgende Schwermetalle in die Auswertung einbezogen: *Arsen, Kadmium und Nickel* als Stoffe der 4.TRL und *Blei, Kupfer* und *Chrom* als weitere wichtige Schwermetalle. Für *Quecksilber* konnte keine Auswertung erfolgen, da zu wenige Messwerte zur Verfügung standen. Ebenso war *Zink* auf Grund einer unzureichenden Datenbasis nicht auswertbar.

Zur Berücksichtigung der standortspezifischen Immissionsbelastungen wurde die Auswertung nach klassifizierten Messstellen entsprechend EU-Ratsentscheidung zum Datenaustausch 97/101/EG, 2001/752/EG (EoI) durchgeführt. Die Unterscheidung erfolgt nach Gebietstypen (urban, suburban, rural) und Stationstypen (traffic, industrial, rural). Nicht alle Kombinationen dieser Typen sind durch einen ausreichenden Datenfundus unteretzt, so dass vor allem städtische, verkehrsbeeinflusste Messstellen mit Messstationen des ländlichen Backgrounds verglichen wurden.

Schwerpunktmäßig wurden TSP- und PM<sub>10</sub>-Messungen unter Berücksichtigung begründeter Vergleichsfaktoren ausgewertet.



Die Entwicklung der Schwermetallbelastung in der Bundesrepublik Deutschland hinsichtlich der **Stoffe der 4. Tochterrichtlinie** wird durch folgende Befunde charakterisiert:

- **Arsen**

- *Überschreitung der Bewertungsschwelle:* Von insgesamt 217 in Deutschland zwischen 1998 und 2002 Arsen messenden Stationen überschritten 11 Messstellen, 10 davon im städtischen Bereich, mindestens einmal den in der aktuellen Entwurfsfassung **vorgeschlagenen Zielwert der 4. TRL der Europäischen Kommission von  $6 \text{ ng/m}^3$** . Eine Station erfüllt trotzdem die Bedingung für Nichtüberschreitung (Kategorie UB, zwei Überschreitungen), zwei Stationen sind als die Bewertungsschwelle überschreitend einzustufen (UI, UT je drei Überschreitungen), und acht Stationen können nicht bewertet werden, da nur Messwerte für ein oder zwei Jahre vorliegen. Ein zeitlicher Trend lässt sich nicht ableiten.
- *Jahresmittelwerte:* Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen des Arsen über alle in Deutschland gemessenen Stationen variieren im Betrachtungszeitraum zwischen  $0,9$  und  $1,7 \text{ ng/m}^3$  in ländlichen Hintergrundgebieten (RB); in städtischen Gebieten lagen die Hintergrundwerte zwischen  $1,5$  und  $5,1 \text{ ng/m}^3$ . Die Werte der Verkehrsstationen lagen zwischen  $0,8$  und  $2,0 \text{ ng/m}^3$ . Die Jahresmittelwerte einzelner Kategorien nehmen im Zeitraum 1998 bis 2000 bis zu 40 % ab und steigen 2001/2002 wieder leicht an.
- *Jahresgang:* Die Arsen-Belastung verzeichnet einen Jahresgang mit ausgeprägten Frühjahrs- und teils Herbstmaxima in den Messstellenkategorien. Das Verhältnis von Wintermonatsmittel zu Sommermonatsmittel betrug im Mittel für Hintergrundstationen  $1,35$  und für Verkehrsstationen  $1,5$ . Es ist mit  $1,38$  für städtische Stationen am geringsten und mit  $1,45$  für ländliche Gebiete am höchsten. Das Verhältnis hängt offensichtlich stark vom Witterungsverlauf eines Jahres ab; ein Trend über die Jahre war nicht nachweisbar.

- **Kadmium**

- *Überschreitung der Bewertungsschwelle:* Von insgesamt 217 in Deutschland zwischen 1998 und 2002 Kadmium messenden Stationen überschritten 8 Messstellen mindestens einmal den **vorgeschlagenen Zielwert der 4. TRL der Europäischen Kommission von  $5 \text{ ng/m}^3$** . Vier Stationen erfüllen trotzdem die Bedingung für Nichtüberschreitung (ein bzw. zwei Überschreitungen bei fünf Messjahren), zwei Stationen sind als die Bewertungsschwelle überschreitend einzustufen (je drei Überschreitungen). Zwei Stationen können nicht bewertet werden, da entweder nur Messwerte für zwei Jahre oder für vier Jahre mit zwei Überschreitungen vorliegen. Die Überschreitungshäufigkeit der Schwellenwerte hängt von der Gebietskategorie ab. Es treten keine Schwellenwertüberschreitungen im ländlichen Bereich auf. Es lässt sich kein zeitlicher Trend ablesen.
- *Jahresmittelwerte:* Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen des Kadmium über alle in Deutschland messenden Stationen variieren im Betrachtungszeitraum zwischen  $0,3$  und  $0,8 \text{ ng/m}^3$  in ländlichen Hintergrundgebieten (RB); in städtischen Gebieten lagen die Hintergrundwerte zwischen  $0,9$  und  $1,3 \text{ ng/m}^3$ . Die Werte der Verkehrsstationen lagen zwischen  $0,4$  und  $1,3 \text{ ng/m}^3$ . Der größte ermittelte Konzentrationswert war mit  $1,4 \text{ ng/m}^3$  der Jahresmittelwert der Kategorie ST im Jahre 1998. Die Jahresmittelwerte der einzelnen Kategorien nehmen im Zeitraum 1998 bis 2000/2001 meist ab und

steigen 2001/2002 wieder leicht an. Dabei beträgt die höchste Abnahme zwischen 1998 und 2001 67 % (Kategorie ST).

- *Jahresgang:* Kadmium weist im Jahresgang ähnliche saisonale Abhängigkeiten wie Arsen auf. Es sind deutliche Unterschiede für die Gebietstypen von urban über suburban bis zu rural zu erkennen. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel ist für die Backgroundstationen mit 1,2 niedriger als für die Verkehrsstationen mit 1,3. Hinsichtlich der Gebietseinteilung besteht mit einem Verhältnis von 1,2 kein Unterschied zwischen urban und suburban; rural liegt mit 2,0 wesentlich höher.

- **Nickel**

- *Überschreitung der Bewertungsschwelle:* Von insgesamt 216 in Deutschland zwischen 1998 und 2002 Nickel messenden Stationen überschritten 2 Messstellen je einmal den **vorgeschlagenen Zielwert der 4. TRL der Europäischen Kommission von 20 ng/m<sup>3</sup>**. 214 Stationen erfüllen die Bedingung für Nichtüberschreitung. Die zwei überschreitenden Stationen können nicht bewertet werden, da nur Messwerte für zwei bzw. drei Jahre vorliegen.
- *Jahresmittelwerte:* Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen des Nickel über alle in Deutschland messenden Stationen variieren im Betrachtungszeitraum zwischen 1,2 und 1,7 ng/m<sup>3</sup> in ländlichen Hintergrundgebieten (RB); in städtischen Gebieten lagen die Hintergrundwerte zwischen 2,5 und 4,6 ng/m<sup>3</sup>. Die Werte der Verkehrsstationen lagen zwischen 1,8 und 3,3 ng/m<sup>3</sup>. Der größte ermittelte Konzentrationswert war mit 4,6 ng/m<sup>3</sup> der Jahresmittelwert der Kategorie UB im Jahre 2000. Die Jahresmittelwerte der Kategorien nehmen im Zeitraum 1998 bis 2000/2001 ab und steigen gegen Ende des Betrachtungszeitraumes wieder leicht an. Dabei beträgt die höchste Abnahme zwischen 1998 und 2000 33 % (UT).
- *Jahresgang:* Es ist für keine der Stationskategorien ein eindeutiger Jahresgang zu beobachten. Die erwarteten Sommerabsenkungen werden für die Kategorien SB, ST, UB und UT durch Zwischenmaxima in den Monaten Juli, August, September unterbrochen. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel ist demzufolge für alle Kategorien und Typen immer nahe 1, d.h. es liegt eine zu vernachlässigende bzw. keine saisonale Abhängigkeit vor. Es sind Unterschiede in der Größe der langjährigen Monatsmittelwerte für die Gebietstypen von urban über suburban bis zu rural zu erkennen.

- **Quecksilber**

Quecksilbermesswerte liegen nur von sehr wenigen Stationen vor. Das sind

- drei Stationen in Brandenburg, die in den Jahren 2001/2002 Hg in der Gasphase,
- eine Station in Thüringen, die Hg von 1994 bis 1998 in der TSP-Fraktion

gemessen haben. Sie haben deshalb für eine nationale Auswertung im Moment keine Relevanz.



In die Befragung der Länder wurde Blei mit eingeschlossen, weil neben den Schwebstaubgehalten auch Schwermetalldepositionen abgefragt wurden. Da bereits in der **1. TRL ein Grenzwert für Blei im Schwebstaub (0,5 µg/m<sup>3</sup>)** und eine bis 2005 stetig abnehmende Toleranzmarge festgelegt wurden, existiert demzufolge auch schon eine entsprechende Berichterstattung zur Grenzwertüberschreitung an die Europäische Kommission (EK).

