

**Umweltforschungsplan  
des Bundesministers für Umwelt  
Naturschutz und Reaktorsicherheit**

**Luftreinhaltung  
Forschungsbericht 20 04 22 66**

**Erfassung der Luftbelastung durch Polyzyklische Aromatische  
Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Bundesrepublik Deutschland  
anhand von Messdaten**

**von**

**Dr. rer. nat. P. Ihle  
Dipl.-Phys. B. Fritsche**

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

**IM AUFTRAG  
DES UMWELTBUNDESAMTES**

**November 2003**

1. Berichtsnummer UBA-FB 20 04 22 66	2.	3.
4. Titel des Berichts Erfassung der Luftbelastung durch Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Bundesrepublik Deutschland anhand von Messdaten		
5. Autor(en), Name(n), Vorname(n)  Ihle, Peter Fritsche, Barbara	8. Abschlussdatum 01.11.2003	
	9. Veröffentlichungsdatum	
	10. UFO-PLAN-Nr. 20 04 22 66	
6. Durchführende Institution (Name, Anschrift) Institut für Energetik und Umwelt gemeinnützige GmbH Torgauer Strasse 116 D-04347 Leipzig	11. Seitenzahl 178	
	12. Literaturangaben 18	
7. Fördernde Institution (Name, Anschrift) Umweltbundesamt Postfach 33 00 22 D-14191 Berlin	13. Tabellen und Diagramme 76	
	14. Abbildungen 106	
15. Zusätzliche Angaben		
16. Zusammenfassung Im Hinblick auf die bevorstehende EU-Richtlinie, die u.a. den Gehalt an Polyzyklischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen in der Luft regelt, wurde anhand von Messdaten der Ländermessprogramme die Luftbelastung in der Bundesrepublik Deutschland untersucht. Dafür wurde eine Datenbank erstellt. Die Auswertung der Messdaten erfolgte nach Messstellenkategorien, die eine Einstufung der Messstationen in Gebietstypen (urban, suburban, rural) und Stationstypen (traffic, industrial, background) einschließen. Im Zeitraum 1996 bis 2001 hat die PAK-Konzentration in allen Messstellenkategorien abgenommen, weist jedoch unterschiedliche Überschreitungshäufigkeiten von Schwellenwerten aus. Korrelationen zwischen den PAK-Komponenten unterstützen die übliche Praxis, Benzo[a]pyren als Leitkomponente zu verwenden. Experimentelle Untersuchungen ergaben, dass für die Probenahme sowohl Low Volume Sampler als auch High Volume Sampler in Frage kommen und die Lagerung beaufschlagter Filter bei 4 °C innerhalb von 4 Wochen zu keinen PAK-Verlusten führt. Als Extraktionsmethode erwies sich das Rückflussverfahren mit Toluol am geeignetsten.		
17. Schlagwörter Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK), Luftbelastung, PAK-Konzentration, Messung, Datenbank, Überschreitungshäufigkeit, Schwellenwert, Zielwert, Jahresgang, Leitkomponente, Benzo[a]pyren, Probenahmeverfahren, Extraktionsmethode, Analyseverfahren		
18. Preis	19.	20.

1. Report No. UBA-FB 20 04 22 66	2.	3.
4. Report Title Registration of air pollution by polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in the Federal Republic of Germany by means of measurement data		
5. Author(s), Family Name(s), First Name(s)  Ihle, Peter Fritsche, Barbara	8. Report Date 03-11-01	
	9. Publication Date	
	10. UFO-PLAN-Ref. No. 20 04 22 66	
6. Performing Organisation (Name, Address) Institute for Energy and Environment Torgauer Strasse 116 D-04347 Leipzig	11. No. of Pages 178	
	12. No. of Reference 18	
7. Funding Agency (Name, Address) Umweltbundesamt (Federal Environmental Agency) Postfach 33 00 22 D-14191 Berlin	13. No. of Tables, Diagrams 76	
	14. No. of Figures 106	
15. Supplementary		
16. Abstract With regard to the EU directive for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) the air pollution in Germany was examined using the PAH measuring data of the Federal Countries. A data base was developed to this. The analysis of the measuring data was performed for classes of measuring stations. The stations were classified in types of regions (urban, suburban, rural) and types of stations ( traffic, industrial, background). In the period 1996-2001 the PAH concentrations declined for all classes. The frequency of exceeding of special limits is different between the classes however. Correlations between the PAH components support the practice of using benzo[a]pyrene as an indicator substance. Experimental investigations have showed good results for both low volume sampler and high volume sampler. The storage of contaminated filters involves no PAH losses within four weeks if the samples are kept at 4 °C. Reflux with toluene was the best extraction method.		
17. Keywords polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), air pollution, PAH concentration, measurement, data base, frequency of exceedance, threshold value, target value, yearly trend, indicator substance, benzo[a]pyrene, sampling, extraction method, analysis method		
18. Price	19.	20.





## *Inhaltsverzeichnis*

1	Einleitung und Aufgabenstellung .....	3
2	PAK-Messungen in der Bundesrepublik Deutschland .....	4
2.1	Angewendete Probenahmeverfahren .....	4
2.2	Probenaufbereitung und Analysenverfahren .....	8
3	Messstellenklassifizierung.....	8
3.1	Kriterien.....	8
3.2	Messstellendokumentation .....	11
4	Erfassung der in Deutschland vorliegenden Daten.....	14
4.1	Datenerfassung und Sichtung .....	14
4.2	PAK-Messprogramme der Länder seit 1986 .....	14
5	Datenbasis für die Datenbank „PAKStat“ .....	17
5.1	Reduzierung des Datenpools auf 16 PAKs und auf Messungen ab 1996.....	17
5.2	Messstatistik und Datenanalyse.....	17
5.2.1	Messdichte / Datendichte der Länder .....	17
5.2.2	Messdichte / Datendichte der PAKs .....	19
5.2.3	Messdichte / Datendichte der Messstationenkategorien.....	20
5.3	Statistik der PM <sub>10</sub> - und TSP-Messstationen der Bundesrepublik .....	26
5.3.1	Zielstellung .....	26
5.3.2	Klassifizierung der Messstationen der Bundesrepublik .....	27
5.3.3	Stationenklassifizierung der Ländermessnetze .....	28
5.3.4	PAK-Messungen mit Stationenklassifizierung.....	37
5.3.5	Langzeitmessende Stationen .....	40
5.3.6	Datenstatistik von PAK-Summen.....	41
5.3.7	EU-Tochterrichtlinie und Leitparameter Benzo[a]pyren.....	42
5.3.8	Schlussfolgerungen.....	43
6	Datenaufbereitung und Vereinbarungen.....	43
6.1	Nomenklatur Stationsnamen .....	43
6.2	Mittelwertbildung.....	44
6.2.1	Voraussetzungen.....	44
6.2.2	Monatsmittel.....	44
6.2.3	Jahresmittel .....	46
6.2.4	Stationenkategorienmittel .....	48
6.2.5	Länder-/Deutschlandmittel .....	48
6.3	Bestimmungsgrenzen .....	48
6.4	Umrechnung von TSP zur PM <sub>10</sub> -Fraktion .....	48
6.4.1	Auswertung von PAK-Messstationen .....	48
6.4.2	Auswertung von Staubtabellen.....	51

---

6.4.3	Zusammenfassung .....	52
7	Statistische Datenauswertungen .....	52
7.1	Datenbank PAKStat .....	52
7.1.1	Datenbankauswertungen .....	52
7.1.2	Statistische Auswertungen .....	53
7.2	PAKs des Vorschlages für die Tochterraichtlinie .....	64
7.2.1	Grundlagen .....	64
7.2.2	Auswertungen Benzo[a]pyren .....	65
7.3	Weitere Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe .....	79
7.3.1	Jahresmittel .....	79
7.3.2	PAK-Jahresgang .....	81
7.3.3	Verteilungen der PAK-Jahresmittelwerte .....	85
7.3.4	Korrelationen zwischen BaP und weiteren PAKs .....	90
7.3.5	PAK-Profil gemäß Entwurf der 4. Tochterraichtlinie vom 16.07.2003 .....	104
8	Vergleich von PAK-Probenahmegeräten und Extraktionsmethoden .....	110
8.1	Experimentelle Methodik .....	110
8.1.1	Messstandort .....	110
8.1.2	Probenahmetechnik .....	110
8.1.3	Sammelzeitraum und Messbedingungen .....	111
8.1.4	Filterbehandlung .....	111
8.1.5	Extraktion und Analyse .....	111
8.1.6	PAK-Komponenten .....	112
8.2	Vergleich der Probenahmegeräte .....	112
8.2.1	Temperaturabhängigkeit der PAK-Konzentration .....	112
8.2.2	Sammlervergleich Staub .....	113
8.2.3	Sammlervergleich PAK .....	115
8.3	Vergleich Extraktionsverfahren .....	125
8.4	Homogenität der Filterbelegung .....	134
8.5	Lagerungstests .....	134
9	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen .....	135
	Literatur .....	141
	Abbildungsverzeichnis .....	142
	Tabellenverzeichnis .....	146
	Maßeinheiten .....	151
	Kooperationspartner .....	152
	Anhang A: Messstationen nach PAK und Stationskategorien .....	A-I
	Anhang B: Daten der PAK-Messstationen (alle Fraktionen) .....	B-I
	Anhang C: Umstellungstermine von TSP auf PM <sub>10</sub> .....	C-I
	Anlage D: Messwerttabellen Sammler .....	D-I

---

## 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) entstehen beim Verbrennen von organischem Material unter Sauerstoffausschluss oder –mangel bzw. können bei der Verarbeitung von PAK-haltigen Produkten freigesetzt werden. Anthropogene Emissionsquellen sind demzufolge hauptsächlich Gebäudeheizungen und industrielle Feuerungsanlagen, der Kraftfahrzeugverkehr sowie industrielle Fertigungsprozesse /DET 98 , BAE 91/. Auch die Holzverbrennung kann zu hohen PAK-Belastungen führen /MAR 98/. PAKs bilden sich durch Kondensation von mehr als zwei Benzolringen und stehen trotz ihrer vergleichsweise geringen Konzentration wegen ihrer möglichen Kanzerogenität im besonderen Blickpunkt des Interesses. Die PAK-Verbindungen liegen in der Luft entweder gasförmig vor oder sie sind an Schwebstaubpartikel gebunden. Die PAK-Adsorptionsneigung an Feststoffpartikel hängt von ihrer Molekülgröße ab. PAKs mit mehr als 4 Benzolringen sind fast immer partikelgebunden /UBA 92/.

Die schwebstaubgebundenen PAKs werden aus der Atmosphäre durch trockene und nasse Deposition entfernt. Daneben unterliegen sie auch chemischen und photolytischen Abbauprozessen. Ihre Verweilzeit in der Atmosphäre reicht je nach Reaktivität von einigen Tagen bis zu mehreren Wochen /IMM 03/.

In der Bundesrepublik Deutschland werden die PAK zum Teil seit den achtziger Jahren im Rahmen der Luftgütemessnetze der Länder oder durch Sondermessprogramme ermittelt. *Tabelle 1-1* gibt einen Überblick über in Deutschland häufig gemessene PAK und deren Eigenschaften. Zur Charakterisierung der Immissionsbelastung der Luft durch PAKs wird als Leitkomponente im Allgemeinen Benzo[a]pyren gewählt; es ist eine der bestuntersuchten PAK-Verbindungen und eines der stärksten Karzinogene unter den 16 EPA-PAK /CRE 02/.

In Vorbereitung der 4. Tochterrichtlinie der EU für PAK, die die Erfassung der PAK-Belastung nach einheitlichen Methoden und die Bewertung anhand von Richtwerten vorgibt, wurde vom Umweltbundesamt eine begleitende Untersuchung initiiert, die den gegenwärtigen Stand der Luftbelastung durch PAK dokumentieren sollte, einschließlich der Praxis bei Probenahme und Analyse. Die Auswertung der PAK-Messdaten war mit Hilfe der zu erstellenden bundesweiten PAK-Datenbank auszuführen. Schwerpunkte dieses Vorhabens waren:

- Erhebung zu derzeit in den Ländermessnetzen angewendeten Probenahmeverfahren,
- Erhebung zu derzeit angewendeten Extraktions- und Analysenmethoden,
- Klassifizierung und Dokumentation der PAK-Messstellen in Deutschland nach einheitlichen Kriterien,
- Entwicklung einer bundesweiten PAK-Datenbank,
- Charakterisierung der PAK-Belastung in der Bundesrepublik Deutschland durch Auswertung verfügbarer Messdaten auf der Basis einer Datenstatistik,
- Experimentelle Vergleiche von Probenahmegeräten,
- Sonderuntersuchungen zu Extraktions- und Analysenmethoden.

Im Rahmen der Arbeiten sollten die in *Tabelle 1-1* hervorgehobenen PAK-Komponenten vorrangig betrachtet werden.

Das Vorhaben schloss eine Mitarbeit in der DIN/VDI-Arbeitsgruppe „Messen polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe“ und in der Arbeitsgruppe CEN/TC 264 WG 21 ein, deren Aufgabe die Vorbereitung der EU-Tochterrichtlinie für PAK ist. Während der Laufzeit des

Forschungsvorhabens sind mehrere Entwürfe der Tochterrichtlinie konzipiert worden, wobei die Vorgaben des Entwurfes vom 16.07.2003 /KOM 03/ bei der Auswertung der PAK-Daten besonders berücksichtigt wurden.

**Tabelle 1-1: In Deutschland häufig gemessene PAK und deren Eigenschaften /DIN 00, LEW 96, VDI 96/**

Komponente	Symbol	Formel	Molekulargewicht	Siedepunkt °C	Dampfdruck Pa bei 25°C	Ringanzahl
Anthracen	ANC	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178,2	342	8,7*10 <sup>-4</sup>	3
<b>Benz[a]anthracen</b>	<b>BaA</b>	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228,3	435	1,5*10 <sup>-5</sup>	4
<b>Benzo[a]pyren</b>	<b>BaP</b>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252,3	496	7,3*10 <sup>-7</sup>	5
<b>Benzo[b]fluoranthren</b>	<b>BbF</b>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252,3	481	6,7*10 <sup>-5</sup>	5
<b>Benzo[e]pyren</b>	<b>BeP</b>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252,3	493	7,4*10 <sup>-7</sup>	5
Benzo[ghi]fluoranthren	BghiF	C <sub>18</sub> H <sub>10</sub>	226,3	432	?	5
<b>Benzo[ghi]perylene</b>	<b>BghiP</b>	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	276,3	525	1,3*10 <sup>-8</sup>	6
<b>Benzo[k]fluoranthren</b>	<b>BkF</b>	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252,3	480	2,1*10 <sup>-5</sup>	5
<b>Chrysen</b>	<b>CHR</b>	C <sub>18</sub> H <sub>12</sub>	228,3	448	8,4*10 <sup>-5</sup>	4
Coronen	COR	C <sub>24</sub> H <sub>12</sub>	300,4	525	2,0*10 <sup>-13</sup>	7
<b>Dibenzo[ah]anthracen</b>	<b>DBahA</b>	C <sub>22</sub> H <sub>14</sub>	278,4	524	1,3*10 <sup>-8</sup>	5
<b>Fluoranthren</b>	<b>FLU</b>	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202,3	375	6,5*10 <sup>-4</sup>	4
Fluoren	FLN	C <sub>13</sub> H <sub>10</sub>	166,0	295	1,1*10 <sup>-1</sup>	3
<b>Indeno[1,2,3-cd]pyren</b>	<b>INP</b>	C <sub>22</sub> H <sub>12</sub>	276,3	536	1,3*10 <sup>-8</sup>	6
Perylen	PER	C <sub>20</sub> H <sub>12</sub>	252,3	503	7,0*10 <sup>-10</sup>	5
Phenanthren	PHE	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178,2	340	2,0*10 <sup>-2</sup>	3
Pyren	PYR	C <sub>16</sub> H <sub>10</sub>	202,3	393	4,4*10 <sup>-4</sup>	4

## 2 PAK-Messungen in der Bundesrepublik Deutschland

### 2.1 Angewendete Probenahmeverfahren

Für einen Überblick über die in der Bundesrepublik Deutschland angewendeten Probenahmeverfahren zur Bestimmung der Luftbelastung mit polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen wurde im Rahmen des Vorhabens eine entsprechende Erhebung unter Einbeziehung aller Ländermessnetze durchgeführt. Die Messung der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe wird in der Bundesrepublik von den Landesumweltämtern selbst oder im Auftrag dieser durch Dritte ausgeführt. In *Tabelle 2.1-1* sind die dabei angewendeten Probenahmeverfahren zusammengestellt; diese Übersicht beruht auf Informationen der Landesumweltämter. Es wird offensichtlich, dass in Deutschland bisher **kein einheitliches Verfahren** zur Anwendung kommt.

Es kommen Low Volume Sampler, Medium Volume Sampler und High Volume Sampler verschiedener Hersteller zum Einsatz. Die Probenahmezeit beträgt in der Regel 24 Stunden, die Probenahmehäufigkeit 1-2 mal pro Woche. Die Messprogramme liefen in den vergangenen Jahren in einigen Ländern jedoch nicht kontinuierlich; zum Teil handelt es sich um zeitlich begrenzte Sondermessprogramme. Die Probenahme wurde in der 2. Hälfte der neunziger Jahre von TSP (Total Suspended Particles) auf die PM<sub>10</sub> - Fraktion umgestellt, und es werden

**Tabelle 2.1-1: Angewendete Probenahmeverfahren bei der Messung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: Juni 2002)**

Bundesland	Messende Institution	Erfasste Fraktion (*)	Absorbermaterial	Volumenstrom m <sup>3</sup> /h	Gerät Typ / Hersteller	Probenahme-kopf	Probenahme Dauer / Häufigkeit	Probentransport (Häufigkeit, Verpackung, Dauer)
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	TSP PM <sub>10</sub>	Glasfaser	30	HVS: DHA-80 DIGITEL	DIGITEL DPM 10/30	0 – 24 Uhr jeden 4. Tag	Koffer für Filterhalter, einige Stunden
<b>Sachsen-Anhalt</b>	Landesamt für Umweltschutz	TSP + gasf. PAK	Glasfaser, PUR	16	MVS: LIS/P USM Essen	VDI 2463 Bl. 9	0 – 24 Uhr jeden 5. Tag	Wöchentlich, Alu-Folie, 1 Stunde
		PM <sub>10</sub>	Glasfaser	30	HVS: DHA-80 DIGITEL	PM <sub>10</sub>	0 – 24 Uhr jeden 5. Tag	aller 2-3 Wochen, Koffer für Filterhalterung, 1 Stunde
<b>Sachsen</b>	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	TSP PM <sub>10</sub>	Glasfaser, ab 2000 Quarzfaser	30	HVS: DHA-80 DIGITEL	PM <sub>10</sub>	0 – 24 Uhr ab 2000 täglich	14-tägig, Transportkisten (Riemer), 1 – 3 Stunden
<b>Schleswig-Holstein</b>	Staatliches Umweltamt Itzehoe	TSP PM <sub>10</sub>	Glasfaser	3	LVS: Staubprobenwechselgerät AOA, Apparatebau Gauting, ab 2001 DIGITEL	Ringspaltkopf, PM <sub>10</sub>	0 – 24 Uhr 2 – 4 Filter pro Woche zu einer Probe	Aller 4 Wochen, geschlossene Kartusche, 1 – 2 Stunden
<b>Berlin</b>	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (NAFU Labor GmbH)	PM <sub>10</sub>	Quarzfaser	2,3	LVS: Kleinfiltergerät GS 050 DERENDA	PM <sub>10</sub>	0:05-23:55 Uhr 2 x 24 Std. pro Woche, Wochentage wechselnd	2 x pro Woche, geschlossene Teflon-Filterhalter, 1,5 Stunden
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen	TSP	Quarzfaser	30	HVS: DHA-80 DIGITEL	TSP oder PM <sub>10</sub>	0 – 24 Uhr jeden 2. Tag	Wöchentlich, Koffer für Filterhalter, 3 Stunden

- Umstellung auf PM<sub>10</sub> siehe Anhang C

**Tabelle 2.1-1 Fortsetzung: Angewendete Probenahmeverfahren bei der Messung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: Juni 2002)**

Bundesland	Messende Institution	Erfasste Fraktion (*)	Absorbermaterial	Volumenstrom m <sup>3</sup> /h	Gerät Typ / Hersteller	Probenahme-kopf	Probenahme Dauer / Häufigkeit	Probentransport (Häufigkeit, Verpackung, Dauer)
Brandenburg	Landesumweltamt Brandenburg	TSP oder PM <sub>10</sub>	Quarzfaser	2,3	LVS: µPNS, GS 050, MCZ DERENDA	TSP, PM <sub>10</sub> DERENDA	0 –24 Uhr 2 x pro Woche, Wochentage wechselnd	Petrischalen
Baden-Württemberg	UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit	TSP, PM <sub>10</sub>	Quarzfaser	3  30	LVS: GS 050 DERENDA,  HVS: DHA-80 DIGITEL	PM <sub>10</sub>	0 –24 Uhr 2 x pro Woche, Wochentage wechselnd	Transportbox, bis 1 Tag
Hessen	Hessische Landesanstalt für Umwelt und Geologie	TSP + gasf. PAK	Glasfaser, PUR	15	MVS: LIB Stranorski	TSP VDI 2463 Bl. 1 + 9	0 – 24 Uhr 2 x pro Woche	Spezialbehälter, 1 –2 Tage
Thüringen	Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie	TSP, PM <sub>10</sub> , gasf. PAK  PM <sub>10</sub>	Glasfaser, PUR  Glasfaser	1,5  30	LVS: VTEG Rietschle  HVS: DHA80 DIGITEL	PK50-PU/G  PM 10/30	0 – 24 Uhr 12 x pro Monat  0 – 24 Uhr jeden 2.Tag (z.T. 48 h Messung u. 48 h Pause)	Alu-Folie, gekühlt 1 – 5 Tage  Transportbox 1 x pro Monat, max. 2 Tage

\* Umstellung auf PM<sub>10</sub> siehe Anhang C

**Tabelle 2.2-1: Angewendete Analysenverfahren bei der Messung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: Juni 2002)**

Bundesland	Messende Institution	Extraktion				Analysenmethode	Bestimmungsgrenzen ng/m <sup>3</sup>	Referenzmaterial	Anzahl Blindwerte pro Messstelle und Jahr	
		Gerät	Extraktionsmittel	Extraktionsdauer	Temperatur °C				Feld	Labor
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>	Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie	Ultraschallbad	Toluol	30 min	20	HPLC mit DAD und Fluoreszenzdetektor	0,01 – 0,05	SRM1649a	k.A.	12
<b>Sachsen-Anhalt</b>	Landesamt für Umweltschutz	Soxhlett	Toluol	8 h	k.A.	GC-MS	0,01	SRM1649a USL 008	1	5
<b>Sachsen</b>	Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie	Ultraschallbad	Toluol	2 h	40	HPLC mit Fluoreszenzdetektor	0,05	NIST 1649a Urban dust	3	5
<b>Schleswig-Holstein</b>	Staatliches Umweltamt Itzehoe	Ultraschallbad	Toluol	30 min	30	HPLC mit Fluoreszenz- und UV-detektor	BaP: 0,04	NIST 1649a Urban dust	12	4
<b>Berlin</b>	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung (NAFU Labor GmbH)	Automated Solvent Extraction, ASE 200 Fa. Dionex	Toluol/ Aceton	20 min	120	GC-MS	0,05	Deuterierte interne Standards	4	1 pro Messreihe
<b>Nordrhein-Westfalen</b>	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen	Ultraschallbad	Toluol	2 h	25	HPLC mit Fluoreszenzdetektor	0,005	NIST 1649a Urban dust	50	52
<b>Baden-Württemberg</b>	UMEG Zentrum für Umweltmessungen, Umwelterhebungen und Gerätesicherheit	Wärmeextraktion	Toluol	30 min	110	HPLC mit Fluoreszenzdetektor	BaP: 0,05	SRM 1649	Stichprobenartige Blindwerte	
<b>Brandenburg</b>	Landesumweltamt Brandenburg	Ultraschallbad	Dichlormethan	2 x 15 min	25 - 30	HPLC mit Fluoresz. und UV-Detektor	0,02 für BkF bis 0,24 für Coronen	PM831A; PM831 Fa. Bakker	keine	8 - 10

vorrangig Glasfaserfilter verwendet. Gasförmige PAK wurden mit Hilfe der Absorption auf PUR-Schaum (Kartusche) nur in wenigen Fällen bestimmt. Wie aus *Tabelle 2.1-1* ersichtlich ist, gibt es auch beim Probentransport unterschiedliche Verfahrensweisen.

Die Übersicht verdeutlicht die bisher **uneinheitliche Probenahmeprozedur** für die PAK-Bestimmung in der Bundesrepublik Deutschland.

## 2.2 Probenaufbereitung und Analysenverfahren

Wie zwischen den Bundesländern keine Einheitlichkeit bei den PAK-Probenahmeverfahren besteht, so sind die Methoden der Probenaufbereitung und der Analyse ebenfalls sehr verschieden. Die Übersicht in *Tabelle 2.2-1* zeigt zwar, dass einige Verfahren bevorzugt angewendet werden (Extraktion: Ultraschallbad/Toluol; Analyse: HPLC mit Fluoreszenz-Detektor), aber zum Teil bei unterschiedlichen Bedingungen. So reicht zum Beispiel die Extraktionsdauer von 20 min bis zu 8 h und die Extraktionstemperatur von 20 °C bis zu 120 °C.

Es werden von den Labors auch verschiedene Referenzmaterialien verwendet und die Anzahl der ermittelten Blindwerte reicht von 1 Blindwert pro Messstelle und Jahr bis zu 50 Blindwerten pro Messstelle und Jahr. Die Bestimmungsgrenzen umfassen einen Bereich von 0,005 ng/m<sup>3</sup> bis 0,5 ng/m<sup>3</sup> für die bestimmten PAK-Komponenten; für Benzo[a]pyren werden 0,5 bzw. 0,8 ng/m<sup>3</sup> angegeben.

## 3 Messstellenklassifizierung

### 3.1 Kriterien

Die Immissionskonzentration der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe hängt stark vom Ort der jeweiligen Messung ab. Dies bedeutet, dass die Messstellen hinsichtlich der PAK-Belastung differenziert betrachtet werden müssen. Dazu wurde im Rahmen der Messstellendokumentation eine Messstellenklassifizierung nach einheitlichen Kriterien gemäß Ratsentscheidung der Kommission 2001/752/EG über den Datenaustausch vorgenommen. Es erfolgte eine Einstufung nach Gebiets- und nach Stationstyp, wobei die nachstehenden Klassifizierungskriterien als Richtlinie verwendet wurden.

**Tabelle 3.1-1: Einstufung der PAK-Messstellen nach Gebietstyp (Klassifizierungslevel 1)**

Gebietstyp		Charakterisierung
Symbol	Bezeichnung	
U	urban area	Geschlossenes bebautes Stadtgebiet (mit Ausnahme von Stadtparks ist das bebaute Gebiet nicht durch nichtstädtisches Gebiet unterbrochen)
S	suburban area	Stark bebautes Stadtgebiet, aber unterbrochen durch nichtstädtische Bereiche (z.B. Landwirtschaft, Seen, Wald etc.)
R	rural area	Alle Gebiete, die nicht den Stadt- oder Vorstadtgebieten zuzuordnen sind.

Die Gebietseinstufung erfolgte nach den in *Tabelle 3.1-1* aufgeführten Gebietstypen, die die Dichte möglicher Emissionsquellen widerspiegeln. Messstellen des Typs „rural area“ können auf Grund der Schadstoffausbreitung von Emissionsgebieten (Städte, Industriekomplexe) beeinflusst werden. Deshalb ist bei diesem Gebietstyp eine weitere Unterteilung hinsichtlich des



Abstandes zu diesen Emissionsgebieten erforderlich. Die dafür zugrundegelegten Kriterien sind aus *Tabelle 3.1-2* ersichtlich.

Neben der Zuordnung der Messstellen zu einem Gebietstyp ist eine Einschätzung der lokalen Beeinflussung der PAK-Messungen notwendig (Stationstyp), die entweder die Hauptemissionsquellen charakterisiert oder zu dem Schluss kommt, dass es sich bei der betrachteten Messstelle um einen Ort mit einer für den Gebietstyp typischen Grundbelastung handelt (*Tabelle 3.1-3*). Die zugrundegelegten Kriterien für die Einstufung der PAK-Messstellen gehen aus *Tabelle 3.1-4* hervor.

***Tabelle 3.1-2: Einstufung von „rural“-Messstellen hinsichtlich des Abstandes zu Hauptemissionsgebieten***

Typ der „rural“-Messstelle Symbol	Bezeichnung	Charakterisierung
NC	near-city area	Messstelle 3 – 10 km von Stadtgrenze entfernt
REG	regional area	Messstelle 10 – 50 km von Hauptemissionsgebieten entfernt
REM	remote area	Messstelle mehr als 50 km von Hauptemissionsgebieten entfernt

***Tabelle 3.1-3: Einstufung der PAK-Messstellen nach Stationstyp (Klassifizierungslevel 2)***

Stationstyp Symbol	Bezeichnung	Charakterisierung
T	traffic	Messstelle vorwiegend durch Verkehr beeinflusst
I	industrial	Messstelle vorwiegend durch Industrie beeinflusst
B	background	Messstelle mit Grundbelastung

Die Einstufung der Messstellen ist in einigen Fällen schwierig, da es immer Grenzfälle gibt und die genannten Kriterien (Mindestradien der Gebiete, Entfernungen, Verkehrsdichte) nur abgeschätzt werden können. Deshalb wurde noch jeweils eine Einschätzung der Verlässlichkeit der Klassifizierung wie folgt vorgenommen:

- **eindeutig sicher**,
- **wahrscheinlich sicher** (beinhaltet noch eine gewisse Unsicherheit vor allem bezüglich des Stationstyps),
- **unsicher** (Standort ist nicht eindeutig zuordenbar).