- **Blei**

- *Überschreitung des Grenzwertes:* Von insgesamt 229 in Deutschland zwischen 1998 und 2002 Blei messenden Stationen überschritt keine Messstelle den Grenzwert der 1. TRL der Europäischen Kommission von 0,5 µg/m<sup>3</sup> plus Toleranzmarge. Lediglich an einer Station wird der für 2002 zulässige Wert (Grenzwert + Toleranzmarge) von 0,8 µg/m<sup>3</sup> (Station Duisburg Angerhausen, gemeldet als TSP) überschritten. Verwendet man den in Tabelle 4.4-2 enthaltenen Umrechnungsfaktor in die PM<sub>10</sub>-Fraktion, überschreitet auch diese Station nicht den zulässigen Jahresmittelwert für 2002.
- *Jahresmittelwerte:* Die jährlichen Durchschnittskonzentrationen des Blei über alle in Deutschland messenden Stationen liegen im Betrachtungszeitraum bei 12 ng/m<sup>3</sup> in ländlichen Hintergrundgebieten (RB); in städtischen und vorstädtischen Gebieten variieren die Hintergrundwerte zwischen 17 und 38 ng/m<sup>3</sup>. Die Werte der Verkehrsstationen liegen zwischen 19 und 35 ng/m<sup>3</sup>.
- *Jahresgang:* Die Pb-Belastung zeigt einen ausgeprägten Jahresgang für alle Stationskategorien. Die geringste Abhängigkeit ist bei der Kategorie SB zu beobachten. Es sind keine Unterschiede im Jahresgang der Background- und Verkehrsstationen zu erkennen. Die Monatswerte liegen für die Verkehrsstationen allerdings etwa 20 % höher. Ebenso sind die Jahresgänge der Gebietstypen urban und suburban sehr ähnlich, wobei die urbanen Werte etwa 10 % größer als die suburbanen Werte sind. Das Verhältnis zwischen Winter- und Sommermittel beträgt maximal 1,44 (Kategorie UT) und ist für die Backgroundstationen mit 1,29 etwas größer als für Verkehrsstationen (1,25). Hinsichtlich der Gebietstypen bestehen nur geringfügige Unterschiede.

Die Abnahme der untersuchten Schwermetallkonzentrationen im Schwebstaub erfolgte im Wesentlichen noch in den neunziger Jahren; nach der Jahrtausendwende sind die Jahresmittel der Stationskategorien ausnahmslos wieder leicht angestiegen.

Hinsichtlich der Auswertung der Jahresmittelwerte nach Gebietstypen sind nur geringe Unterschiede zwischen denen der städtischen und vorstädtischen Verkehrsstationen festzustellen (ST und UT, RT konnte nicht untersucht werden). Für Hintergrundstationen besteht eine Differenzierung mit der Tendenz urban > suburban > rural, wobei die Verhältnisse zwischen ihnen von Stoff zu Stoff verschieden sind.

Außerordentlich erschwert werden verallgemeinernde Aussagen durch die Tatsache, dass für alle untersuchten Stoffe das Messwertlevel *in einer Kategorie* von Land zu Land sehr unterschiedlich sein kann. Die Verhältnisse zwischen den Ländermittelwerten betragen zum Teil das Zwanzigfache.

Dadurch treten in fast allen untersuchten Kategorien für die Jahresmittelwerte der Stationen neben einzelnen singulären Werten für hochbelastete Stationen deutlich sichtbare Wertegruppierungen unterschiedlichen Niveaus auf, die den einzelnen Ländern zuzuordnen sind. Der Wertebereich der Stationskategorien für nationale Auswertungen setzt sich damit aus den un-



terschiedlichen Wertebereichen der Länder zusammen, die sich nur teilweise oder gar nicht überlappen. Damit wird die Einheitlichkeit der Betrachtung fragwürdig: die Ergebnisse sind immer von den in die Auswertung einbezogenen Ländern mit ihren schwerpunktbehafteten Messprogrammen abhängig und nicht von den Stationen mit ihren gebiets- und stationstypischen Besonderheiten.

Im Hinblick auf die **Umsetzung der 4. Tochterrichtlinie** lassen sich aus den Untersuchungen folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- In der Bundesrepublik Deutschland ist zur Zeit noch keine flächendeckende Überwachung der Schwermetallbelastung (Schwebstaub) für die Stoffe der 4. Tochterrichtlinie umgesetzt. Entsprechend den künftigen Anforderungen und den Berichtspflichten müssen nach Inkrafttreten weitere Messstellen eingerichtet und betrieben werden. Insbesondere besteht diese Notwendigkeit für die Messung von Quecksilber.
- Neue Messstellen sollten hinsichtlich ihrer Standortkriterien eingestuft und in die erarbeitete Messstellendokumentation aufgenommen werden.
- Die Ergebnisse des Vorhabens belegen, dass die Belastung durch Schwermetalle in Abhängigkeit von den Stationskategorien im betrachteten Zeitraum von 1998 bis 2002 abgenommen hat oder annähernd konstant geblieben ist. Weniger als 5 % der Stationen überschreiten die Zielwerte der 4. TRL der Europäischen Kommission in mindestens einem Jahr, etwa 1 % aller Stationen verletzen die Bewertungsschwelle mit drei Zielwertüberschreitungen in den letzten fünf Jahren. 4 % der Überschreitungen können wegen zu geringer Messdauer nicht bewertet werden.
- Die Untersuchungen haben gezeigt, dass innerhalb einer Messstationenkategorie die mittleren Länderwerte untereinander erhebliche Unterschiede aufweisen können (teilweise das zwanzigfache). Die Untersuchungen zur Abklärung der Ursachen müssen weitergeführt werden. Insbesondere weisen diese Ergebnisse auf dringenden Bedarf an Standardisierung bei den Probenahme-, Extraktions- und Analysemethoden mit genauen Festlegungen hin.
- Die Auswertungen haben gezeigt, dass die Schwermetallbelastung stark von der Stationskategorie abhängig ist. Die Messprogramme der einzelnen Länder haben zur Zeit sehr unterschiedliche Schwerpunkte, demzufolge variieren die Anteile der einzelnen Stationskategorien stark im Verhältnis zur Gesamtzahl der Messstationen. Das erschwert eine Bewertung der Belastungssituation auf nationaler Ebene und weist auf Harmonisierungsbedarf hin.
- Die im Rahmen des Vorhabens entwickelte bundesweite Schwermetall-Datenbank wird in das Luftqualitätssystem des Umweltbundesamtes integriert und bedarf einer laufenden Aktualisierung der Daten. Die mit dem Inkrafttreten der 4. Tochterrichtlinie anstehenden Berichtspflichten für weitere Stoffe sind mit der Datenbank und Auswertesoftware erfüllbar.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden den Bundesländern übergeben.



## Literatur

- /AEG 99/ Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften: Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22.4.1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft
- /BRÜ 00/ BRÜGGEMANN, E. ; FRANCK, U. u.a.: Korngrößendifferenzierte Identifikation der Anteile verschiedener Quellgruppen an der Feinstaubbelastung, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.) Abschlussbericht (13-8802.3521/46), 2000
- /ENV 04/ <http://www.env-it.de/stationen/dispatcher>
- /Hes 04/ <http://www.atlas.umwelt.hessen.de>
- /IFE 02/ INSTITUT FÜR ENERGETIK UND UMWELT gGmbH: Erfassung der Luftbelastung durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Bundesrepublik Deutschland anhand von Messdaten, Zwischenbericht 1: Verwendete Probenahme- und Analysenverfahren, Dokumentation der Messaktivitäten, Messstellenklassifizierung und Datenstatistik, Leipzig Juli 2002
- /IFE 03a/ INSTITUT FÜR ENERGETIK UND UMWELT gGmbH: Erfassung der Luftbelastung durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Bundesrepublik Deutschland anhand von Messdaten, Abschlussbericht, Leipzig November 2003
- /IFE 03b/ INSTITUT FÜR ENERGETIK UND UMWELT gGmbH: Handbuch zur Datenbank PAKStat, Leipzig 2003
- /KOM 03/ KOMMISSION der EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN: Vorschlag für eine Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft, KOM (2003) 423
- /KRE 00/ KREUTZMANN, J.; HOLZ, J.: Methoden zur Erfassung des atmosphärischen Eintrages persistenter organischer Verbindungen (POPs) sowie Deposition von spezifischen Quecksilber- und Chromverbindungen, NORDUM Institut für Umwelt und Analytik GmbH Kessin / Rostock, Juni 2000 ; Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA FKZ 294 42 737, Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- /LUA 04/ <http://www.lua.nrw.de/>
- /UBA 00/ Umweltbundesamt: Daten zur Umwelt – Der Zustand der Umwelt 2000
- /VDI 19/ VDI 2119: Messung partikelförmiger Niederschläge - Mikroskopische Unterscheidung und größenfraktionierte Bestimmung der Partikeldeposition auf Haftfolien; VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 4
- /VDI 34/ DIN EN 12341: Luftbeschaffenheit - Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub - Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmessmethode; VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 5 – Analysen und Messverfahren
- /VDI 63/ VDI 2463: Messen von Partikeln, Messen der Massenkonzentration (Immission), VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 4
- /VDI 67/ VDI 2267: Stoffbestimmung von Partikeln in der Außenluft, VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 4
- /VDI 68/ VDI 2268: Stoffbestimmung an Partikeln; VDI/DIN-Handbuch Reinhaltung der Luft Band 4



### **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 3.3-1:	Territoriale Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf gesamtes Bundesgebiet; Immission).....	18
Abb. 3.3-2:	Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl in Bezug auf Bevölkerungsanteile (bezogen auf gesamtes Bundesgebiet; Immission) .....	19
Abb. 3.3-3:	Territoriale Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf gesamtes Bundesgebiet; Deposition).....	21
Abb. 3.4-1:	Stationskategorien der Messstationen von 1998 bis 2002 (Immission).....	27
Abb. 3.4-2:	Stationskategorien der Messstationen von 1998 bis 2002 (Deposition).....	29
Abb. 3.4-3:	Verteilung der Schwermetallmessstationen nach Gebietstypen (Immission).....	29
Abb. 3.4-4:	Verteilung der Messstationen nach Stationstypen (Immission) .....	31
Abb. 3.4-5:	Verteilung der Schwermetallmessstationen nach Gebietstypen (Deposition) .....	33
Abb. 3.4-6:	Verteilung der Schwermetallmessstationen nach Stationstypen (Deposition) .....	34
Abb. 4.4-1:	Verhältnis Monatsmittel PM <sub>10</sub> /TSP für parallel messende Stationen nach Kategorien und für verschiedene Stoffe .....	45
Abb. 6.2.1-1:	As-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Stationen .....	51
Abb. 6.2.1-2:	As-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für permanent messende Stationen.....	52
Abb. 6.2.1-3:	Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen (Arsen).....	53
Abb. 6.2.1-4:	As-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien, Ländern und Jahren für alle Stationen.....	54
Abb. 6.2.1-5:	Punktverteilung der As-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen nach Kategorien .....	55
Abb. 6.2-6:	Punktverteilung der As-Jahresmittelwerte aller messenden Stationen nach Kategorien und Jahren .....	56
Abb. 6.2.2-1:	Verteilung der As-Monatsmittelwerte für das Jahr 2002 nach Stationskategorien .....	57
Abb. 6.2.3-1:	Jahresganglinien für Arsen nach Stationskategorien für alle Messwerte .....	58
Abb. 6.2.3-2:	Jahresganglinien für Arsen nach Gebiets- und Stationstypen für alle Messwerte im Mittel von 1998 bis 2002.....	59
Abb. 6.2.4-1:	Überschreitungen der Schwellenwerte für Arsen für alle Messstationen im Zeitraum von 1998 bis 2002.....	60
Abb. 6.3.1-1:	Cd-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Stationen .....	62
Abb. 6.3.1-2:	Cd-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für permanent messende Stationen.....	63
Abb. 6.3.1-3:	Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen (Kadmium) .....	63



Abb. 6.3.1-4:	Messwertverteilung permanent messender Stationen für ausgewählte Kategorien.....	64
Abb. 6.3.1-5:	Cd-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien, Ländern und Jahren für alle Stationen.....	65
Abb. 6.3.1-6:	Punktverteilung der Cd-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen nach Kategorien .....	66
Abb. 6.3.1-7:	Punktverteilung der Cd-Jahresmittelwerte aller messenden Stationen nach Kategorien und Jahren .....	67
Abb. 6.3.2-1:	Verteilung der Cd-Monatsmittelwerte für das Jahr 2002 nach Stationskategorien .....	68
Abb. 6.3.3-1:	Jahresganglinien für Kadmium nach Stationskategorien für alle Messwerte .....	69
Abb. 6.3.3-2:	Jahresganglinien für Kadmium nach Gebiets- und Stationstypen für alle Messwerte im Mittel von 1998 bis 2002 .....	70
Abb. 6.3.4-1:	Überschreitungen der Schwellenwerte für Kadmium für alle Messstationen im Zeitraum von 1998 bis 2002 .....	71
Abb. 6.4.1-1:	Ni-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Stationen.....	73
Abb. 6.4.1-2:	Ni-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für permanent messende Stationen.....	74
Abb. 6.4.1-3:	Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen (Nickel).....	75
Abb. 6.4.1-4:	Ni-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien, Ländern und Jahren für alle Stationen.....	75
Abb. 6.4.1-5:	Punktverteilung der Ni-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen nach Kategorien .....	76
Abb. 6.4.1-6:	Punktverteilung der Ni-Jahresmittelwerte aller messenden Stationen nach Kategorien und Jahren .....	77
Abb. 6.4.2-1:	Verteilung der Ni-Monatsmittelwerte für das Jahr 2002 nach Stationskategorien.....	78
Abb. 6.4.3-1:	Jahresganglinien für Nickel nach Stationskategorien für alle Messwerte .....	79
Abb. 6.4.3-2:	Jahresganglinien für Nickel nach Gebiets- und Stationstypen für alle Messwerte im Mittel von 1998 bis 2002.....	80
Abb. 7.2.1-1:	Pb-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Stationen .....	83
Abb. 7.2.1-2:	Pb-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für permanent messende Stationen.....	84
Abb. 7.2.1-3:	Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen für Blei.....	85
Abb. 7.2.1-4:	Pb-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien, Ländern und Jahren für alle Stationen .....	86
Abb. 7.2.1-5:	Punktverteilung der Pb-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen nach Kategorien .....	87
Abb. 7.2-6:	Punktverteilung der Pb-Jahresmittelwerte aller messenden Stationen nach Kategorien und Jahren .....	88
Abb. 7.2.2-1:	Verteilung der Pb-Monatsmittelwerte für das Jahr 2002 nach Stationskategorien.....	89
Abb. 7.2.3-1:	Jahresganglinien für Blei nach Stationskategorien für alle Messwerte .....	90



---

Abb. 7.2.3-2:	Jahresganglinien für Blei nach Gebiets- und Stationstypen für alle Messwerte im Mittel von 1998 bis 2002.....	91
Abb. 7.3.1-1:	Cu-Jahresmittelwerte nach Jahren für alle Stationen der Kategorie UT.....	93
Abb. 7.3.1-2:	Cu-Jahresmittelwerte nach Jahren für permanent messende Stationen .....	93
Abb. 7.3.1-3:	Vergleich nach Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen für Kupfer.....	93
Abb. 7.3.1-4:	Cu-Jahresmittelwerte nach Ländern und Jahren für alle Stationen .....	94
Abb. 7.3.1-5:	Punktverteilung der Cu-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen der Kategorie UT .....	94
Abb. 7.3.2-1:	Verteilung der Cu-Monatsmittelwerte für die Stationskategorie UT .....	95
Abb. 7.3.3-1:	Jahresganglinien für Kupfer nach Stationskategorien für alle Messwerte.....	95
Abb. 7.4.1-1:	Cr-Jahresmittelwerte nach Jahren für alle Stationen der Kategorie UT .....	96
Abb. 7.4.1-2:	Cr-Jahresmittelwerte nach Jahren für permanent messende Stationen.....	97
Abb. 7.4.1-3:	Vergleich nach Jahren zwischen Jahresmittel aller von 1998 bis 2002 messenden und den permanent messenden Stationen für Chrom .....	97
Abb. 7.4.1-4:	Cr-Jahresmittelwerte nach Ländern und Jahren für alle Stationen .....	97
Abb. 7.4.1-5:	Punktverteilung der Cr-Jahresmittelwerte für alle in den Jahren 1998 bis 2002 messenden Stationen der Kategorie UT .....	98
Abb. 7.4.2-1:	Verteilung der Cr-Monatsmittelwerte für die Stationskategorie UT .....	98
Abb. 7.4.3-1:	Jahresganglinien für Chrom nach Stationskategorien für alle Messwerte.....	99
Abb. A-1:	Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1998 (nach Stationskategorien) .....	VIII
Abb. A-2:	Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1999 (nach Stationskategorien) .....	IX
Abb. A-3:	Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2000 (nach Stationskategorien) .....	X
Abb. A-4:	Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2001 (nach Stationskategorien) .....	XI
Abb. A-5:	Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2002 (nach Stationskategorien) .....	XII

### ***Tabellenverzeichnis***



Tabelle 1-1:	Bisher in Deutschland gemessene Schwermetalle im Schwebstaub und im Staubniederschlag.....	4
Tabelle 2-1:	Angewendete Probenahmeverfahren bei der Schwermetallmessung im Schwebstaub in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004).....	5
Tabelle 2-2:	Angewendete Analysenverfahren bei der Schwermetallmessung im Schwebstaub in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004).....	7
Tabelle 2-3:	Angewendete Probenahme- und Analysenverfahren bei der Schwermetallmessung im Staubniederschlag in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: April 2004).....	10
Tabelle 2.3-1:	Kriterien für die Klassifizierung der Messstellen.....	13
Tabelle 3.2-1:	Immissionsmessungen – Anzahl der erfassten messenden Stationen nach Jahren.....	15
Tabelle 3.2-2:	Depositionsmessungen – Anzahl der erfassten messenden Stationen nach Jahren.....	15
Tabelle 3.3.-1:	Immissionsmessungen – Anzahl der erfassten messenden Stationen nach Ländern und Jahren.....	16
Tabelle 3.3.-2:	Depositionsmessungen – Anzahl der erfassten messenden Stationen nach Ländern und Jahren.....	17
Tabelle 3.3-3:	Stationen- und Gebietsanteile der beteiligten Länder jahresweise (Immission).....	18
Tabelle 3.3-4:	Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf die Fläche der beteiligten Länder; Immission).....	18
Tabelle 3.3-5:	Stationen- und Bevölkerungsanteile der beteiligten Länder jahresweise (Immission)	19
Tabelle 3.3-5:	Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl bezogen auf Bevölkerungszahl (beteiligte Länder; Immission).....	19
Tabelle 3.3-7:	Stationen- und Gebietsanteile der beteiligten Länder jahresweise (Deposition).....	20
Tabelle 3.3-8:	Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf die Fläche der beteiligten Länder; Deposition).....	20
Tabelle 3.4-1:	Mittelwertcharakter und Dichten der Länderdaten.....	22
Tabelle 3.4-2:	Messungen der Länder - Anzahl der Messstationen für Staub und Inhaltsstoffe (Schwebstaub).....	23
Tabelle 3.4-3:	Messungen der Länder - Anzahl der Messstationen für Staub und Inhaltsstoffe (Staubniederschlag).....	24
Tabelle 3.4-4:	Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Immission).....	25
Tabelle 3.4-5:	Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Deposition).....	27
Tabelle 3.4-6:	Prozentualer Anteil der Länder an der Gesamtanzahl Stationen nach Gebiets- und Stationstypen (Immission).....	31
Tabelle 3.4-7:	Prozentuale Anteile aller Messstationen nach Gebiets- und Stationstypen (Immission).....	32
Tabelle 3.4-8:	Prozentualer Anteil der Länder an der Gesamtanzahl Stationen nach Gebiets- und Stationstypen (Deposition).....	34
Tabelle 3.4-9:	Prozentuale Anteile aller Messstationen nach Gebiets- und Stationstypen (Deposition).....	35