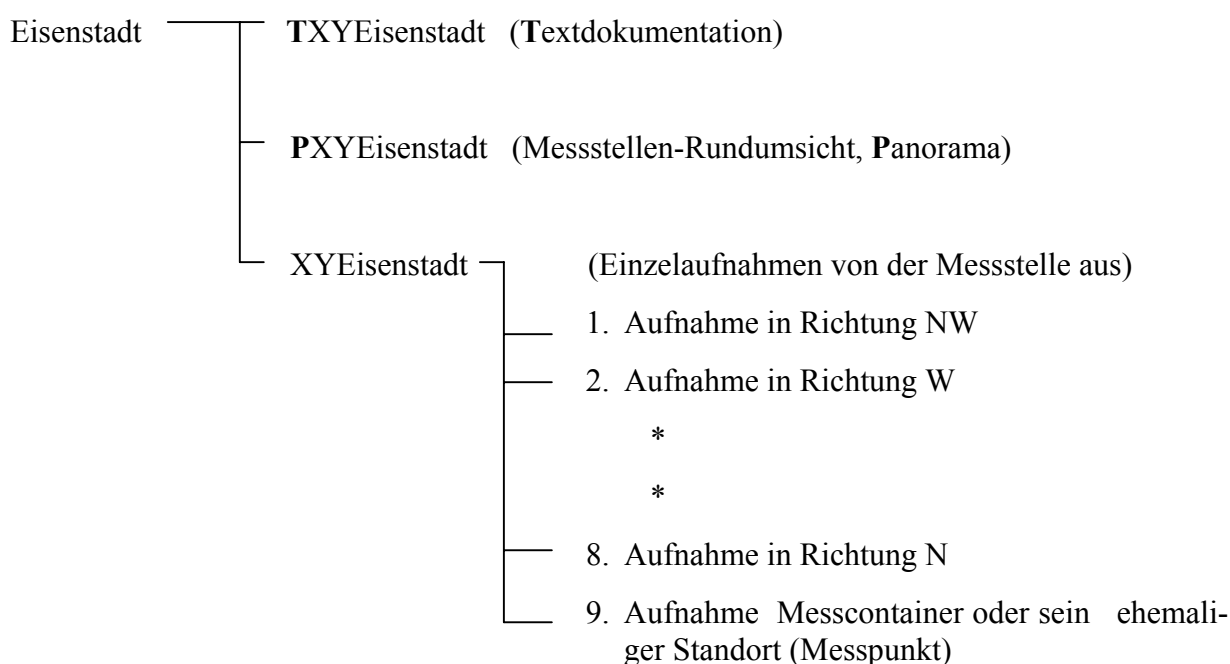
**Tabelle 3.1-4: Kriterien für die Klassifizierung der PAK-Messstellen**

Messstellenklasse		Kriterien
Symbol	Bezeichnung	
SB	suburban-background	Stark bebautes Gebiet mit nichtstädtischen Bereichen (wie Feld, 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 40m
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

### 3.2 Messstellendokumentation

Für jede PAK-Messstelle wurde eine Textdokumentation sowie eine Bilddokumentation erstellt. Diese enthalten neben den Angaben zum Betreiber, zum Standort und den Messzeiträumen auch die Klassifikation der Messstellen. Aufgenommen wurden ferner Informationen zur Messung anderer Luftschadstoffe. Als Beispiel ist aus *Tabelle 3.2-1* die Textdokumentation der PAK-Messstelle Leipzig-Mitte ersichtlich.

Die Bilddokumentation gibt es als Rundblick der Messstellenumgebung und als Einzelaufnahmen in 8 Haupthimmelsrichtungen von der Messstelle aus gesehen. *Abb. 3.2-1* zeigt als Beispiel die Bilddokumentation der PAK-Messstelle Pforzheim-Mitte. Die Dokumentationsdatei jeder Messstelle ist z.B. wie folgt gegliedert:



Die Messstellen-Rundumsicht ist als Word-Dokument und die Einzelaufnahmen als jpg-Dateien gespeichert. Die Symbole XY stehen für die Landesbezeichnungen (BW = Baden-Württemberg, BE = Berlin, BB = Brandenburg, HE = Hessen, HH = Hamburg, MV = Mecklenburg-Vorpommern, NW = Nordrhein-Westfalen, SN = Sachsen, ST = Sachsen-Anhalt oder SH = Schleswig-Holstein).

Die Textdokumentation enthält Angaben zu:

- Messstellenname / UBA-Code,
- Messnetzbezeichnung,
- Zuständige Landesbehörde,
- Messnetzverantwortlicher,
- Standort und Koordinaten der Messstelle,
- PAK-Messzeitraum,
- Messstellenklasse,
- Messung weiterer Luftschadstoffe (Messverfahren/Messgeräte),
- Angaben zur Probenahme.

Insgesamt wurden 176 PAK-Messstellen in 10 Bundesländern klassifiziert und bilddokumentarisch erfasst. Die Dokumentation der PAK-Messstellen ist dem vorliegenden Abschlussbericht nach Bundesländern als CD-ROM beigelegt.

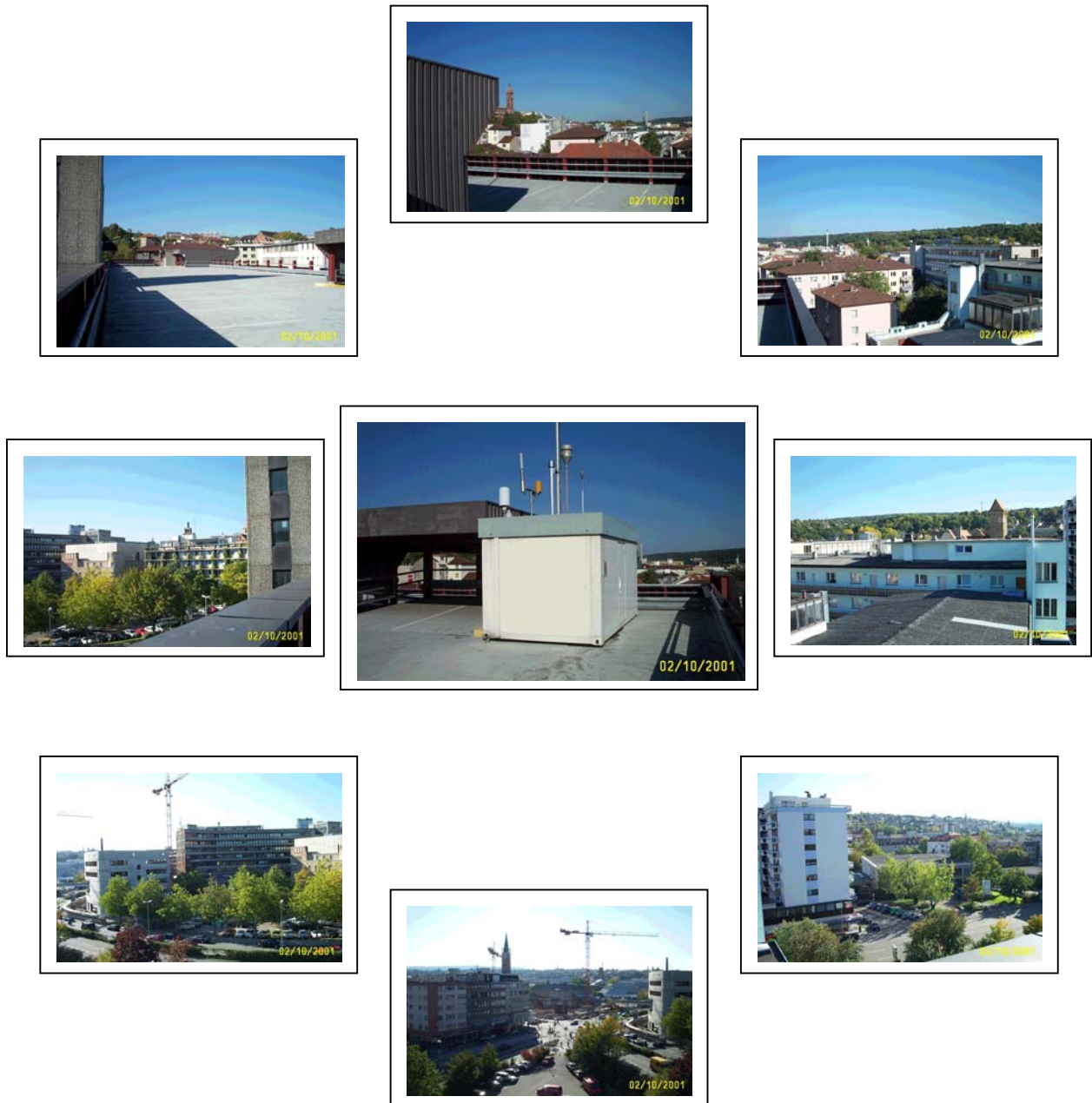
**Tabelle 3.2-1: Textdokumentation einer PAK-Messstelle (Beispiel Leipzig-Mitte)**

<b>Messung Polyzyklischer Aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK)</b> <b>Messstelle Leipzig-Mitte (UBA-Code: DESN025)</b>
--

Messnetzbezeichnung	Sächsisches Luftgütemessnetz
Zuständige Landesbehörde	Staatliche Umweltbetriebsgesellschaft Dresdner Strasse 78c 01445 Radebeul Tel.: 0351/8399 411 Fax: 0351/8399 444
Messnetzverantwortlicher	Dr. Ulrich Müller Altwahnsdorf 12 01445 Radebeul Tel.: 0351/8312 715 Fax: 0351/8312 720 e-mail: Ulrich.Mueller@ubg.smul.sachsen.de
Standort der Messstelle	Willy-Brandt-Platz/Am Hallischen Tor 04109 Leipzig
Koordinaten der Messstelle	<b>Rechtswert 4526350</b> <b>Hochwert 5689990</b> <b>Höhe über NN 110 m</b>
Messstellenbetrieb <b>PAK-Messzeitraum</b>	<b>seit 1/1998 (seit 2/1998 PM<sub>10</sub>)</b>
Messstellenklassifizierung	<b>Gebietstyp U</b> <b>Stationstyp T</b>
Genauigkeit der Einstufung	eindeutig sicher

Messung weiterer Luftschadstoffe an der PAK-Messstelle			
Kontinuierliche Messungen			
Komponente	Messverfahren	Messgerät (Typ/Hersteller)	
SO <sub>2</sub>	UV-Fluoreszenz	ML 9850 Monitor Labs	
NO <sub>x</sub>	Chemolumineszenz	CLD 700 ECO Physics	
VOC (BTX)	GC	CP 7001 Chrompack	
CO	NDIR	ML 9830 Monitor Labs	
O <sub>3</sub>	UV-Absorption	ML 9811 Monitor Labs	
PM 10	osz. Mikrowaage	TEOM 1400a MLU	
TSP	Beta-Strahlenabsorption	FH 62 IN FAG Kugelfischer	
Diskontinuierliche Messungen (Probenahme)			
Komponente	Gerätetyp	Durchsatzrate m <sup>3</sup> /h	Sammelzeit von ... bis
PM 10	Digitel	30	0 ... 24.00 Uhr
PM 2,5	Digitel	30	0 ... 24.00 Uhr
TSP	-	-	-
PAK	Digitel PM 10	30	0 ... 24.00 Uhr jeden 2.Tag
Ansaugleitung: zentral			
Ansaughöhe: ca. 3,5 m			

**Abb. 3.2-1:** *Bilddokumentation einer PAK-Messstelle und ihrer Umgebung (Beispiel Messstelle Pforzheim-Mitte)*



## **4 Erfassung der in Deutschland vorliegenden Daten**

### **4.1 Datenerfassung und Sichtung**

Im Rahmen dieser Arbeit wurden von allen Ländern, die PAK-Messungen durchführen, die verfügbaren Messdaten erfasst und in einer Datenbank gespeichert.

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

- der PAK-Messprogramme,
- der Messturni (Messungen über mehrere Jahre bis zu Messungen über einige Monate),
- der Art der vorliegenden Mittelwerte (Tages-, Zweitages-, Wochen-, Monatsmittel),
- des Messwerttyps
  - Messwerte der Partikel-, Gas- oder Gas- & Partikelphase,
  - in der Partikelphase: TSP-, PM<sub>10</sub>- oder PM<sub>2,5</sub>-Werte,
- der Mess- und damit Datendichte,
- der Form der Datenaufzeichnung.

### **4.2 PAK-Messprogramme der Länder seit 1986**

Die Auswertungen der vorliegenden Daten ergeben, dass insgesamt **35 verschiedene PAKs bzw. PAK-Summen** gemessen wurden (*Tabelle 4.2-1*).

Es wurden Daten von **elf Bundesländern** erfasst. Die Ländermessprogramme unterscheiden sich untereinander erheblich und unterliegen auch im zeitlichen Turnus Veränderungen. *Tabelle 4.2-2* enthält eine umfassende Übersicht der Messprogramme mit Informationen zu

- den gemessenen PAKs,
- der Anzahl der messenden Stationen,
- der gemessenen Phase (Partikel-, Gas- oder Gas- & Partikelphase). Die Partikelphase ist nochmals unterteilt in
  - TSP,
  - PM<sub>10</sub>,
  - PM<sub>2,5</sub>.

Der aufgezeichnete Messzeitraum reicht pauschal von 1986 bis 2002, wobei die Datendichte hinsichtlich einer deutschlandweiten Betrachtung zeitlich stark differiert; es liegen z.B. aus den Jahren 1986 bis 1993 immer nur Daten aus einem bis maximal zwei Ländern vor (siehe *Tabelle 4.2-2*). Eine auswertbare Datenbasis für repräsentative nationale Statistiken gibt es erst ab 1996.

Eine detaillierte Aufschlüsselung der Messprogramme auch nach den beteiligten Ländern enthält *Tabelle A-1* im Anhang A.

Der gesamte ursprüngliche Datenbestand ist in einer Datenbank mit dem Namen „Big\_DaBa“ erfasst, für die allerdings nur ein Minimum an Auswertungen, vorwiegend zur Messstatistik wie z.B. *Tabelle 4.2-2*, vorgesehen ist.