---

Tabelle 3.5-1a: Messstationenkategorien der Arsen-Messreihen (Immission)* .....	36
Tabelle 3.5-1b: Messstationenkategorien der Kadmium-Messreihen (Immission)* .....	36
Tabelle 3.5-1c: Messstationenkategorien der Chrom-Messreihen (Immission) .....	36
Tabelle 3.5-1d: Messstationenkategorien der Kupfer-Messreihen (Immission) .....	37
Tabelle 3.5-1e: Messstationenkategorien der Nickel-Messreihen (Immission)* .....	37
Tabelle 3.5-1f: Messstationenkategorien der Quecksilber-Messreihen / Schwebstaub (Immission) ...	37
Tabelle 3.5-1g: Messstationenkategorien der Quecksilber-Messreihen / Gasphase (Immission)* .....	37
Tabelle 3.5-1h: Messstationenkategorien der Blei-Messreihen** (Immission) .....	37
Tabelle 3.5-1i: Messstationenkategorien der Zink-Messreihen (Immission) .....	37
Tabelle 3.5-1j: Messstationenkategorien der Staub-Messreihen (Immission) .....	38
Tabelle 3.5-2a: Messstationenkategorien der Arsen-Messreihen (Deposition)* .....	38
Tabelle 3.5-2b: Messstationenkategorien der Kadmium-Messreihen (Deposition)* .....	38
Tabelle 3.5-2c: Messstationenkategorien der Chrom-Messreihen (Deposition) .....	38
Tabelle 3.5-2d: Messstationenkategorien der Kupfer-Messreihen (Deposition) .....	38
Tabelle 3.5-2e: Messstationenkategorien der Quecksilber-Messreihen (Deposition)* .....	39
Tabelle 3.5-2f: Messstationenkategorien der Nickel-Messreihen (Deposition)* .....	39
Tabelle 3.5-2g: Messstationenkategorien der Blei-Messreihen (Deposition) .....	39
Tabelle 3.5-2h: Messstationenkategorien der Zink-Messreihen (Deposition) .....	39
Tabelle 3.5-2i: Messstationenkategorien der Staub-Messreihen (Deposition) .....	39
Tabelle 3.6-1: Matrix der auswertbaren Stoffe im Zeitfenster 1998 bis 2002 (Immission) .....	40
Tabelle 4.4-1: Vergleich TSP- und PM <sub>10</sub> -Werte verschiedener Staubinhaltsstoffe von parallel messenden Stationen .....	44
Tabelle 4.4-2: Umrechnungsfaktoren für die Auswertungen mit der Datenbank HeavyMetal .....	46
Tabelle 5.1.1-1: Anzahl der Stationen in den Messstationenkategorien für die Staub- und Staubinhaltsstoff-Messreihen .....	47
Tabelle 5.1.2-1: Anzahl der permanent messenden Stationen in den Messstationenkategorien für Staubinhaltsstoff-Messreihen .....	48
Tabelle 6.2.3-1: Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema nach Stations- und Gebietstypentypen für Arsen .....	59
Tabelle 6.2.4-1: Bilanz der Messwertkontrolle entsprechend EU-Tochterraichtlinie für Arsen .....	60
Tabelle 6.2.4-2: Überschreitungen der Bewertungsschwelle für Arsen von 1998 bis 2002 .....	61
Tabelle 6.3.3-1: Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema nach Stations- und Gebietstypentypen für Kadmium .....	70
Tabelle 6.3.4-1: Bilanz der Messwertkontrolle entsprechend EU-Tochterraichtlinie für Kadmium .....	71
Tabelle 6.3.4-2: Überschreitungen der Bewertungsschwelle für Kadmium von 1998 bis 2002 .....	72
Tabelle 6.4.3-1: Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema nach Stations- und Gebietstypentypen für Nickel .....	80

---



---

Tabelle 6.4.4-1: Bilanz der Messwertkontrolle entsprechend EU-Tochtrichtlinie für Nickel .....	81
Tabelle 7.2.3-1: Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema nach Stations- und Gebietstypentypen für Blei .....	91
Tabelle 7.2.4-1: Bilanz der Messwertkontrolle entsprechend Richtlinie für Blei .....	92
Tabelle 7.3.3-1: Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema für Kupfer (Kategorie UT).....	96
Tabelle 7.4.3-1: Verhältnis der Wintermonatsmittel zu den Sommermonatsmitteln und Extrema für Chrom (Kategorie UT).....	99
Tabelle A-1: Anzahl der erfassten Immissionsmessstationen für Staub und acht in Deutschland gemessene ausgewählte Staubinhaltsstoffe nach Jahren .....	II
Tabelle A-2: Anzahl der erfassten Depositionsmessstationen für Staub und acht in Deutschland gemessene ausgewählte Staubinhaltsstoffe nach Jahren .....	IV
Tabelle A-3: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Immission).....	V
Tabelle A-4: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Deposition) .....	VII

**Abkürzungen**

As	Arsen
BB	Brandenburg
BE	Berlin
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
Cd	Kadmium
Cr	Chrom
Cu	Kupfer
GIS	Geografisches Informationssystem
HE	Hessen
Hg	Quecksilber
HH	Hamburg
HVS	High Volume Sampler
LAT	Lower Assessment Threshold
LTO	Long Time Object
LVS	Low Volume Sampler
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MW	Mittelwert
Ni	Nickel
NI	Niedersachsen
NW	Nordrhein-Westfalen
Pb	Blei
PM <sub>10</sub>	Particulate Matter 10 µm
PM <sub>2,5</sub>	Particulate Matter 2,5 µm
RB	rural-background
RI	rural-industrial
RP	Rheinland-Pfalz
RT	rural-traffic
SB	suburban-background
SH	Schleswig-Holstein
SI	suburban-industrial
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	suburban-traffic
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen
TRL	Tochtrichtlinie
TSP	Total Suspended Particles
UB	urban-background
UI	urban-industrial
UMEG	Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH
UT	Urban-traffic
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
Zn	Zink



---

### *Maßeinheiten*

%	Prozent
$\mu\text{g}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$	Deposition
$\mu\text{m}$	Mikrometer
d	Tag
$\text{m}^3$	Kubikmeter
ng	Nanogramm (= $10^{-9}$ Gramm)
$\text{ng}/\text{m}^3$	Konzentration

**Kooperationspartner**

Schwermetallmessdaten und Angaben zu den in den Bundesländern angewendeten Probenahme- und Analysenverfahren sowie den Messstellen wurden freundlicherweise von den folgenden Landesbehörden zur Verfügung gestellt:

<b>Baden-Württemberg</b>	UMEG GmbH Großoberfeld 3 76135 Karlsruhe
<b>Bayern</b>	Bayerisches Landesamt für Umweltschutz Bürgermeister-Ulrich-Str. 160 86177 Augsburg
<b>Berlin</b>	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Brückenstraße 6 10179 Berlin
<b>Brandenburg</b>	Landesumweltamt Brandenburg Berliner Straße 21-25 14467 Potsdam
<b>Hamburg</b>	Institut für Hygiene und Umwelt Markmannstraße 129 B 20539 Hamburg
<b>Hessen</b>	Hessisches Landesamt für Umwelt und Geologie Rheingaustraße 186 65203 Wiesbaden
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie Goldberger Straße 12 18263 Güstrow
<b>Niedersachsen</b>	Niedersächsisches Landesamt für Ökologie Göttinger Straße 14 30449 Hannover
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen Wallneyer Straße 6 45133 Essen
<b>Rheinland-Pfalz</b>	Landesamt für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheingaustraße 190 –196 65174 Wiesbaden
<b>Saarland</b>	Landesamt für Umweltschutz Malstatter Straße 17 66117 Saarbrücken
<b>Sachsen</b>	Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft Dresdner Straße 78c 01445 Radebeul



---

<b>Sachsen-Anhalt</b>	Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt Außenstelle Magdeburg Walloner Berg 6-7 39009 Magdeburg
<b>Schleswig-Holstein</b>	Staatliches Umweltamt Itzehoe Oelixdorfer Straße 2 25524 Itzehoe
<b>Thüringen</b>	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie Prüssingstraße 25 07745 Jena





---

# *Anhang A*



**Tabelle A-1: Anzahl der erfassten Immissionsmessstationen für Staub und acht in Deutschland gemessene ausgewählte Staubinhaltsstoffe nach Jahren**

Jahr	Land	Fraktion / Phase	Staub	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Pb	Zn
1990	Schleswig-Holstein	TSP	-	1	1	-	-	1	-	1	-
1991	Schleswig-Holstein	TSP	-	1	1	-	-	1	-	1	-
1992	Schleswig-Holstein	TSP	-	1	1	-	-	1	-	1	-
1993	Saarland	TSP	-	2	2	2	2	2	-	2	2
	Schleswig-Holstein	TSP	-	1	1	-	-	1	-	1	-
	Thüringen	TSP	-	-	1	-	1	-	1	1	-
1994	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	1	1	-	1	1
	Saarland	TSP	-	2	2	2	2	2	-	2	2
	Schleswig-Holstein	TSP	-	2	3	-	-	2	-	2	-
	Thüringen	TSP	-	-	1	-	1	-	1	1	-
1995	Brandenburg	TSP	4	4	4	2	2	4	-	4	2
	Saarland	TSP	-	2	2	2	2	2	-	2	2
	Sachsen	TSP	-	16	16	16	-	16	-	16	-
	Schleswig-Holstein	TSP	-	3	3	-	-	3	-	3	-
	Thüringen	TSP	-	-	1	-	1	-	1	1	-
1996	Brandenburg	TSP	5	5	5	3	3	5	-	5	3
	Saarland	TSP	-	2	2	2	2	2	-	2	2
	Sachsen	TSP	-	16	16	16	-	16	-	16	-
	Schleswig-Holstein	TSP	-	3	3	-	-	3	-	3	-
	Thüringen	TSP	-	-	1	-	1	-	1	1	-
1997	Brandenburg	TSP	4	4	4	-	3	4	-	4	3
	Hansestadt Hamburg	TSP	1	1	1	-	1	-	-	1	-
	Saarland	TSP	-	2	2	2	2	2	-	2	2
	Sachsen	TSP	-	16	16	16	-	16	-	16	-
	Schleswig-Holstein	TSP	3	3	3	-	-	3	-	3	-
	Thüringen	TSP	-	-	1	-	1	-	1	1	-
1998	Baden-Württemberg	TSP	-	41	41	-	-	41	-	71	-
	Bayern	TSP	-	-	-	-	-	-	-	7	-
	Brandenburg	TSP	3	3	3	1	2	3	-	3	1
	Hansestadt Hamburg	PM10	2	2	2	-	2	1	-	2	-
	Hansestadt Hamburg	TSP	4	4	4	-	4	1	-	4	-
	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	3	3	3	3	3	-	-	3	-
	Nordrhein-Westfalen	TSP	53	53	53	-	-	53	-	53	5
	Saarland	TSP	-	2	2	2	2	2	-	2	2
	Sachsen	PM10	-	9	9	9	-	9	-	9	-
	Sachsen	TSP	-	17	17	17	-	17	-	17	-
	Schleswig-Holstein	TSP	-	3	3	-	-	3	-	3	-
	Thüringen	TSP	-	1	2	1	1	1	1	2	-
1999	Baden-Württemberg	PM10	-	41	41	-	-	41	-	72	-
	Baden-Württemberg	TSP	-	34	34	-	-	34	-	64	-
	Bayern	TSP	-	-	-	-	-	-	-	7	-
	Brandenburg	TSP	3	3	3	3	3	4	-	4	2
	Hansestadt Hamburg	PM10	2	2	2	-	2	1	-	2	-
	Hansestadt Hamburg	TSP	3	3	3	-	3	1	-	3	-
	Hessen	TSP	-	21	21	21	21	21	-	21	-
	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	4	4	4	4	4	-	-	4	-
	Nordrhein-Westfalen	TSP	54	54	54	-	-	54	-	54	8
	Saarland	TSP	-	4	4	4	4	4	-	4	4
	Sachsen	PM10	-	13	13	13	-	13	-	13	-
	Sachsen	TSP	-	7	7	7	-	7	-	7	-
	Schleswig-Holstein	TSP	-	3	3	-	-	3	-	3	-
	Thüringen	TSP	-	-	1	-	1	1	1	1	1



**Fortsetzung Tab. A-1: Anzahl der erfassten Immissionsmessstationen für Staub und acht in Deutschland gemessene ausgewählte Staubinhaltsstoffe nach Jahren**

Jahr	Land	Fraktion / Phase	Staub	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Pb	Zn	
2000	Baden-Württemberg	PM10	-	64	64	-	-	64	-	64	-	
	Baden-Württemberg	TSP	-	6	6	-	-	6	-	6	-	
	Bayern	PM10	-	-	-	-	-	-	-	7	-	
	Brandenburg	PM10	1	1	1	1	1	1	-	1	1	
	Brandenburg	TSP	1	1	1	1	1	1	-	1	1	
	Hansestadt Hamburg	TSP	1	1	1	-	1	-	-	1	-	
	Hessen	TSP	-	21	21	21	21	21	-	21	-	
	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	3	3	3	3	3	3	-	3	-	
	Nordrhein-Westfalen	TSP	58	58	58	2	-	58	-	58	10	
	Saarland	TSP	-	4	4	4	4	4	-	4	4	
	Sachsen	PM10	-	14	14	14	-	14	-	14	-	
	Sachsen	TSP	-	1	1	1	-	1	-	1	-	
	Schleswig-Holstein	TSP	-	3	3	-	-	3	-	3	-	
	Thüringen	PM10	-	1	1	1	-	1	-	1	-	
	Thüringen	TSP	-	-	1	-	1	1	-	1	1	
	2001	Baden-Württemberg	PM10	-	64	63	-	-	64	-	64	-
		Baden-Württemberg	TSP	-	8	8	-	-	8	-	8	-
Bayern		PM10	-	-	-	-	-	-	-	7	-	
Brandenburg		PM10	6	6	6	6	1	6	-	5	-	
Brandenburg		TSP	-	-	2	2	2	2	-	2	1	
Brandenburg		GAS	-	-	-	-	-	-	2	-	-	
Hansestadt Hamburg		TSP	1	1	1	-	1	-	-	1	-	
Hessen		PM10	-	7	7	7	7	7	-	7	-	
Hessen		TSP	-	16	16	16	16	16	-	16	-	
Mecklenburg-Vorpommern		PM10	3	3	3	3	3	3	-	3	-	
Nordrhein-Westfalen		TSP	-	21	21	19	-	21	-	21	21	
Saarland		PM10	-	3	3	3	3	3	-	3	3	
Sachsen		PM10	-	15	15	15	-	15	-	15	-	
Sachsen		TSP	-	1	1	1	-	1	-	1	-	
Schleswig-Holstein		PM10	7	7	7	-	-	7	-	7	-	
Thüringen		PM10	-	5	5	5	-	5	-	5	5	
Thüringen		TSP	-	-	1	-	1	1	-	1	1	
2002	Baden-Württemberg	PM10	-	61	61	-	-	61	-	61	-	
	Baden-Württemberg	TSP	-	8	8	-	-	8	-	8	-	
	Bayern	PM10	-	-	-	-	-	-	-	7	-	
	Brandenburg	PM10	5	5	5	5	-	5	-	5	-	
	Brandenburg	TSP	-	-	2	2	2	2	-	2	1	
	Brandenburg	GAS	-	-	-	-	-	-	2	-	-	
	Hansestadt Hamburg	TSP	1	1	1	-	1	-	-	1	-	
	Hessen	PM10	-	16	16	16	16	16	-	16	-	
	Hessen	TSP	-	3	3	3	3	3	-	3	-	
	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	4	4	4	4	4	4	-	4	-	
	Niedersachsen	PM10	2	2	2	-	2	2	-	2	2	
	Nordrhein-Westfalen	TSP	19	19	19	18	-	19	-	19	19	
	Rheinland-Pfalz	PM10	-	4	4	-	-	4	-	4	-	
	Saarland	PM10	-	3	3	3	3	3	-	3	3	
	Sachsen	PM10	-	14	14	14	-	14	-	14	-	
	Sachsen	TSP	-	1	1	1	-	1	-	1	-	
	Sachsen-Anhalt	PM10	-	3	3	3	-	3	-	3	-	
	Schleswig-Holstein	PM10	7	7	7	-	-	7	-	7	-	
	Thüringen	PM10	-	8	8	2	2	8	-	8	2	
Thüringen	TSP	-	1	2	-	1	2	-	2	1		
2003	Hessen	PM10	-	20	20	20	20	20	-	20	-	
	Niedersachsen	PM10	2	2	2	-	2	2	-	2	2	
	Rheinland-Pfalz	PM10	-	4	4	-	-	4	-	4	-	
	Saarland	PM10	-	3	3	3	3	3	-	3	3	
	Sachsen	PM10	-	9	9	9	-	9	-	5	-	
	Sachsen	TSP	-	1	1	1	-	1	-	1	-	
	Schleswig-Holstein Thüringen	PM10	5	5	5	-	-	5	-	5	-	
Thüringen	PM10	-	6	6	2	2	6	-	6	2		

Stationen wurden im Jahr der Umstellung von TSP auf PM<sub>10</sub> doppelt gezählt



**Tabelle A-2: Anzahl der erfassten Depositionsmessstationen für Staub und acht in Deutschland gemessene ausgewählte Staubinhaltsstoffe nach Jahren**

Jahr	Land	Staub	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Hg	Pb	Zn
1988	Schleswig-Holstein	7	6	7	-	-	7	-	7	7
1989	Schleswig-Holstein	7	7	7	-	-	7	-	7	7
1990	Schleswig-Holstein	8	8	8	-	-	8	-	8	8
1991	Schleswig-Holstein	8	8	8	-	-	8	-	8	8
1992	Schleswig-Holstein	9	9	9	-	-	9	-	9	-
1993	Schleswig-Holstein	8	8	8	-	-	8	-	8	-
1994	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Schleswig-Holstein	8	8	8	-	-	8	-	8	-
1995	Brandenburg	3	3	3	1	-	3	-	3	3
	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Schleswig-Holstein	7	7	7	-	7	7	-	7	-
1996	Brandenburg	4	4	4	2	-	4	-	4	3
	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Sachsen	-	-	29	-	-	-	-	29	-
	Schleswig-Holstein	7	7	7	-	7	7	-	7	-
1997	Brandenburg	4	4	4	3	-	4	-	4	4
	Hansestadt Hamburg	1	1	1	-	1	-	-	1	-
	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Sachsen	-	-	29	-	-	-	-	29	-
	Schleswig-Holstein	7	7	7	-	8	7	-	7	-
1998	Bayern	31	-	31	31	31	31	-	-	31
	Brandenburg	6	6	6	3	-	6	-	6	5
	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	-	-	3	3
	Mecklenburg-Vorpommern	5	-	5	5	5	5	-	5	-
	Niedersachsen	13	-	13	13	13	-	-	13	13
	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Sachsen	-	-	29	-	-	-	-	29	-
	Schleswig-Holstein	8	8	8	-	9	8	-	8	-
	Thüringen	-	-	21	21	21	21	-	21	21
1999	Bayern	31	-	31	31	31	31	-	31	31
	Brandenburg	7	7	7	4	-	7	-	7	6
	Hansestadt Hamburg	11	11	11	1	11	1	-	11	9
	Mecklenburg-Vorpommern	5	-	5	5	5	5	-	5	-
	Niedersachsen	13	-	13	13	13	-	-	13	13
	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Sachsen	-	-	29	-	-	-	-	29	-
	Schleswig-Holstein	8	8	8	-	8	8	-	8	-
	Thüringen	-	-	21	21	21	21	-	21	21
2000	Bayern	31	-	31	31	31	31	-	31	31
	Brandenburg	1	1	1	1	-	1	-	1	-
	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	-	-	3	-
	Mecklenburg-Vorpommern	5	-	5	5	5	5	-	5	-
	Niedersachsen	13	-	13	13	13	-	-	13	13
	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Sachsen	-	-	18	-	-	-	-	18	-
	Schleswig-Holstein	9	9	9	-	9	9	-	9	-
	Thüringen	-	24	24	24	-	24	-	24	24
2001	Bayern	32	-	32	32	32	32	-	32	32
	Brandenburg	4	2	4	3	2	4	-	4	2
	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	-	-	3	-
	Mecklenburg-Vorpommern	5	-	5	5	5	5	-	5	-
	Niedersachsen	13	-	13	13	13	-	-	13	13
	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Sachsen	-	-	16	-	-	-	-	16	-
	Schleswig-Holstein	9	9	9	-	9	9	-	9	-
	Thüringen	-	24	24	24	-	24	-	24	24
2002	Bayern	32	32	32	32	32	32	-	32	32
	Brandenburg	4	2	4	3	2	4	-	4	2
	Hansestadt Hamburg	3	3	3	-	3	3	-	3	3
	Niedersachsen	14	-	14	14	14	-	-	14	14
	Saarland	4	4	4	4	4	4	4	4	4
	Sachsen	-	-	15	-	-	-	-	15	-
	Schleswig-Holstein	9	9	9	-	9	9	-	9	-
	Thüringen	-	26	26	-	-	-	-	26	-