**Tabelle 4.2-1: Zusammenstellung aller erfassten PAKs**

<b>Einzelsubstanz/Summen</b>	<b>Kürzel</b>	<b>kanzerogen</b>	<b>EPA</b>
Acenaphten	ACN	+	x
Acenaphtylen	ACNY		x
Anthracen	ANC		x
Anthanthren	ANT	+	
Benz[a]anthracen	BaA	+	x
Benzo[a]chrysen	BaC		
Benzo[a]pyren	BaP	+	x
Benzo[b]chrysen	BbC		
Benzo[b]fluoranthren	BbF	+	x
Benzo[b]fluoren	BbFLN		
Benzo[b+j+k]fluoranthren	BbjkF		
Benzo[e]pyren	BeP	+	
Benzo[ghi]fluoranthren	BghiF	+	
Benzo[ghi]fluoranthren+Benzo[c]phenantren	BghiF+BcPH		
Benzo[ghi]perylen	BghiP	+	x
Benzo[k]fluoranthren	BkF	+	x
Benzo[b]naphtho[2,1-d]thiophen	BNT	+	
Chrysen	CHR	+	x
Chrysen+Triphenylen	CHR+TRI		
Coronen	COR		
Cyclopenta[cd]pyren	CPP	+	
Dibenzo[a,c+a,h]anthracen	DBacahA		
Dibenzo[a,h]anthracen	DBahA	+	x
Dibenzo[a,h]pyren	DBahP		
Dibenzo[a,j]anthracen	DBajA		
Dibenzo[a,l]pyren	DBalP		
7,12-Dimethylbenz[a]anthracen	DMBaA	+	
Fluoren	FLN		x
Fluoranthren	FLU		x
Indeno[1,2,3-cd]pyren	INP	+	x
2-Methylbenz[a]anthracen	MBaA		
Naphtalin	NAP		x
Perylen	PER		
Phenanthren	PHE		x
Pyren	PYR		x

**Tabelle 4.2-2: Datengrundlage PAK-Messungen – Anzahl der messenden Stationen nach Jahren**

Jahr	An- zahl Länder	Verfahren Phase	ACN	AC NY	ANC	ANT	BaA	BaC	BaP	BbC	BbF	Bb FLN	Bbjk F	BeP	Bghi F	BghiF + BcPh	Bghi P	BKF	BNT	CHR	CHR +TRI	COR	CPP	DBac ahA	DBah A	DBah P	DBaj A	DBal P	DMB aA	FLN	FLU	INP	MBa A	NAP	PER	PHE	PYR
1986	1	TSP	-	-	9	9	9	-	9	-	-	9	9	9	9	-	8	-	9	-	9	9	9	9	1	9	-	-	9	9	9	9	9	-	9	9	9
1987	1	TSP	-	-	13	13	13	-	13	-	-	13	13	13	13	-	12	-	13	-	13	13	13	9	5	13	-	4	13	13	13	13	13	-	13	13	13
1988	1	TSP	-	-	4	4	4	-	4	-	-	4	4	4	4	-	4	-	4	-	4	4	4	-	4	4	-	4	4	4	4	4	-	4	4	4	
1989	1	TSP	-	-	-	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	8	8	-	-	8	-	8
	1	GAS	-	-	-	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	8	8	-	-	8	-	8
1990	1	TSP	-	-	-	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	8	8	-	-	8	-	8
	1	GAS	-	-	-	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	8	8	-	-	8	-	8
1991	2	TSP	-	-	3	3	3	-	5	-	2	3	3	5	3	-	5	2	3	-	3	3	3	3	-	-	-	-	-	3	5	5	-	-	3	3	5
	1	GAS	-	-	1	1	1	-	1	-	-	1	1	1	1	-	1	-	1	-	1	1	1	1	-	-	-	-	1	1	1	-	-	1	1	1	
	1	G+P	-	-	3	3	3	-	3	-	-	3	3	3	3	-	3	-	3	-	3	3	3	3	-	-	-	-	-	3	3	3	-	-	3	3	3
1992	1	TSP	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2
1993	2	TSP	-	-	-	-	1	-	3	-	3	-	-	3	-	-	3	3	-	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	3
	1	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2	-	2	2	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2
1994	5	TSP	1	1	1	-	9	-	12	-	11	-	-	10	-	-	12	11	-	9	-	9	-	-	9	-	-	-	-	1	5	10	-	1	-	1	10
	1	PM10	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2	-	2	2	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2
1995	7	TSP	1	1	7	6	32	-	36	-	28	6	6	16	6	-	36	28	6	26	6	17	6	6	26	-	-	-	-	7	26	31	-	1	6	7	14
	1	PM10	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	1	GAS	-	-	6	6	6	-	6	-	-	6	6	6	6	-	6	-	6	-	6	6	6	6	-	-	-	-	6	6	6	-	-	6	6	6	
	2	G+P	-	-	6	9	9	-	9	-	-	6	9	9	6	3	9	-	9	-	9	9	6	9	-	-	-	-	-	6	9	9	-	-	9	6	9
1996	9	TSP	1	1	7	6	115	-	117	-	67	6	6	99	6	-	116	67	6	65	6	60	6	6	71	-	-	-	-	7	27	70	-	1	6	7	15
	2	PM10	-	-	-	-	2	-	4	-	2	-	-	2	-	-	4	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
	1	GAS	-	-	6	6	6	-	6	-	-	6	6	6	6	-	6	-	6	-	6	6	6	6	-	-	-	-	6	6	6	-	-	6	6	6	
	2	G+P	-	-	6	8	8	-	8	-	-	6	8	8	6	2	8	-	8	-	8	8	6	8	-	-	-	-	-	6	8	8	-	-	8	6	8
1997	8	TSP	1	1	1	-	111	-	114	-	64	-	-	95	-	-	113	64	-	62	-	55	-	-	75	-	-	-	-	1	20	60	-	1	-	1	8
	2	PM10	-	-	-	-	8	-	18	-	8	-	-	8	-	-	18	8	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	
	1	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2	
1998	6	TSP	1	1	1	-	104	-	105	-	51	-	-	84	-	-	104	51	-	51	-	56	-	-	75	-	-	-	-	1	19	48	-	1	-	1	2
	1	PM2,5	-	-	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-	
	6	PM10	-	-	-	1	27	-	37	-	28	-	1	17	1	1	37	29	1	26	1	6	1	1	15	-	-	-	-	-	11	26	-	-	1	-	4
	1	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2	
1999	6	TSP	1	1	1	1	62	-	63	-	13	-	1	55	1	1	62	14	1	13	1	54	1	1	60	-	-	-	-	1	9	9	-	1	1	1	7
	1	PM2,5	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	-	-	-	4	4	-	4	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	
	5	PM10	-	-	-	1	22	-	40	-	21	-	1	6	1	1	30	22	1	21	1	8	1	1	16	-	-	-	-	-	15	20	-	-	1	-	6
2000	5	TSP	1	1	1	1	59	-	59	-	6	-	1	58	1	1	59	7	1	6	1	57	1	1	58	-	-	-	-	1	3	7	-	1	1	1	7
	7	PM10	-	-	-	1	5	-	36	-	19	-	1	20	1	1	11	20	1	4	1	20	1	1	16	-	-	-	-	-	1	22	-	-	1	-	5
2001	3	TSP	-	-	-	1	1	1	15	1	1	-	1	2	1	1	14	2	1	-	1	15	1	1	-	-	-	-	-	2	2	-	-	1	-	1	
	9	PM10	2	2	2	1	14	1	84	1	30	-	1	32	1	1	34	31	1	13	1	44	1	1	23	-	1	-	-	2	6	33	-	2	1	2	14
	1	G+P	-	-	8	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	8	8	8	-	-	8	8	8



## 5 Datenbasis für die Datenbank „PAKStat“

### 5.1 Reduzierung des Datenpools auf 16 PAKs und auf Messungen ab 1996

Die Auswertungen zum Datenbestand zeigen hinsichtlich der zeitlichen Homogenität der Messungen in den Ländern bis 1995 einen sehr lückenhaften Bestand. Es handelt sich bis dahin nur um sporadisch stattfindende Messungen, die sich für spezielle Einzelaussagen möglicherweise auswerten lassen, keinesfalls aber Grundlage für eine Statistik sein können. Bezüglich der PAK-Messprogramme ist die Inhomogenität über den gesamten Zeitraum ebenfalls sehr groß (s. a. *Tabelle 4.2-2*).

Um einen Datensatz für belastbare statistische Auswertungen zu erhalten, wurde einerseits das Zeitfenster verkleinert und andererseits die Anzahl der PAK/PAK-Summen von 35 auf 16 (die in *Tabelle 5.1-1* enthaltenen EPA-PAKs + BeP und COR) reduziert. Der Auswertungszeitraum beginnt 1996; dort verdichtet sich der Datenpool merklich.

Auf dieser Basis wurde die im Rahmen dieser Arbeit erstellte Datenbank **PAKStat (PAK-Statistik)** erarbeitet. Die in den Menüs der Datenbank abrufbaren statistischen Auswertungen beziehen nur diese PAKs im Zeitrahmen von 1996 bis 2001 ein. Es ist jedoch zu beachten, dass die Datendichte für einige PAKs nach wie vor sehr gering ist, so dass Verallgemeinerungen auf Deutschlandebene sorgfältiger Analysen der Datenbasis bedürfen, die von der Datenbank unterstützt werden.

Auf Grund der unzureichenden Datenbasis für die Gas- bzw. Gas- & Partikelphase und die PM<sub>2,5</sub>-Werte wird ein Teil der Auswertungen auch nur für die Partikelphase (TSP und PM<sub>10</sub>) unterstützt /IFE 03/.

**Tabelle 5.1-1: PAKs des reduzierten Datenpools**

Einzelsubstanz	Kürzel	kanzerogen	EPA
Anthracen	ANC		x
Anthanthren	ANT	+	
Benz[a]anthracen	BaA	+	x
Benzo[a]pyren	BaP	+	x
Benzo[b]fluoranthren	BbF	+	x
Benzo[e]pyren	BeP	+	
Benzo[ghi]perylene	BghiP	+	x
Benzo[k]fluoranthren	BkF	+	x
Chrysen	CHR	+	x
Coronen	COR		
Dibenzo[a,h]anthracen	DBahA	+	x
Fluoren	FLN		x
Fluoranthren	FLU		x
Indeno[1,2,3-cd]pyren	INP	+	x
Phenanthren	PHE		x
Pyren	PYR		x

### 5.2 Messstatistik und Datenanalyse

#### 5.2.1 Messdichte / Datendichte der Länder

Es stehen Messungen aus **zehn Bundesländern** mit insgesamt **181 Messstationen** für eine Auswertung zur Verfügung. An **31 Standorten** wurde permanent von 1996 bis 2001 gemes-

sen, alle anderen Standorte sind mit kürzeren Messabschnitten vertreten. Daraus resultierend und bedingt durch die länderspezifischen Messprogramme hinsichtlich der PAK-Auswahl steht für statistische Betrachtungszeiträume (Auswertung Monatsmittel, Jahresmittel einzelner PAKs usw.) immer nur eine Untermenge der 181 Stationen zur Verfügung.

**Tabelle 5.2.1-1: Charakter und Datendichten der Urdaten (nach Ländern)**

<i>Land</i>	<i>Jahr</i>	<i>vorliegende Werte</i>	<i>mittlere Anzahl Werte pro Station</i>	<i>Anzahl Stationen</i>
Baden-Württemberg	1996	Monatsmittel	11,5	38
Baden-Württemberg	1997	Monatsmittel	12,0	38
Baden-Württemberg	1998	Monatsmittel	12,0	37
Baden-Württemberg	1999	Monatsmittel	10,2	10
Baden-Württemberg	2000	Monatsmittel	12,0	10
Baden-Württemberg	2001	Monatsmittel	12,0	36
Berlin	1996	Monatsmittel	12,0	2
Berlin	1997	Monatsmittel	12,0	2
Berlin	1998	Monatsmittel	11,0	2
Berlin	2000	Monatsmittel	6,0	2
Berlin	2001	Monatsmittel	6,0	2
Brandenburg	1996	Tagesmittel	64,3	6
Brandenburg	1997	Tagesmittel	54,9	13
Brandenburg	1998	Tagesmittel	46,3	10
Brandenburg	1999	Tagesmittel	47,0	10
Brandenburg	2000	Tagesmittel	64,4	5
Brandenburg	2001	Tagesmittel	54,1	7
Hessen	1996	Tagesmittel	44,7	6
Hessen	2001	Tagesmittel	99,8	8
Mecklenburg-Vorpommern	1996	Tagesmittel	89,0	4
Mecklenburg-Vorpommern	1997	Tagesmittel	82,0	4
Mecklenburg-Vorpommern	1998	Tagesmittel	85,7	3
Mecklenburg-Vorpommern	1999	Tagesmittel	85,2	5
Mecklenburg-Vorpommern	2000	Tagesmittel	86,0	3
Mecklenburg-Vorpommern	2001	Tagesmittel	85,8	4
Nordrhein-Westfalen	1996	Tagesmittel	46,3	44
Nordrhein-Westfalen	1997	Tagesmittel	47,0	49
Nordrhein-Westfalen	1998	Tagesmittel	44,4	53
Nordrhein-Westfalen	1999	Tagesmittel	48,1	48
Nordrhein-Westfalen	2000	Tagesmittel	42,8	52
Nordrhein-Westfalen	2001	Tagesmittel	123,8	23
Sachsen	1996	Tagesmittel	173,4	16
Sachsen	1997	Tagesmittel	168,9	16
Sachsen	1998	Tagesmittel	151,4	18
Sachsen	1999	Tagesmittel	214,3	14
Sachsen	2000	Tagesmittel	178,6	15
Sachsen	2001	Tagesmittel	166,9	14
Sachsen-Anhalt	1996	Tagesmittel	108,0	4
Sachsen-Anhalt	1997	Tagesmittel	116,0	4
Sachsen-Anhalt	1998	Tagesmittel	96,2	6
Sachsen-Anhalt	1999	Tagesmittel	86,0	5
Sachsen-Anhalt	2000	Tagesmittel	68,0	2
Sachsen-Anhalt	2001	Tagesmittel	61,0	2
Schleswig-Holstein	1999	Wochenmittel	34,5	4
Schleswig-Holstein	2000	Wochenmittel	46,0	4
Schleswig-Holstein	2001	Tagesmittel	51,9	7
Thüringen	1996	Monatsmittel	12,0	1
Thüringen	1997	Monatsmittel	12,0	1
Thüringen	1998	Monatsmittel	12,0	1
Thüringen	1999	Monatsmittel	11,0	1
Thüringen	2000	Monatsmittel	12,0	1
Thüringen	2001	Monatsmittel / Zweitagesmittel	12,0 / 95,0	2

Weiterhin ist die Art der übergebenen Daten unterschiedlich, sie repräsentieren in Abhängigkeit von den Ländern Werte vom Monatsmittel bis zum Tagesmittel. Auch die Anzahl der Messungen pro Jahr für die Datengruppe der Tagesmittel differiert länderabhängig stark. Sie reichen von etwa 45 (Nordrhein-Westfalen) bis etwa 180 Messungen/Jahr (Sachsen). *Tabelle 5.2.1-1* 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 i.a. homogen für alle Stationen, so dass die mittlere Anzahl Werte pro Station eines Bundeslandes als allgemeingültige Aussage für jede Station dieses Landes und für jedes dort gemessene PAK gerechtfertigt ist. Die Nichtganzzahligkeit resultiert aus Messausfällen.

### 5.2.2 Messdichte / Datendichte der PAKs

In *Tabelle 5.2.2-1* ist für den reduzierten Datenpool und den Betrachtungszeitraum von 1996 bis 2001 für jedes PAK und 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 PAKs auf Grund der Datenlage statistische Untersuchungen für eine deutschlandweite Aussage nicht oder nur sehr bedingt in Frage kommen (z.B. Anthracen, Anthanthren, Phenantren, Fluoren).