**Tabelle A-3: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Immission)**

Jahr	Land	RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT	Summe
1990	Schleswig-Holstein	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1991	Schleswig-Holstein	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1992	Schleswig-Holstein	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1993	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
	Schleswig-Holstein	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
1994	Brandenburg	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
1995	Brandenburg	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
	Sachsen	2	-	-	-	1	5	-	-	8	16
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
1996	Brandenburg	-	-	-	4	-	-	1	-	-	5
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
	Sachsen	2	-	-	-	1	5	-	-	8	16
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
1997	Brandenburg	-	-	-	3	-	-	1	-	-	4
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
	Sachsen	2	-	-	-	1	5	-	-	8	16
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
1998	Baden-Württemberg	4	-	-	26	5	5	19	1	11	71
	Bayern	-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
	Brandenburg	-	-	-	2	-	-	1	-	-	3
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	1	3	-	4
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
	Nordrhein-Westfalen	3	-	1	31	2	7	3	1	5	53
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2
	Sachsen	3	-	-	-	1	5	-	-	9	18
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	1	-	1	2
1999	Baden-Württemberg	5	-	-	25	5	6	19	1	11	72
	Bayern	-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
	Brandenburg	1	-	-	2	-	-	1	-	-	4
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	1	2	-	3
	Hessen	2	1	-	1	2	2	-	3	10	21
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	1	-	-	-	-	-	3	4
	Nordrhein-Westfalen	3	-	1	31	2	7	2	1	7	54
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	3	4
	Sachsen	3	-	-	-	1	2	-	-	8	14
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
2000	Baden-Württemberg	5	-	2	24	5	6	13	1	8	64
	Bayern	-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
	Brandenburg	1	-	-	1	-	-	-	-	-	2
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	Hessen	2	1	-	1	2	2	-	3	10	21
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3
	Nordrhein-Westfalen	3	-	1	31	2	7	2	3	9	58
	Saarland	-	-	-	1	-	-	-	-	3	4
	Sachsen	4	-	-	-	1	2	-	-	8	15
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	1	3



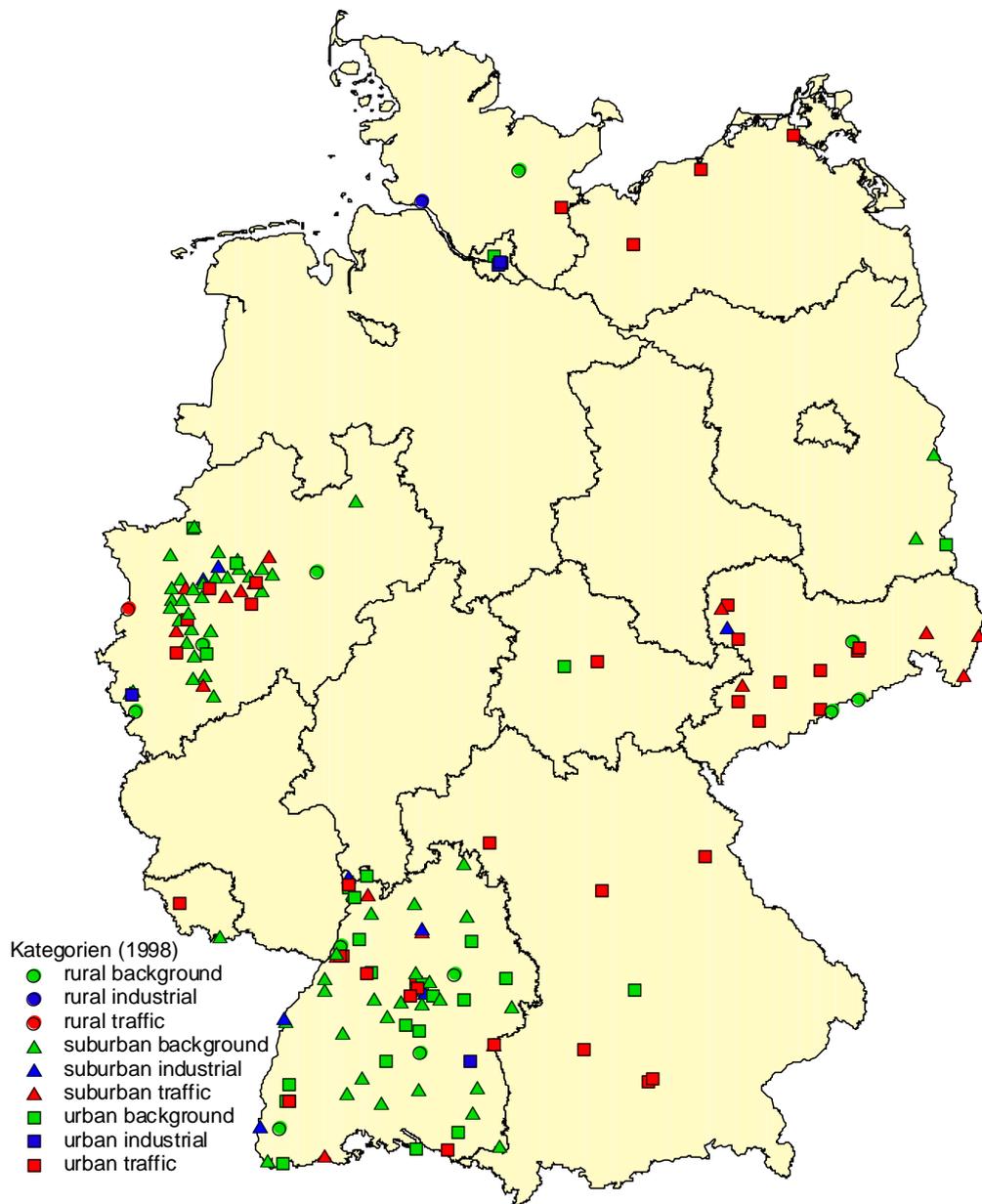
**Fortsetzung Tabelle A-3: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Immission)**

<i>Jahr</i>	<i>Land</i>	<i>RB</i>	<i>RI</i>	<i>RT</i>	<i>SB</i>	<i>SI</i>	<i>ST</i>	<i>UB</i>	<i>UI</i>	<i>UT</i>	<i>Summe</i>	
2001	Baden-Württemberg	5	-	2	24	5	6	13	1	8	64	
	Bayern	-	-	-	-	-	-	1	-	6	7	
	Brandenburg	2	-	-	-	-	-	2	1	3	8	
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
	Hessen	2	1	-	1	1	1	-	3	10	19	
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	
	Nordrhein-Westfalen	1	-	-	5	1	1	1	4	8	21	
	Saarland	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	
	Sachsen	3	-	-	-	1	2	1	-	9	16	
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	5	7	
	Thüringen	1	-	-	-	-	-	3	-	2	6	
	2002	Baden-Württemberg	5	-	-	24	4	6	13	1	8	61
		Bayern	-	-	-	-	-	-	1	-	6	7
		Brandenburg	2	-	-	-	-	-	2	1	2	7
Hansestadt Hamburg		-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
Hessen		2	1	-	1	1	1	-	3	10	19	
Mecklenburg-Vorpommern		-	-	1	-	-	-	-	-	3	4	
Niedersachsen		1	-	-	-	-	-	-	1	-	2	
Nordrhein-Westfalen		1	-	-	4	1	2	1	4	6	19	
Rheinland-Pfalz		1	-	-	-	-	1	-	1	1	4	
Saarland		-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	
Sachsen		3	-	-	-	-	2	1	-	9	15	
Sachsen-Anhalt		-	-	-	-	1	-	1	-	1	3	
Schleswig-Holstein		1	1	-	-	-	-	-	-	5	7	
Thüringen		-	-	-	-	-	-	5	2	2	9	
2003	Hessen	3	1	-	1	1	1	-	3	10	20	
	Niedersachsen	1	-	-	-	-	-	-	1	-	2	
	Rheinland-Pfalz	1	-	-	-	-	1	-	1	1	4	
	Saarland	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	
	Sachsen	2	-	-	-	-	1	-	-	7	10	
	Schleswig-Holstein	1	1	-	-	-	-	-	-	3	5	
	Thüringen	-	-	-	-	-	-	4	1	1	6	