**Tabelle 5.2.2-1: PAK-Messungen der Länder - Anzahl der Messstationen für jedes PAK (reduzierter Datenpool)**

Jahr	Verfahren	Land	ANC	ANT	BaA	BaP	BbF	BeP	BghiP	BkF	CHR	COR	DBahA	FLN	FLU	INP	PHE	PYR
1996	TSP	Baden-Württemberg	-	-	38	38	38	38	38	38	38	-	-	-	-	38	-	-
	TSP	Berlin	-	-	-	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	2	-	-
	TSP	Brandenburg	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	4	4	-	4
	TSP	Hessen	6	6	6	6	-	6	6	-	-	6	-	6	6	6	6	6
	TSP	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	3	-	4
	TSP	Nordrhein-Westfalen	-	-	44	44	-	44	44	-	-	44	44	-	-	-	-	-
	TSP	Sachsen	-	-	16	16	16	-	15	16	16	-	16	-	16	16	-	-
	TSP	Sachsen-Anhalt	-	-	2	2	2	-	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-
	TSP	Thüringen	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
	PM10	Baden-Württemberg	-	-	2	2	2	2	2	2	2	-	-	-	-	2	-	-
	PM10	Brandenburg	-	-	-	2	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-
	GAS	Hessen	6	6	6	6	-	6	6	-	-	6	-	6	6	6	6	6
	G+P	Hessen	6	6	6	6	-	6	6	-	-	6	-	6	6	6	6	6
	G+P	Sachsen-Anhalt	-	2	2	2	-	2	2	-	-	2	-	-	2	2	-	2
1997	TSP	Baden-Württemberg	-	-	36	36	36	36	36	36	36	-	-	-	-	36	-	-
	TSP	Berlin	-	-	-	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	2	-	-
	TSP	Brandenburg	-	-	3	4	3	3	4	3	3	-	3	-	3	3	-	3
	TSP	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	2	-	4
	TSP	Nordrhein-Westfalen	-	-	49	49	-	49	49	-	-	49	49	-	-	-	-	-
	TSP	Sachsen	-	-	16	16	16	-	15	16	16	-	16	-	16	16	-	-
	TSP	Sachsen-Anhalt	-	-	2	2	2	-	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-
	TSP	Thüringen	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
	PM10	Baden-Württemberg	-	-	8	8	8	8	8	8	8	-	-	-	-	8	-	-
	PM10	Brandenburg	-	-	-	10	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	G+P	Sachsen-Anhalt	-	2	2	2	-	2	2	-	-	2	-	-	2	2	-	2

**Fortsetzung Tabelle 5.2.2-1: PAK-Messungen der Länder - Anzahl der Messstationen für jedes PAK (reduzierter Datenpool)**

Jahr	Verfahren	Land	ANC	ANT	BaA	BaP	BbF	BeP	BghiP	BkF	CHR	COR	DBahA	FLN	FLU	INP	PHE	PYR
1998	TSP	Baden-Württemberg	-	-	29	29	29	29	29	29	29	-	-	-	-	29	-	-
	TSP	Brandenburg	-	-	1	2	1	1	2	1	1	-	1	-	1	1	-	1
	TSP	Nordrhein-Westfalen	-	-	53	53	-	53	53	-	-	53	53	-	-	-	-	-
	TSP	Sachsen	-	-	17	17	17	-	16	17	17	-	17	-	17	17	-	-
	TSP	Sachsen-Anhalt	-	-	3	3	3	-	3	3	3	3	3	-	-	-	-	-
	TSP	Thüringen	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
	PM2,5	Sachsen	-	-	2	2	2	-	2	2	2	-	2	-	2	2	-	-
	PM10	Baden-Württemberg	-	-	11	11	11	11	11	11	11	-	-	-	-	11	-	-
	PM10	Berlin	-	-	-	2	2	2	2	2	-	-	-	-	-	2	-	-
	PM10	Brandenburg	-	-	-	8	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM10	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	2	-	3
	PM10	Sachsen	-	-	10	10	10	-	10	10	10	-	10	-	10	10	-	-
	PM10	Sachsen-Anhalt	-	1	3	3	2	1	3	3	2	3	2	-	1	1	-	1
	G+P	Sachsen-Anhalt	-	2	2	2	-	2	2	-	-	2	-	-	2	2	-	2
1999	TSP	Brandenburg	-	-	1	2	1	1	2	1	1	-	1	-	1	1	-	1
	TSP	Nordrhein-Westfalen	-	-	48	48	-	48	48	-	-	48	48	-	-	-	-	-
	TSP	Sachsen	-	-	6	6	6	-	5	6	6	-	6	-	6	6	-	-
	TSP	Sachsen-Anhalt	-	1	2	2	1	1	2	2	1	2	1	-	1	1	-	1
	TSP	Schleswig-Holstein	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	3	-	-	-	-	4
	TSP	Thüringen	1	-	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
	PM2,5	Sachsen	-	-	4	4	4	-	4	4	4	-	4	-	4	4	-	-
	PM10	Baden-Württemberg	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM10	Brandenburg	-	-	-	8	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM10	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-	5	-	5
	PM10	Sachsen	-	-	14	14	14	-	14	14	14	-	14	-	14	14	-	-
	PM10	Sachsen-Anhalt	-	1	3	3	2	1	3	3	2	3	2	-	1	1	-	1
2000	TSP	Brandenburg	-	-	1	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1	1	-	1
	TSP	Nordrhein-Westfalen	-	-	52	52	-	52	52	-	-	52	52	-	-	-	-	-
	TSP	Sachsen-Anhalt	-	1	1	1	-	1	1	1	-	1	-	-	1	1	-	1
	TSP	Schleswig-Holstein	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	4	-	4
	TSP	Thüringen	1	-	1	1	1	-	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
	PM10	Baden-Württemberg	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM10	Berlin	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-
	PM10	Brandenburg	-	-	-	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM10	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3	-	-	-	3	-	3
	PM10	Sachsen	-	-	-	15	15	15	-	15	-	15	15	-	-	15	-	-
	PM10	Sachsen-Anhalt	-	1	1	1	-	1	1	1	-	1	-	-	1	1	-	1
	PM10	Schleswig-Holstein	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	-	1
2001	TSP	Brandenburg	-	-	-	1	1	1	1	1	-	1	-	-	1	1	-	-
	TSP	Nordrhein-Westfalen	-	-	-	13	-	-	13	-	-	13	-	-	-	-	-	-
	TSP	Sachsen-Anhalt	-	1	1	1	-	1	1	1	-	1	-	-	1	1	-	1
	PM10	Baden-Württemberg	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM10	Berlin	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2	-	-
	PM10	Brandenburg	-	-	-	6	3	6	6	3	-	6	-	-	3	3	-	-
	PM10	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	4	4	4	4	4	4	4	4	-	-	-	4	-	4
	PM10	Nordrhein-Westfalen	-	-	-	12	-	-	12	-	-	12	-	-	-	-	-	-
	PM10	Sachsen	-	-	-	14	14	14	-	14	-	14	14	-	-	14	-	-
	PM10	Sachsen-Anhalt	-	1	1	1	-	1	1	1	-	1	-	-	1	1	-	1
	PM10	Schleswig-Holstein	-	-	7	7	7	7	7	7	7	7	7	-	-	7	-	7
	PM10	Thüringen	2	-	2	2	2	-	2	2	2	-	2	2	2	2	2	2
	G+P	Hessen	8	8	8	8	-	8	8	-	-	8	-	8	8	8	8	8

### 5.2.3 Messdichte / Datendichte der Messstationenkategorien

#### 5.2.3.1 Einstufung der PAK-Messstellen

Die Einstufung der Messstellen nach Gebiets- und Stationstypen mit ihrer Unterteilung in verschiedene Level ist ausführlich im Kapitel 3 beschrieben. Die Tabellen 5.2.3-1 und 5.2.3-2 geben noch einmal einen Überblick über die wesentlichen Charakteristika der verschiedenen Messstationentypen.

**Tabelle 5.2.3-1: Einstufung der PAK-Messstellen nach Gebietstyp**

Gebietstyp		Charakterisierung
Symbol	Bezeichnung	
U	urban area	Geschlossenes bebautes Stadtgebiet (mit Ausnahme von Stadtparks ist das bebaute Gebiet nicht durch nichtstädtisches Gebiet unterbrochen)
S	suburban area	Stark bebautes Stadtgebiet, aber unterbrochen durch nichtstädtische Bereiche (z.B. Landwirtschaft, Seen, Wald etc.)
R	rural area	Alle Gebiete, die nicht den Stadt- oder Vorstadtgebieten zuzuordnen sind.

**Tabelle 5.2.3-2: Einstufung der PAK-Messstellen nach Stationstyp**

Stationstyp		Charakterisierung
Symbol	Bezeichnung	
T	traffic	Messstelle vorwiegend durch Verkehr beeinflusst
I	industrial	Messstelle vorwiegend durch Industrie beeinflusst
B	background	Messstelle mit Grundbelastung

Die Kürzel für den **Gebietstyp** und den **Stationstyp** werden im folgenden zu einer Einheit zusammengezogen, die im weiteren Bericht als „**Stationskategorie**“ bezeichnet wird (z.B. „UT“ für urban area, traffic, „UB“ für urban area, background).

### 5.2.3.2 Datendichte nach beteiligten Ländern

Anhand der Datenanalyse hat sich 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.

Tabelle 5.2.3-3 gibt die Anzahl der Stationen in den einzelnen Stationskategorien für die Länder an. Gut besetzt sind die Stationskategorien SB und UT, was zum einen auf die umfangreichen Messprogramme von Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg zurückzuführen ist und zum anderen dadurch, dass die Messnetze schrittweise zu Multikomponentenstationen ausgebaut wurden. Die Stationskategorien RI, RT, UI sind wegen unzureichender Datenbasis statistisch nicht auswertbar.

Es ist bei der Beurteilung der Datenlage noch zu beachten, dass als weitere Dimension dieser Tabelle die PAKs hinzukommen, die bei weitem nicht alle an allen Stationen gemessen wurden. Deshalb ist Tabelle 5.2.3-3 die Maximaltabelle, die nur für Benzo[a]pyren gilt, die Komponente, die an allen Messstellen gemessen wurde. Für jedes andere PAK ist die Messdichte kleiner.

Die detaillierte Aufstellung zur Stationencharakterisierung über den gesamten Erfassungszeitraum ab 1986 ist im Anhang A Tabelle A-2 zu finden.

**Tabelle 5.2.3-3: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie**

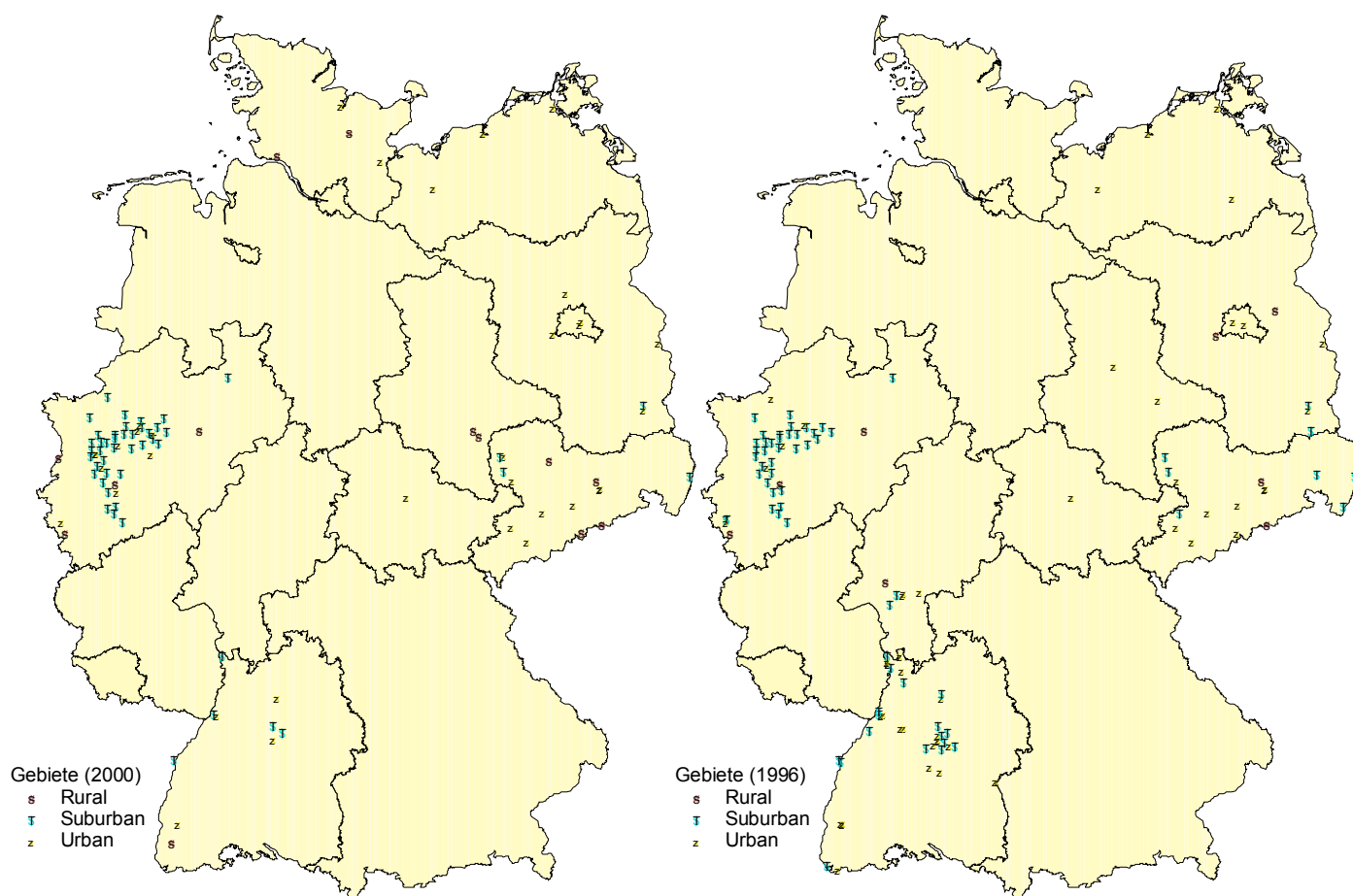
Jahr	Land	Verfahren	SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT	Summe
1996	Baden-Württemberg	TSP	9	3	5	3	-	18	-	-	-	38
	Baden-Württemberg	PM10	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
	Brandenburg	TSP	2	-	-	-	-	-	2	-	-	4
	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
	Hessen	TSP	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
	Hessen	GAS	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
	Hessen	G+P	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
1997	Nordrhein-Westfalen	TSP	28	2	6	2	1	2	3	-	-	44
	Baden-Württemberg	TSP	9	2	4	3	-	18	-	-	-	36
	Baden-Württemberg	PM10	-	1	1	-	-	6	-	-	-	8
	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	1	2	-	-	4
	Brandenburg	PM10	-	-	1	-	-	9	-	-	-	10
	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
	Nordrhein-Westfalen	TSP	30	2	7	2	1	3	3	-	1	49
	Sachsen	TSP	-	1	5	-	-	8	2	-	-	16
1998	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	Baden-Württemberg	TSP	8	2	4	3	-	12	-	-	-	29
	Baden-Württemberg	PM10	-	2	2	1	-	6	-	-	-	11
	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2
	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8
	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3
1999	Nordrhein-Westfalen	TSP	33	2	7	3	1	3	3	-	1	53
	Sachsen	TSP	-	1	5	-	-	9	2	-	-	17
	Sachsen	PM2,5	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2
	Sachsen	PM10	-	-	1	-	-	8	1	-	-	10
	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	-	-	-	2	-	-	-	3
	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	1	3
	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	Baden-Württemberg	PM10	3	1	1	-	-	4	1	-	-	10
2000	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2
	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8
	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	-	3	-	-	2	5
	Nordrhein-Westfalen	TSP	29	2	7	2	1	3	3	-	1	48
	Sachsen	TSP	-	1	1	-	-	2	2	-	-	6
	Sachsen	PM2,5	-	-	-	-	-	3	1	-	-	4
	Sachsen	PM10	-	1	2	-	-	8	3	-	-	14
	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	1	3
2001	Schleswig-Holstein	TSP	-	-	-	-	-	2	1	1	-	4
	Schleswig-Holstein	PM10	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
	Baden-Württemberg	PM10	9	2	6	2	-	14	1	-	2	36
	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1