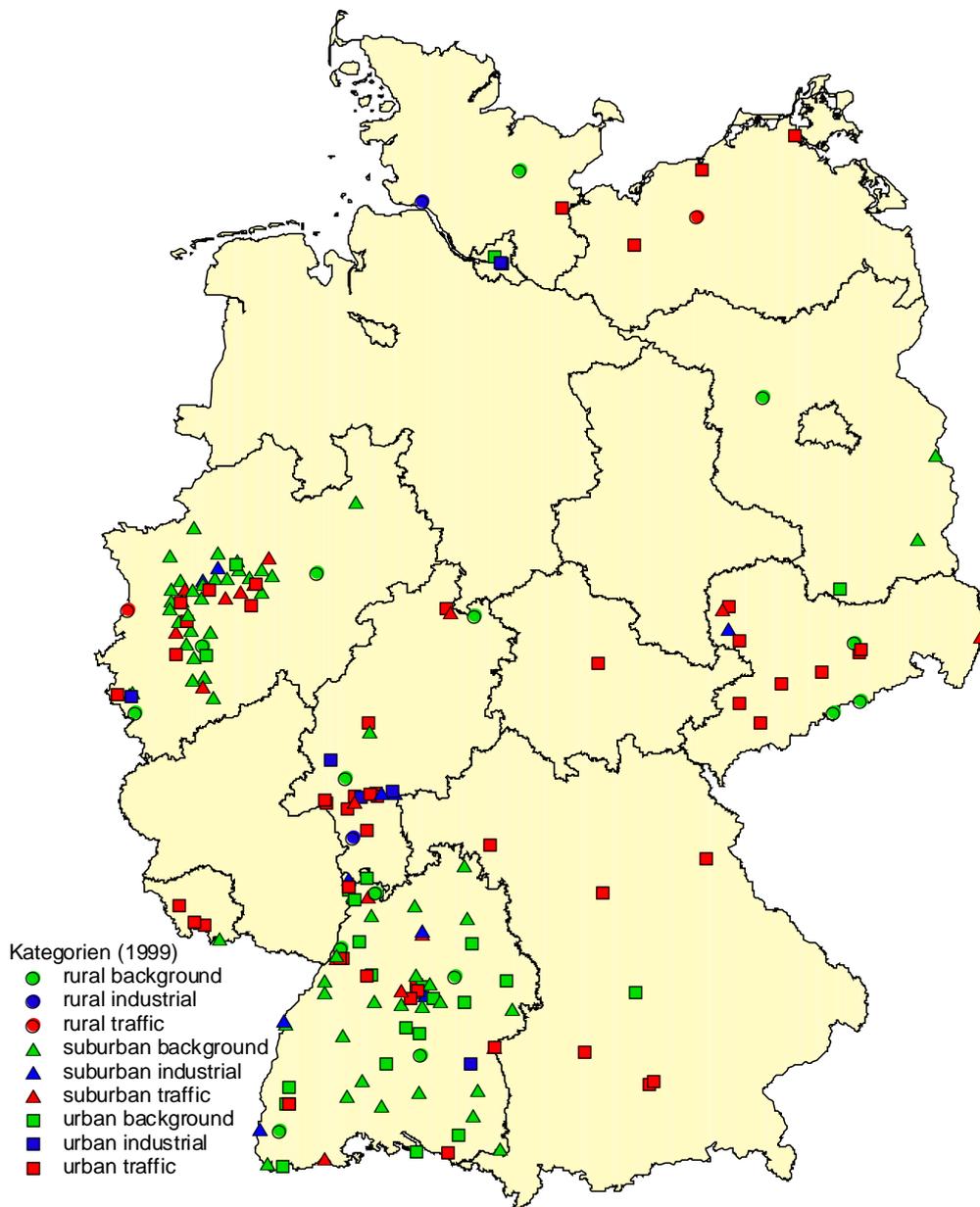
Stationen wurden im Jahr der Umstellung von TSP auf PM<sub>10</sub> doppelt gezählt


**Tabelle A-4: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie (Deposition)**

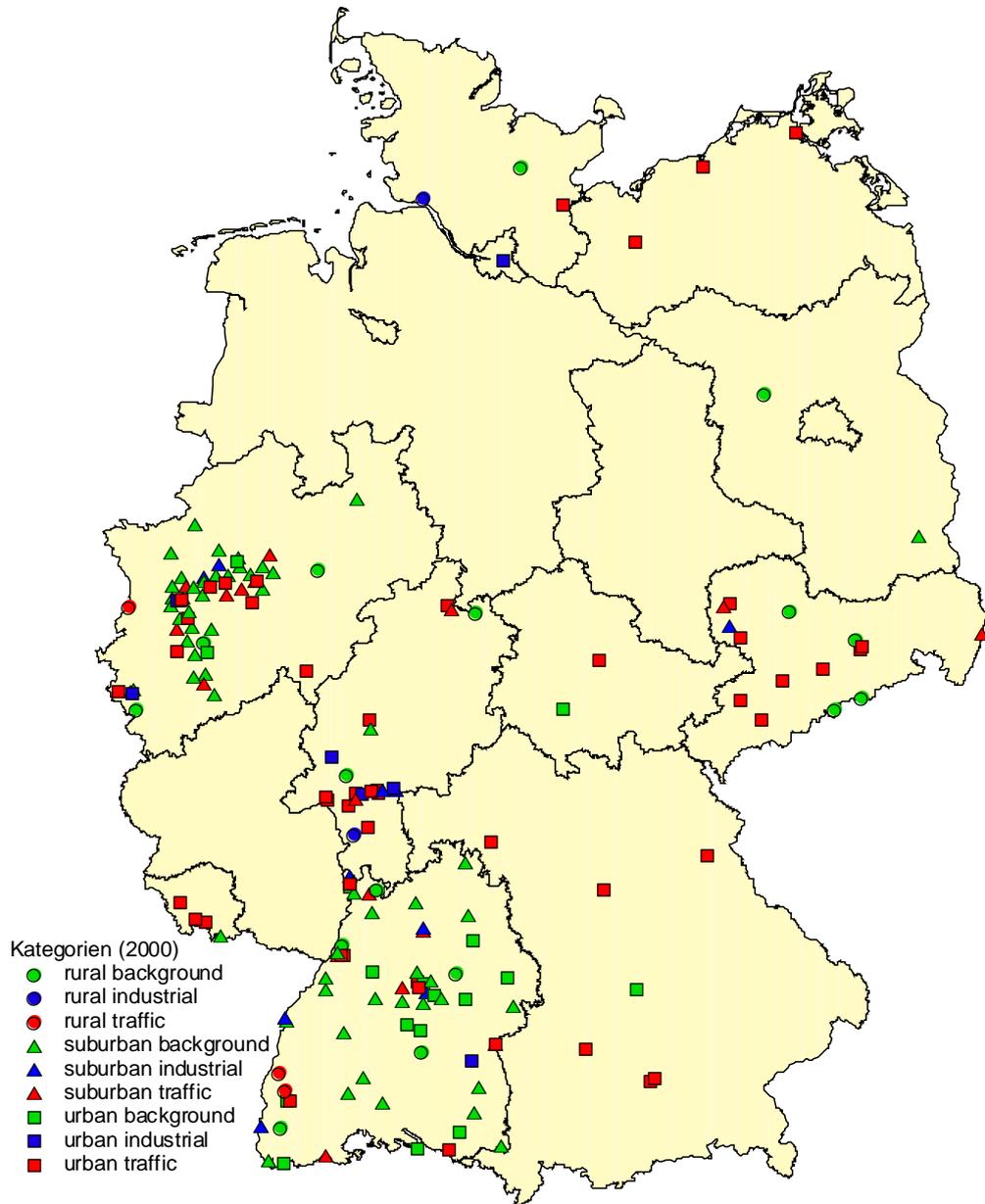
<i>Jahr</i>	<i>Land</i>	<i>RB</i>	<i>RI</i>	<i>RT</i>	<i>SB</i>	<i>SI</i>	<i>ST</i>	<i>UB</i>	<i>UI</i>	<i>UT</i>	<i>Summe</i>
1988	Schleswig-Holstein	3	-	-	1	-	-	3	-	-	7
1989	Schleswig-Holstein	3	-	-	1	-	-	3	-	-	7
1990	Schleswig-Holstein	3	-	-	1	-	-	3	-	1	8
1991	Schleswig-Holstein	3	-	-	1	-	-	3	-	1	8
1992	Schleswig-Holstein	3	-	-	1	-	-	3	-	2	9
1993	Schleswig-Holstein	3	-	-	-	-	-	3	-	2	8
1994	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Schleswig-Holstein	3	-	-	-	-	-	3	-	2	8
1995	Brandenburg	-	-	-	1	-	-	2	-	-	3
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Schleswig-Holstein	4	-	-	-	-	-	1	-	2	7
1996	Brandenburg	-	-	-	1	1	-	2	-	-	4
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Sachsen	5	-	-	1	1	5	5	-	12	29
	Schleswig-Holstein	4	-	-	-	-	-	1	-	2	7
1997	Brandenburg	-	-	-	1	1	-	2	-	-	4
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Sachsen	5	-	-	1	1	5	5	-	12	29
	Schleswig-Holstein	4	-	-	-	-	-	2	-	2	8
1998	Bayern	1	1	-	2	1	-	8	4	14	31
	Brandenburg	-	-	-	1	1	-	2	1	1	6
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
	Mecklenburg-Vorpommern	2	-	2	-	-	-	-	-	1	5
	Niedersachsen	5	-	-	3	-	1	-	3	1	13
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Sachsen	5	-	-	1	1	5	5	-	12	29
	Schleswig-Holstein	4	1	-	-	-	-	2	-	2	9
	Thüringen	1	-	-	-	-	-	12	-	8	21
1999	Bayern	1	1	-	2	1	-	8	4	14	31
	Brandenburg	1	-	-	1	1	-	2	1	1	7
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	4	-	-	2	5	-	11
	Mecklenburg-Vorpommern	2	-	2	-	-	-	-	-	1	5
	Niedersachsen	5	-	-	3	-	1	-	3	1	13
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Sachsen	5	-	-	1	1	5	5	-	12	29
	Schleswig-Holstein	4	1	-	-	-	-	1	-	2	8
	Thüringen	1	-	-	-	-	-	12	-	8	21
2000	Bayern	1	1	-	2	1	-	8	4	14	31
	Brandenburg	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
	Mecklenburg-Vorpommern	2	-	2	-	-	-	-	-	1	5
	Niedersachsen	5	-	-	3	-	1	-	3	1	13
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Sachsen	2	-	-	-	1	4	2	-	9	18
	Schleswig-Holstein	4	1	-	-	-	-	1	-	3	9
	Thüringen	2	-	-	-	-	-	13	-	9	24
2001	Bayern	1	1	-	2	1	-	9	4	14	32
	Brandenburg	2	-	-	-	1	-	1	-	-	4
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
	Mecklenburg-Vorpommern	2	-	2	-	-	-	-	-	1	5
	Niedersachsen	5	-	-	3	-	1	-	3	1	13
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Sachsen	2	-	-	-	1	4	1	-	8	16
	Schleswig-Holstein	4	1	-	-	-	-	2	-	2	9
	Thüringen	2	-	-	-	-	-	13	-	9	24
2002	Bayern	1	1	-	2	1	-	9	4	14	32
	Brandenburg	2	-	-	-	1	-	1	-	-	4
	Hansestadt Hamburg	-	-	-	-	-	-	-	3	-	3
	Niedersachsen	6	-	-	3	-	1	-	3	1	14
	Saarland	-	-	-	1	1	-	-	-	2	4
	Sachsen	2	-	-	-	-	4	1	-	8	15
	Schleswig-Holstein	4	1	-	-	-	-	2	-	2	9
	Thüringen	2	-	-	-	-	-	15	-	9	26