**Fortsetzung Tabelle 5.2.3-3: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie**

Jahr	Land	Verfahren	SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT	Summe
2001	Brandenburg	PM10	-	-	-	2	-	4	-	-	-	6
	Hessen	G+P	-	-	-	-	-	7	1	-	-	8
	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	1	-	-	-	-	3	-	-	-	4
	Nordrhein-Westfalen	TSP	3	1	1	1	5	1	1	-	-	13
	Nordrhein-Westfalen	PM10	7	-	2	-	-	3	-	-	-	12
	Sachsen	PM10	-	-	2	1	-	8	3	-	-	14
	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
	Schleswig-Holstein	PM10	-	-	-	-	-	5	1	1	-	7
	Thüringen	PM10	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2

**5.2.3.3 Datendichte nach Gebiets- und Stationstypen**

Die Verteilung der PM<sub>10</sub>- und TSP-Messstationen nach Gebietstypen in der Bundesrepublik zeigt *Abbildung 5.2.3-1* exemplarisch für die Jahre 1996 und 2000. Über den gesamten Zeitraum von 1996 bis 2001 gibt es keine großräumigen Veränderungen, nur Verschiebungen innerhalb der Länder, da sich die Anzahl der an den Messungen beteiligten Länder nicht oder nur unwesentlich ändert.



**Abb. 5.2.3-1: Verteilung der PAK-Messstationen nach Gebietstypen (PM<sub>10</sub> - und TSP - Messstationen)**

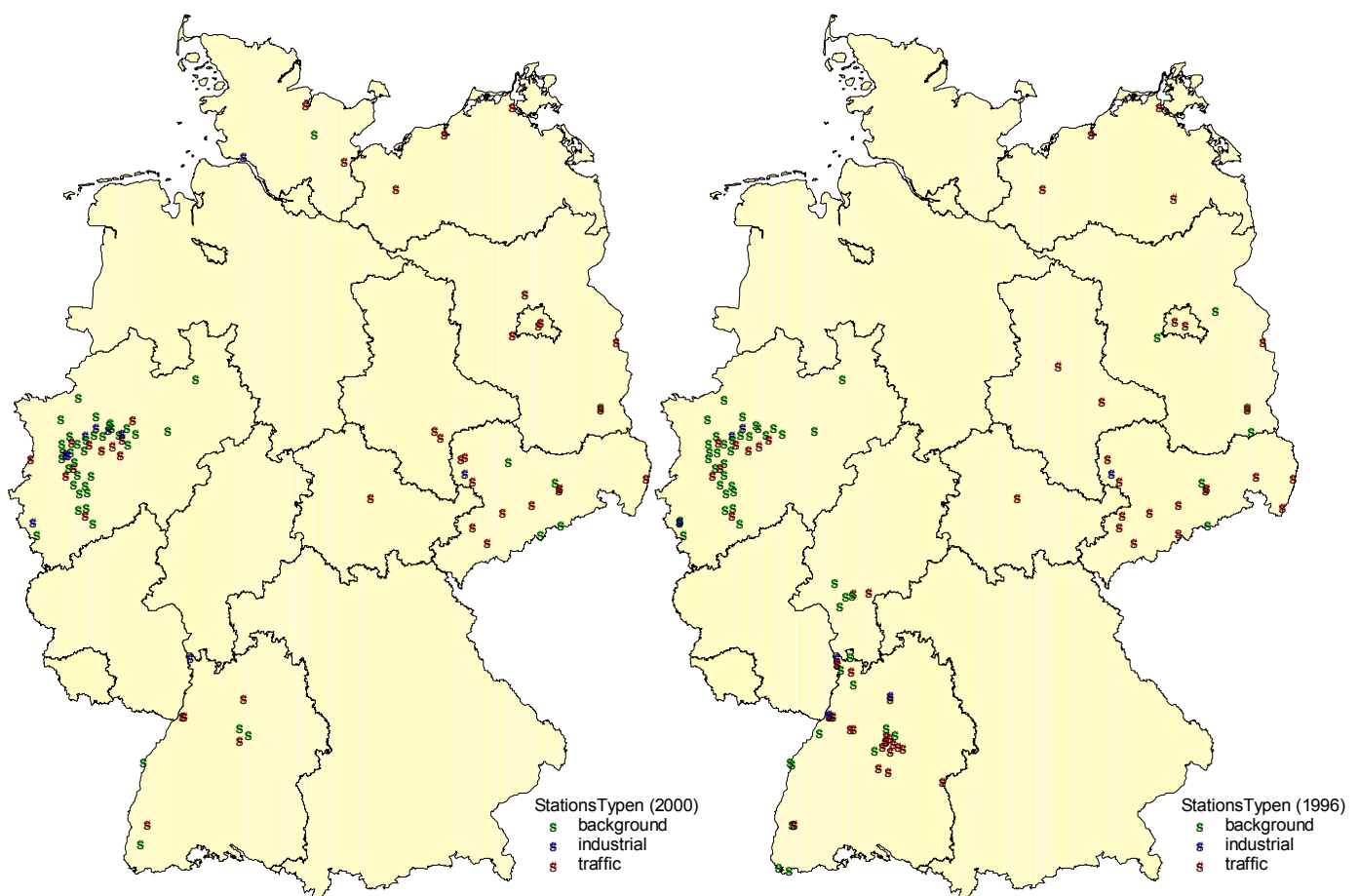
Die Verteilung der  $PM_{10}$ - und TSP-Messstationen in der Bundesrepublik nach Stationstypen ist in *Abbildung 5.2.3-2* exemplarisch für die Jahre 1996 und 2000 dargestellt. Auch hier sind aus den obengenannten Gründen keine großräumigen Veränderungen zu erkennen.

Den Anteil an Stationen der beteiligten Länder bezogen auf die Gesamtzahl der messenden Stationen hinsichtlich der verschiedenen Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt *Tabelle 5.2.3-4*. Weiterhin sind aus dieser Tabelle die Verlagerungen der Schwerpunkte von Ländermessprogrammen in einzelnen Zeitabschnitten ablesbar.

Während Baden-Württemberg z.B. im Jahr 1996 noch 43,8% aller in Deutschland im städtischen Milieu messenden Stationen betrieb, sind es im Jahre 2001 noch 30,8% nach einem starken Rückgang in den Jahren 1999 und 2000 auf 11%.

Zwischen 1996 und 2000 wurden zwischen 60 und 75% aller Backgroundstationen in Nordrhein-Westfalen betrieben, im Jahr 2001 sind es nur noch 35,3%.

Weiterhin ist sowohl aus den *Abbildungen 5.2.3-1 und 5.2.3-2* als auch aus *Tabelle 5.2.3-4* ersichtlich, dass Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen auf Grund ihrer großen Messstellenanzahl fast alle Gruppen dominieren.



**Abb. 5.2.3-2: Verteilung der PAK-Messstationen nach Stationstypen ( $PM_{10}$ - und TSP - Messstationen)**



**Tabelle 5.2.3-4: Prozentualer Anteil der Länder an der Gesamtanzahl Stationen nach Gebiets- und Stationstypen**

<i>Jahr</i>	<i>Land</i>	<i>suburban</i>	<i>urban</i>	<i>rural</i>	<i>back-ground</i>	<i>industrial</i>	<i>traffic</i>
1996	Baden-Württemberg	29,2%	43,8%		21,8%	50,0%	41,4%
	Berlin		4,2%				3,4%
	Brandenburg	3,1%	4,2%	25,0%	7,3%		3,4%
	Hessen	3,1%	6,3%	12,5%	7,3%		3,4%
	Mecklenburg-Vorpommern		8,3%				6,9%
	Nordrhein-Westfalen	55,4%	10,4%	37,5%	60,0%	37,5%	13,8%
	Sachsen	9,2%	16,7%	25,0%	3,6%	12,5%	22,4%
	Sachsen-Anhalt		4,2%				3,4%
	Thüringen		2,1%				1,7%
	Gesamtanzahl Stationen	65	48	8	55	8	58
1997	Baden-Württemberg	26,6%	45,0%		23,1%	42,9%	39,7%
	Berlin		3,3%				2,7%
	Brandenburg	3,1%	16,7%	25,0%	5,8%		15,1%
	Mecklenburg-Vorpommern		6,7%				5,5%
	Nordrhein-Westfalen	60,9%	10,0%	50,0%	67,3%	42,9%	15,1%
	Sachsen	9,4%	13,3%	25,0%	3,8%	14,3%	17,8%
	Sachsen-Anhalt		3,3%				2,7%
	Thüringen		1,7%				1,4%
	Gesamtanzahl Stationen	64	60	8	52	7	73
1998	Baden-Württemberg	26,1%	34,4%		21,4%	44,4%	31,2%
	Berlin		3,1%				2,6%
	Brandenburg	1,4%	12,5%	11,1%	3,6%		10,4%
	Mecklenburg-Vorpommern		4,7%				3,9%
	Nordrhein-Westfalen	60,9%	10,9%	44,4%	69,6%	33,3%	14,3%
	Sachsen	10,1%	26,6%	33,3%	5,4%	11,1%	29,9%
	Sachsen-Anhalt	1,4%	6,3%	11,1%		11,1%	6,5%
	Thüringen		1,6%				1,3%
	Gesamtanzahl Stationen	69	64	9	56	9	77
1999	Baden-Württemberg	12,0%	11,1%	11,8%	13,0%	12,5%	10,2%
	Brandenburg		22,2%				16,3%
	Hessen						
	Mecklenburg-Vorpommern		8,3%	11,8%			10,2%
	Nordrhein-Westfalen	76,0%	16,7%	23,5%	73,9%	37,5%	22,4%
	Sachsen	10,0%	27,8%	29,4%	10,9%	25,0%	26,5%
	Sachsen-Anhalt	2,0%	5,6%	11,8%		12,5%	8,2%
	Schleswig-Holstein		5,6%	11,8%	2,2%	12,5%	4,1%
	Thüringen		2,8%				2,0%
	Gesamtanzahl Stationen	50	36	17	46	8	49
2000	Baden-Württemberg	10,6%	11,4%	7,7%	9,1%	10,0%	12,2%
	Berlin		5,7%				4,9%
	Brandenburg	2,1%	11,4%		2,3%		9,8%
	Mecklenburg-Vorpommern		8,6%				7,3%
	Nordrhein-Westfalen	80,9%	28,6%	30,8%	77,3%	70,0%	26,8%
	Sachsen	6,4%	22,9%	30,8%	9,1%	10,0%	24,4%
	Sachsen-Anhalt			15,4%			4,9%
	Schleswig-Holstein		8,6%	15,4%	2,3%	10,0%	7,3%
	Thüringen		2,9%				2,4%
	Gesamtanzahl Stationen	47	35	13	44	10	41
2001	Baden-Württemberg	45,9%	30,8%	30,0%	35,3%	20,0%	40,0%
	Berlin		3,8%				3,6%
	Brandenburg	2,7%	11,5%		8,8%		7,3%
	Mecklenburg-Vorpommern	2,7%	5,8%		2,9%		5,5%
	Nordrhein-Westfalen	37,8%	19,2%	10,0%	35,3%	60,0%	12,7%
	Sachsen	5,4%	17,3%	30,0%	11,8%		18,2%
	Sachsen-Anhalt	5,4%				10,0%	1,8%
	Schleswig-Holstein		9,6%	20,0%	2,9%	10,0%	9,1%
	Thüringen		1,9%	10,0%	2,9%		1,8%
	Gesamtanzahl Stationen	37	52	10	34	10	55

Eine Zusammenfassung aller erfassten Messstationen nach Gebiets- bzw. Stationstypen zeigt, dass zwischen 85% und 95% der Stationen in den Betrachtungsjahren Messstellen im städtischen oder vorstädtischen Milieu und immer über 90% der Stationen Background- oder Verkehrsmessstellen sind (*Tabelle 5.2.3-5*).

**Tabelle 5.2.3-5: Prozentuale Anteile aller Messstationen nach Gebiets- und Stationstypen**

<i>Jahr</i>	<i>suburban</i>	<i>Gebietstyp urban</i>	<i>rural</i>	<i>background</i>	<i>Stationstyp industrial</i>	<i>traffic</i>
1996	51,1%	41,5%	7,4%	47,4%	5,9%	46,7%
1997	47,8%	46,3%	6,0%	38,8%	5,2%	56,0%
1998	47,3%	45,9%	6,8%	39,0%	6,2%	54,8%
1999	46,7%	36,4%	16,8%	43,9%	7,5%	48,6%
2000	49,5%	36,8%	13,7%	46,3%	10,5%	43,2%
2001	34,6%	55,1%	10,3%	32,7%	9,3%	57,9%

### **5.3 Statistik der $PM_{10}$ - und TSP-Messstationen der Bundesrepublik**

#### **5.3.1 Zielstellung**

Auf Grund der Vielfalt der vorliegenden Daten ist die Auswertung nach verschiedenen, innerhalb der folgenden Punkte einander ausschließenden, aber zwischen den Punkten beliebig kombinierbaren Kriterien möglich. Das sind Auswertungen nach:

1. gemessenem PAK (16) oder nach PAK-Summe,
2. gemessener Phase (Gas-, Partikel-, Gas & Partikel-Phase),
3. gemessener Fraktion ( $PM_{2,5}$ ,  $PM_{10}$ , TSP, wobei für Trendberechnungen TSP mit Hilfe eines Faktors in  $PM_{10}$  überführt wird),
4. Stationskategorien (9),
5. Ländern (10) oder national,
6. Jahren (6).

Das ergibt eine enorme Anzahl Möglichkeiten (über 3.000 für jedes PAK) und erklärt, warum die Datendichte trotz **50.000 erfasster Messwerte** für manche Kombination zu gering ist. Deshalb wird im Folgenden zur Information eine umfassende Messwertstatistik durchgeführt.

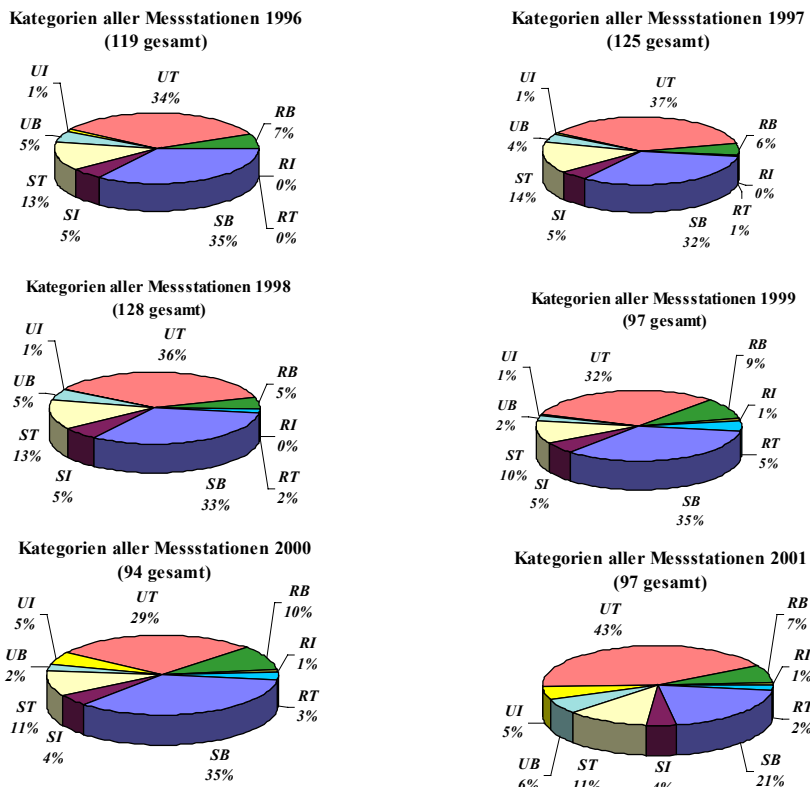
Anhand der *Tabelle 5.2.2-1* ist zu sehen, dass die Messwerte der Gas- und Gas- & Partikelphase sowie der  $PM_{2,5}$ -Fraktion für eine deutschlandweite statistische Auswertung nicht ausreichen. Sie sind zwar in der Datenbank abrufbar und ein Teil der statistischen Auswertungen wird dort auch unterstützt, aber die Ergebnisse sind nur für begrenzte Aussagen anwendbar.

Das Augenmerk wird im Weiteren deshalb ausschließlich auf die TSP- und  $PM_{10}$ -Messwerte gelegt, da sie 95% der Daten liefern und ihre Datenauswertung das Hauptziel aller Untersuchungen ist. Auswertungen wie die folgenden können für die Minderheitengruppen auf Grund der Übersichtlichkeit der Datenmenge anhand der vorangegangenen Tabellen im Bedarfsfall manuell nachvollzogen werden.

Da alle Auswertungen für einzelne PAKs oder auch PAK-Gruppierungen ausschließlich innerhalb der Stationskategorien vorgenommen werden, wird in den folgenden Untersuchungen besonderer Wert auf deren Datendichte gelegt. Im Endergebnis werden die Konstellationen benannt, für die keine statistischen Aussagen möglich sind.

### 5.3.2 Klassifizierung der Messstationen der Bundesrepublik

Abbildung 5.3.2-1 liefert eine Übersicht über die im Zeitraum 1996 bis 2001 messenden TSP- und PM<sub>10</sub>-Stationen.



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

Abb. 5.3.2-1: Stationskategorien der TSP- und PM<sub>10</sub>-Messstationen von 1996 bis 2001

Es ist zu erkennen, dass die Stationskategorien SI (4-7 Stationen), UB (2-6 Stationen), UI (1-5 Stationen), RI (0-1 Stationen), RT (0-5 Stationen) mit z. T. weit unter 5% Anteil an der Gesamtanzahl der Stationen in allen Betrachtungsjahren praktisch nicht auswertbar sind.

Drei von diesen Gruppen betreffen Messungen im industrienahen Raum und damit alle Messungen in diesem Milieu. Diese Stationskategorie ist durch branchenspezifische Emissionsquellen stark geprägt und deshalb nicht für überregionale statistische Auswertungen und Verallgemeinerungen geeignet.

Beispiel: Die Station DENW907 der Stationskategorie UI (Dortmund-Kaiserstuhl; Kokerei) liefert folgende Mittelwerte:

UBA_CODE	Jahr	MW BaP [ng/m <sup>3</sup> ]	gemessene Monate
DENW907	2000	43,04	8
DENW907	2001	0,54	6

Da die Kokerei offensichtlich im Dezember 2000 außer Betrieb ging, kommt dieser geringe Wert für 2001 zustande.

Das Jahresmittel und die Extrema der Monatsmittel für BaP in  $\text{ng/m}^3$  von zwei weiteren Stationen der Stationskategorie UI betragen:

<i>Jahr</i>	<i>Jahresmittel</i>	<i>Max Monatsmittel</i>	<i>Min Monatsmittel</i>	<i>Anzahl Messstationen</i>
2000	0,43	2,01	0,05	2

Das Ergebnis ist überzeugend: Es werden immer verwirrende, nichts aussagende Resultate bei einer Mittelung entstehen. Verschärft wird das Problem dadurch, dass deutschlandweit wirklich nur Messwerte dieser drei Stationen und einer weiteren (Kokerei Duisburg-Bruckhausen; im Jahr 2001  $\text{PM}_{10}$ - und TSP-Messung) mit folgenden Mittelwerten vorhanden sind:

<i>UBA_CODE</i>	<i>Jahr</i>	<i>MW BaP [ng/m<sup>3</sup>]</i>	<i>gemessene Monate</i>
DENW905	1997	39,24	12
DENW905	1998	23,45	12
DENW905	1999	14,80	12
DENW905	2000	11,16	12
DENW905	2001	9,57	24

Wie dieses Beispiel zeigt, lassen sich aus solchen Reihen Einzelmaßnahmen (technologische Verbesserungen, Abschaltungen u.ä.) erkennen, nicht aber quantitative Trendaussagen für die Bundesrepublik ableiten.

Alle Stationen messen Benzo[a]pyren, nicht aber zwangsläufig die anderen PAKs, so dass die vorangegangenen Betrachtungen für BaP, aber nur partiell für die anderen PAKs zutreffen, für die die Stationendichte in fast jedem Falle geringer und die Datenlage demzufolge ungünstiger ist.

### 5.3.3 Stationenklassifizierung der Ländermessnetze

#### 5.3.3.1 Territoriale Verteilung der PAK-Messstellen und Länderrepräsentanz

Von 1996 bis 2001 wurden PAKs in **maximal zehn Bundesländern**, die einen Flächenanteil an Deutschland von  $198.559 \text{ km}^2$  (60,3%) haben, mit wechselnder Anzahl von Stationen gemessen. *Tabelle 5.3.3-1* zeigt die Übersicht.

Für die Bundesländer Bayern, Saarland, Rheinland-Pfalz, Niedersachsen, Hessen (ab 97), Bremen, Hamburg wurden keine PAK-Messdaten aufgrund fehlender Messprogramme bereitgestellt. Damit sind der süddeutsche und der nordwestliche Teil Deutschlands stark unterrepräsentiert.

**Tabelle 5.3.3-1: Anzahl der Messstationen von 1996-2001**

	<i>Stationen gesamt</i>	<i>Baden- Württem- berg</i>	<i>Berlin</i>	<i>Branden- burg</i>	<i>Hessen</i>	<i>Mecklen- burg- Vorpom- mern</i>	<i>Nord- rhein- Westfalen</i>	<i>Sachsen</i>	<i>Sachsen- Anhalt</i>	<i>Schleswig- Holstein</i>	<i>Thüringen</i>
1996	119	38	2	6	6	4	44	16	2		1
1997	125	38	2	13		4	49	16	2		1
1998	128	37	2	10		3	53	18	4		1
1999	97	10		10		5	48	14	5	4	1
2000	94	10	2	5		3	52	15	2	4	1
2001	97	36	2	7		4	23	14	2	7	2

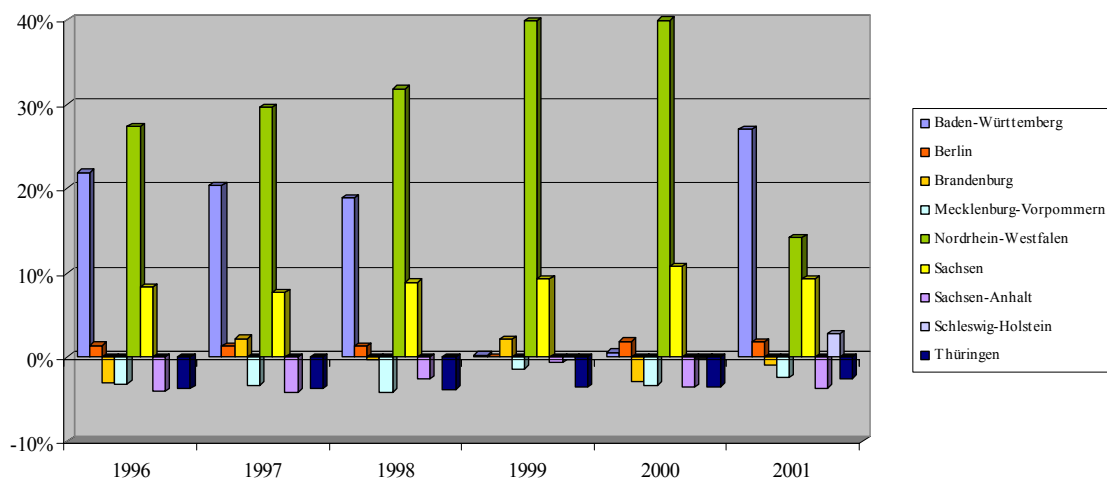
Dies ergibt jeweils bezogen auf das durch die Summe der Länderflächen definierte Gebiet die in *Tabelle 5.3.3-2* ausgewiesenen prozentualen Anteile und eine aus der Differenz zu den Stationenanteilen resultierende Über- bzw. Unterrepräsentanz der einzelnen Länder bezüglich der Gebietssumme (*Tabelle 5.3.3-3*).

**Tabelle 5.3.3-2: Stationen- und Gebietsanteile der beteiligten Länder jahresweise**

	gesamt	Baden-Württemberg	Berlin	Brandenburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Nordrhein-Westfalen	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
<b>Stationenanteile</b>											
1996	119	31,9%	1,7%	5,0%	5,0%	3,4%	37,0%	13,4%	1,7%		0,8%
1997	125	30,4%	1,6%	10,4%		3,2%	39,2%	12,8%	1,6%		0,8%
1998	128	28,9%	1,6%	7,8%		2,3%	41,4%	14,1%	3,1%		0,8%
1999	97	10,3%		10,3%		5,2%	49,5%	14,4%	5,2%	4,1%	1,0%
2000	94	10,6%	2,1%	5,3%		3,2%	55,3%	16,0%	2,1%	4,3%	1,1%
2001	97	37,1%	2,1%	7,2%		4,1%	23,7%	14,4%	2,1%	7,2%	2,1%
<b>Gebietsanteile</b>											
1996	199.079 km <sup>2</sup>	18,0%	0,4%	14,6%	10,6%	11,6%	17,1%	9,2%	10,3%		8,2%
1997	177.965 km <sup>2</sup>	20,1%	0,5%	16,3%		13,0%	19,1%	10,3%	11,5%		9,1%
1998	177.965 km <sup>2</sup>	20,1%	0,5%	16,3%		13,0%	19,1%	10,3%	11,5%		9,1%
1999	192.807 km <sup>2</sup>	18,5%		15,1%		12,0%	17,7%	9,5%	10,6%	8,2%	8,4%
2000	193.696 km <sup>2</sup>	18,5%	0,5%	15,0%		12,0%	17,6%	9,5%	10,6%	8,1%	8,4%
2001	193.696 km <sup>2</sup>	18,5%	0,5%	15,0%		12,0%	17,6%	9,5%	10,6%	8,1%	8,4%

**Tabelle 5.3.5-3: Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf beteiligte Länder)**

	Baden-Württemberg	Berlin	Brandenburg	Hessen	Mecklenburg-Vorpommern	Nordrhein-Westfalen	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Schleswig-Holstein	Thüringen
1996	14,0%	1,2%	-9,6%	-5,6%	-8,3%	19,9%	4,2%	-8,6%		-7,3%
1997	10,3%	1,1%	-5,9%		-9,8%	20,1%	2,5%	-9,9%		-8,3%
1998	8,8%	1,1%	-8,5%		-10,7%	22,3%	3,8%	-8,4%		-8,4%
1999	-8,2%		-4,8%		-6,9%	31,8%	4,9%	-5,4%	-4,0%	-7,4%
2000	-7,8%	1,7%	-9,7%		-8,8%	37,7%	6,5%	-8,4%	-3,9%	-7,3%
2001	18,7%	1,6%	-7,8%		-7,8%	6,1%	5,0%	-8,5%	-0,9%	-6,3%



**Abb. 5.3.3-1: Territoriale Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf gesamtes Bundesgebiet)**

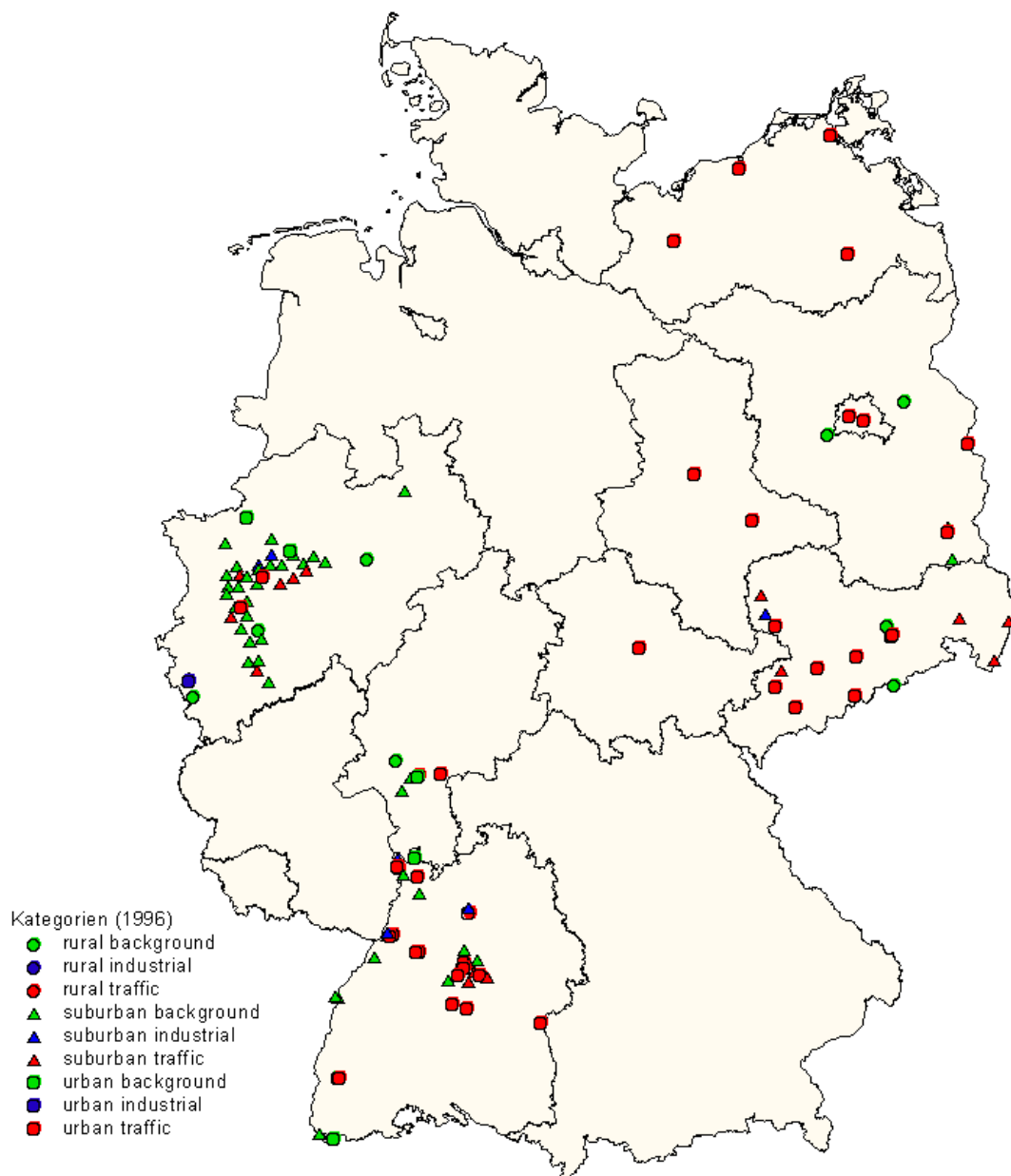
Abbildung 5.3.3-1 zeigt die aus der Differenz der Gebietsanteile zu den Stationenanteilen resultierende Über- bzw. Unterrepräsentanz der einzelnen Länder bezogen auf das gesamte Bundesgebiet.