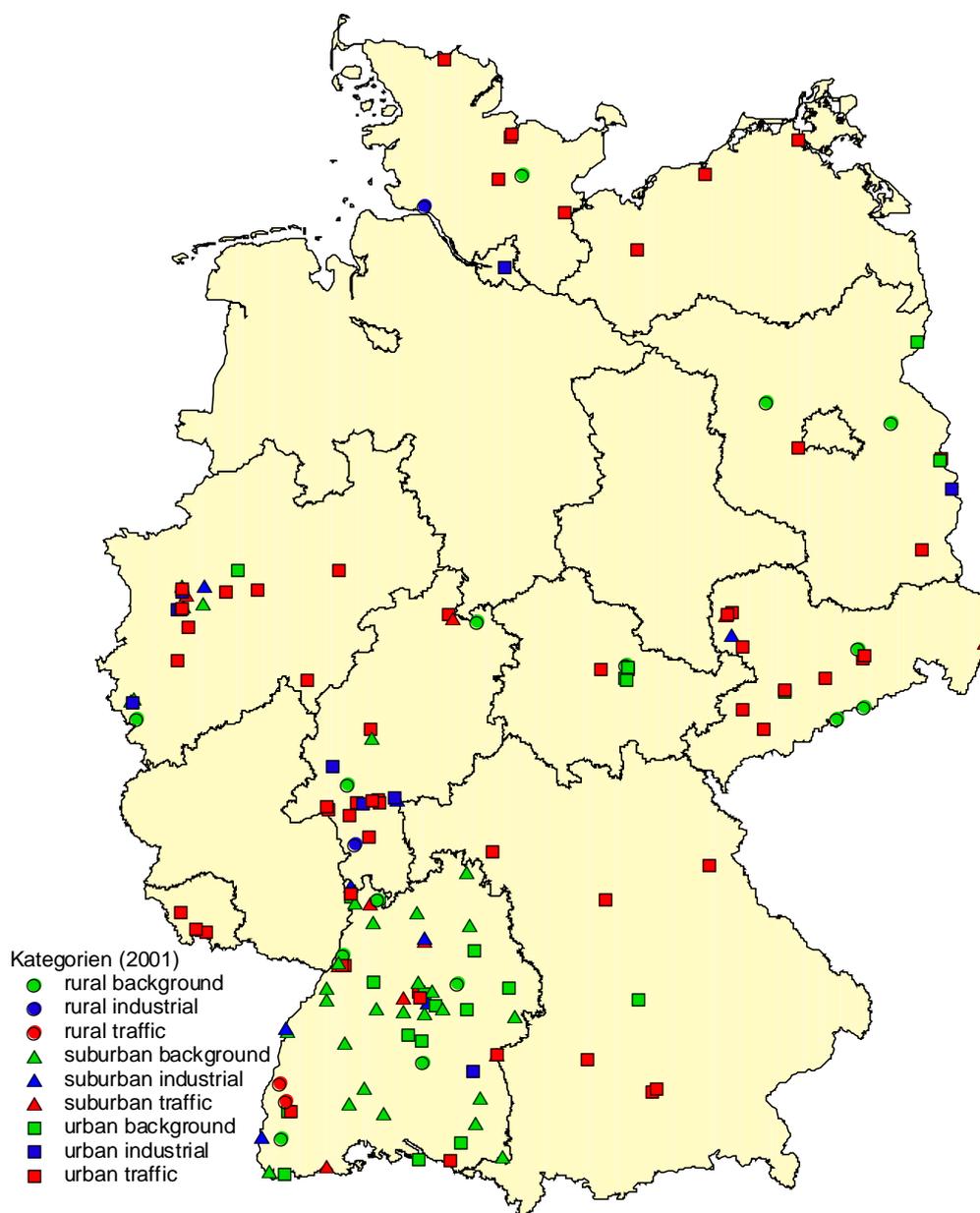
**Abb. A-1:** *Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1998 (nach Stationskategorien)*



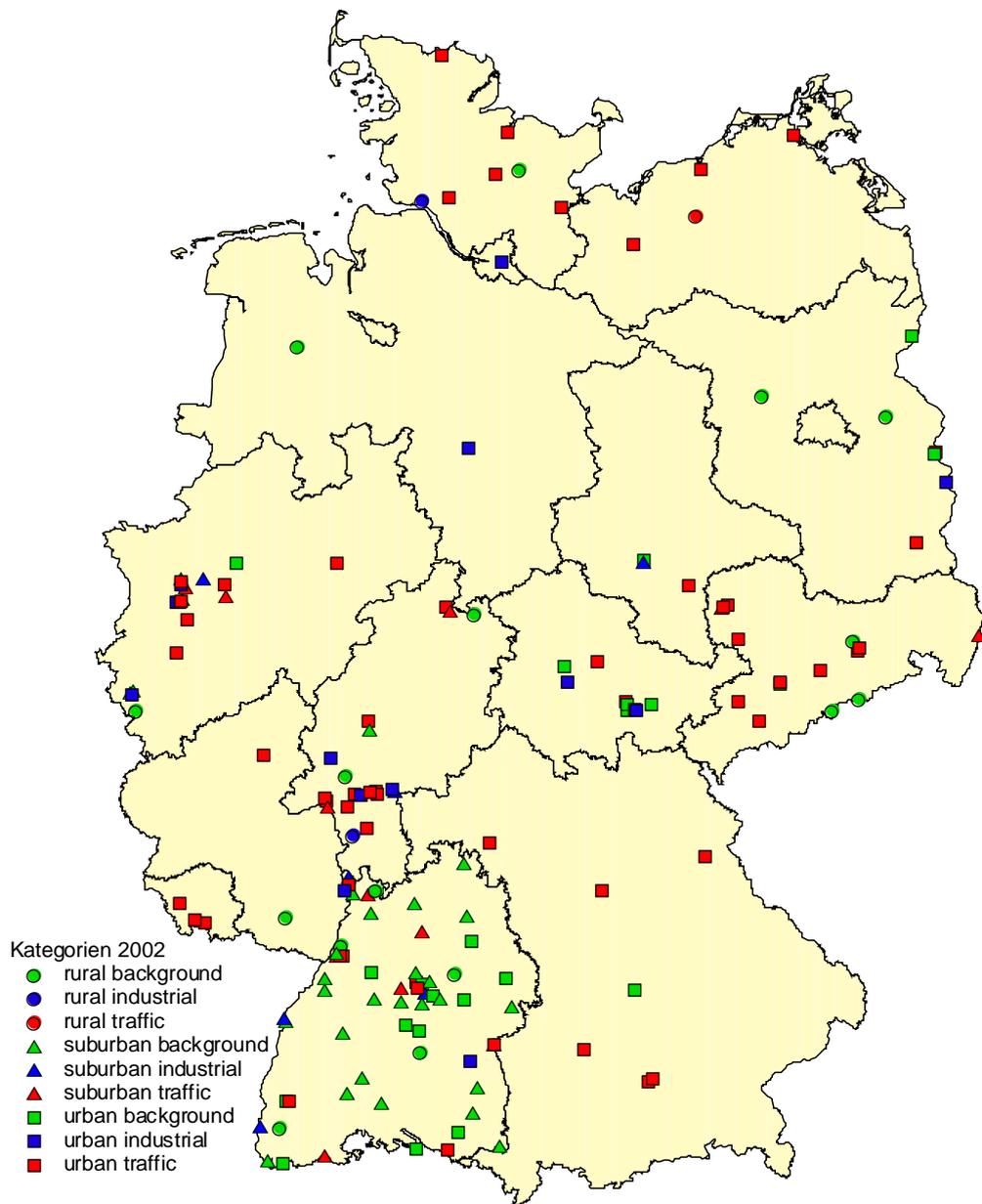
**Abb. A-2:** *Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1999 (nach Stationskategorien)*



**Abb. A-3:** *Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2000 (nach Stationskategorien)*



**Abb. A-4:** *Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2001 (nach Stationskategorien)*



**Abb. A-5:** *Schwebstaubmessnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2002 (nach Stationskategorien)*