Beide Betrachtungen schließen ausnahmslos alle vorhandenen Daten ein. Sie dienen bei Verallgemeinerungen zur Einschätzung des Einflusses von Länderwerten.

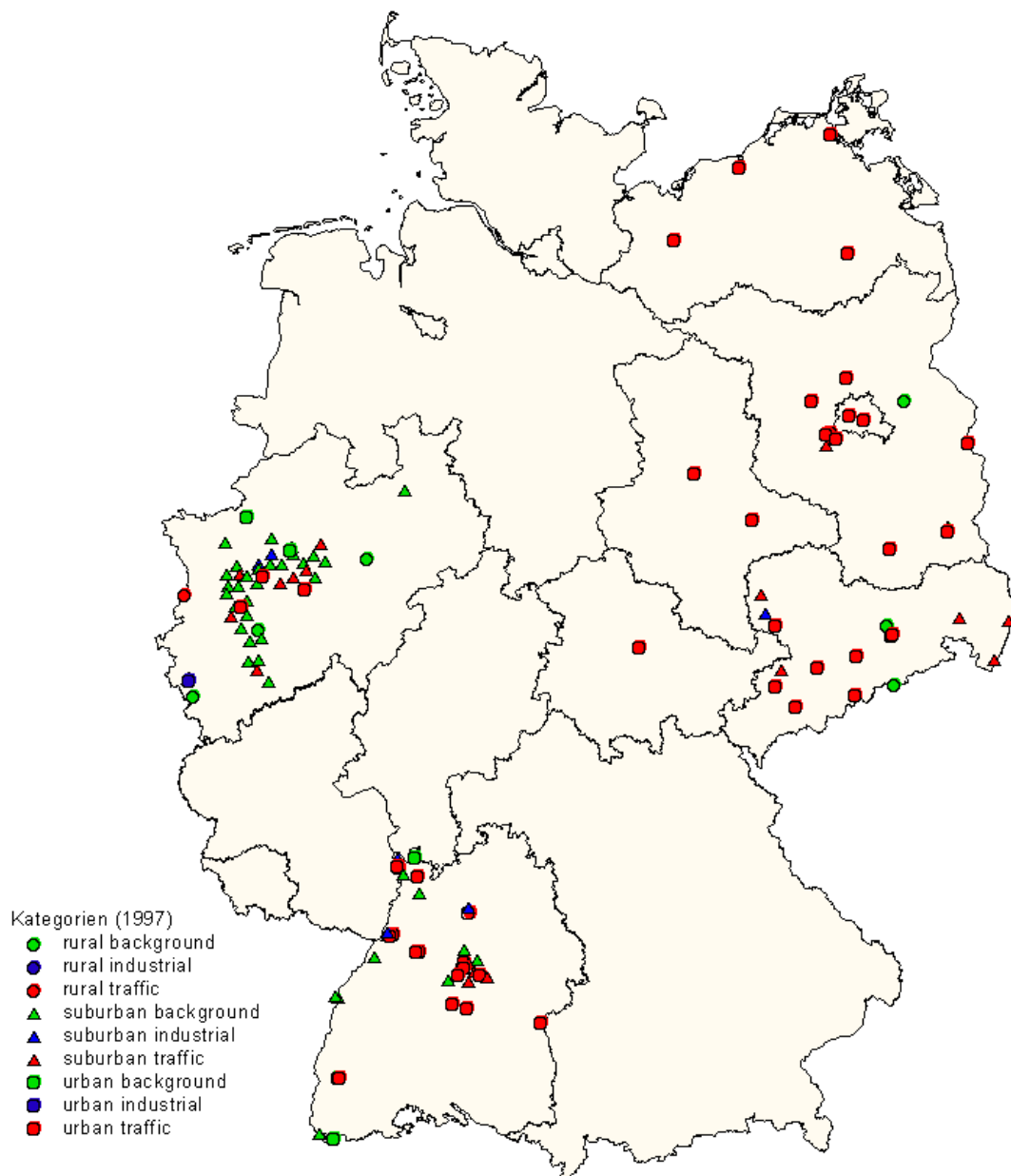
### 5.3.3.2 Territoriale Verteilung der PAK-Messstationen nach Stationskategorien

Die geografische Verteilung der Messstationen auf das Gebiet der Bundesrepublik für die Betrachtungsjahre 1996 bis 2001 ist auf den Abbildungen 5.3.3-2a bis 5.3.3-2f dargestellt. Während z. B. in Sachsen eine homogene territoriale Verteilung vorliegt, sind auffällige Ballungsgebiete in Nordrhein-Westfalen (Ruhrgebiet) und in Baden-Württemberg (Großraum Stuttgart) zu finden.

Die aus den Grafiken herauszulesenden Veränderungen in den Messnetzen vor allem in den Jahren 1999, 2000 und 2001 verdeutlichen, dass nur ein Viertel der 1996 messenden Stationen, insgesamt 31, permanent über den gesamten Zeitraum bis zum Jahre 2001 gemessen haben. Sie hatten allerdings durch Umstellungen in den Ländermessprogrammen nicht über den gesamten Zeitraum auch dasselbe Messprogramm (siehe Kapitel 5.3.5).

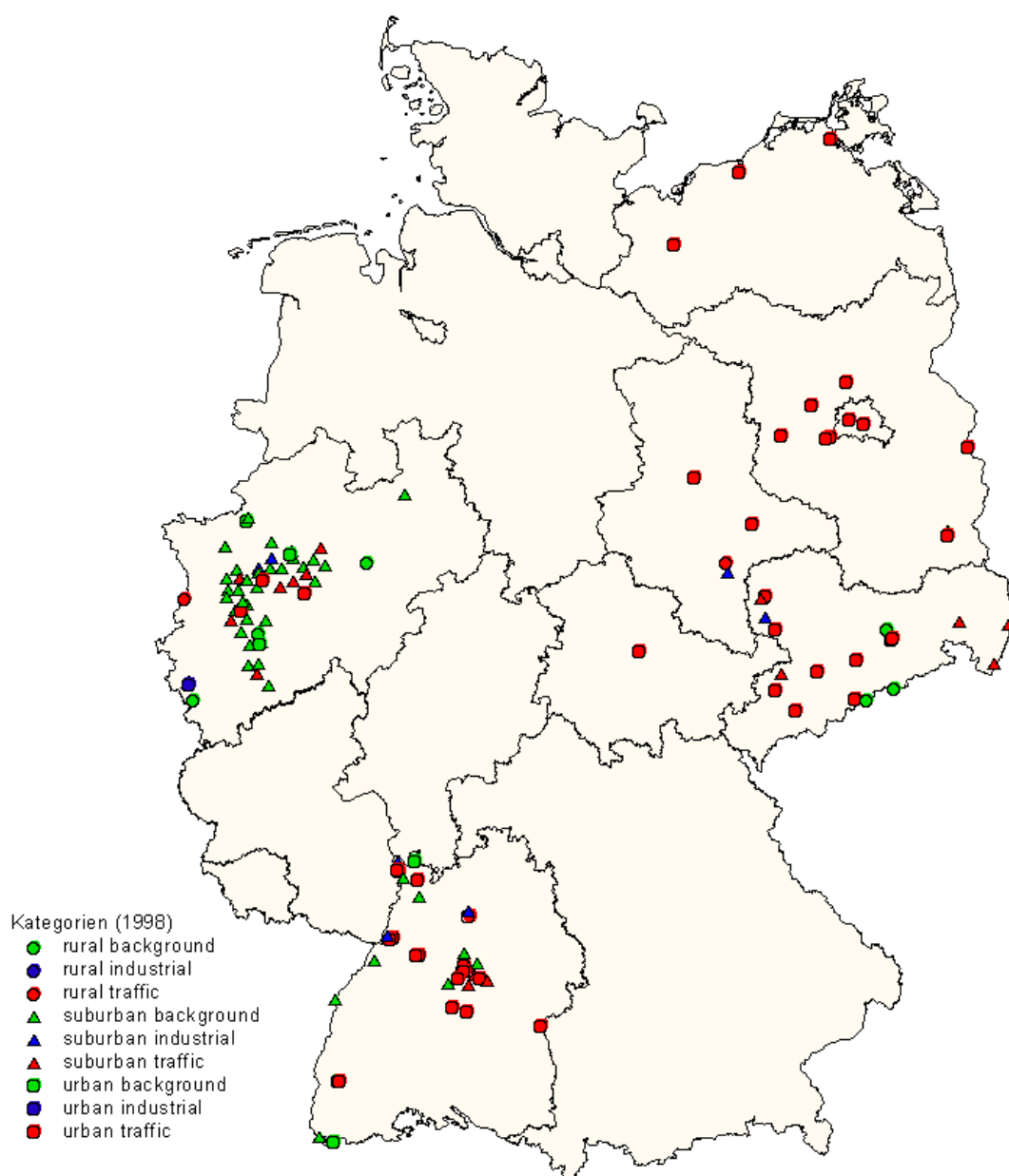


**Abb. 5.3.3-2a: PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1996 (nach Stationenkategorien)**

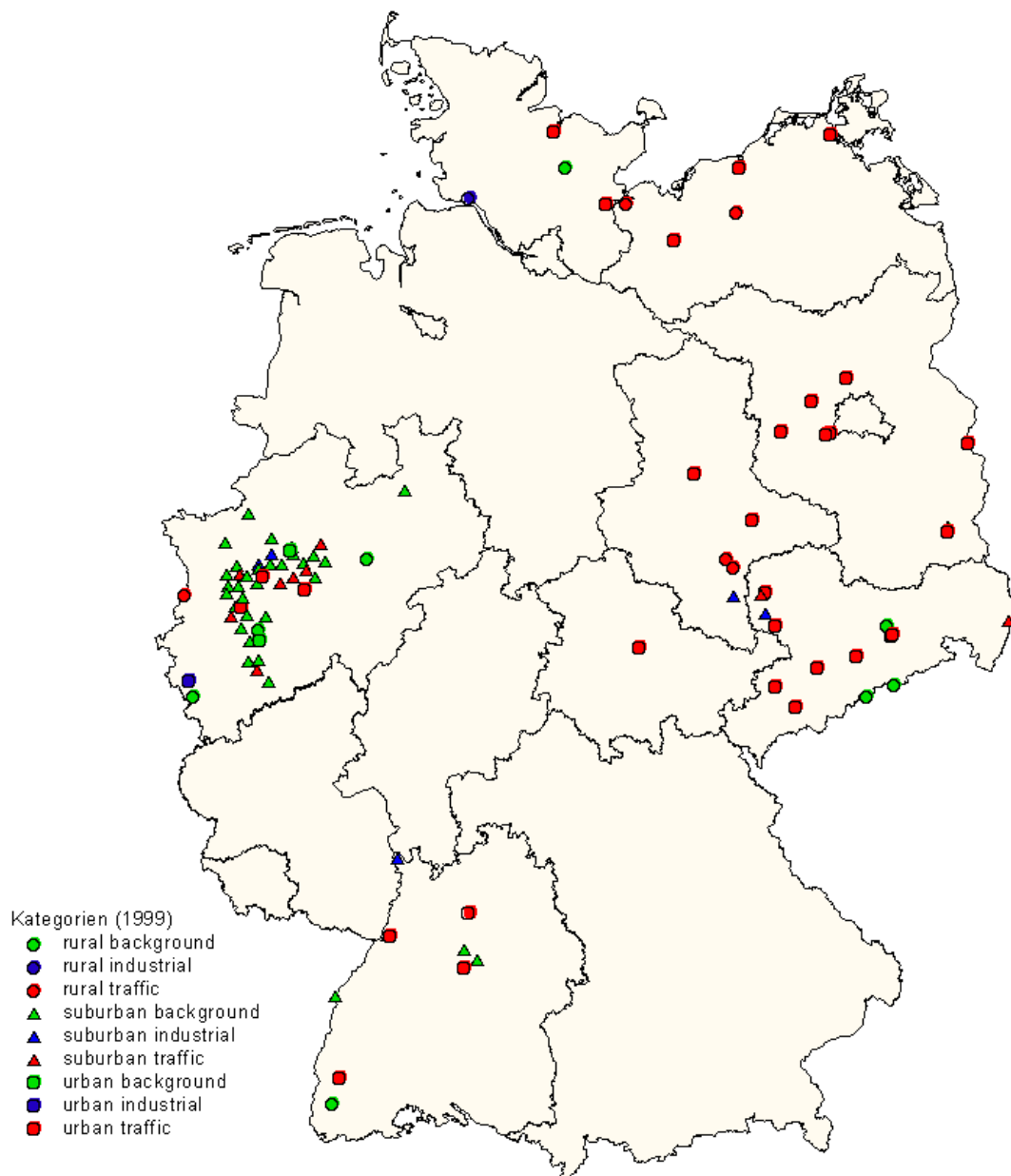


**Abb. 5.3.3-2b:** PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1997 (nach Stationenkategorien)

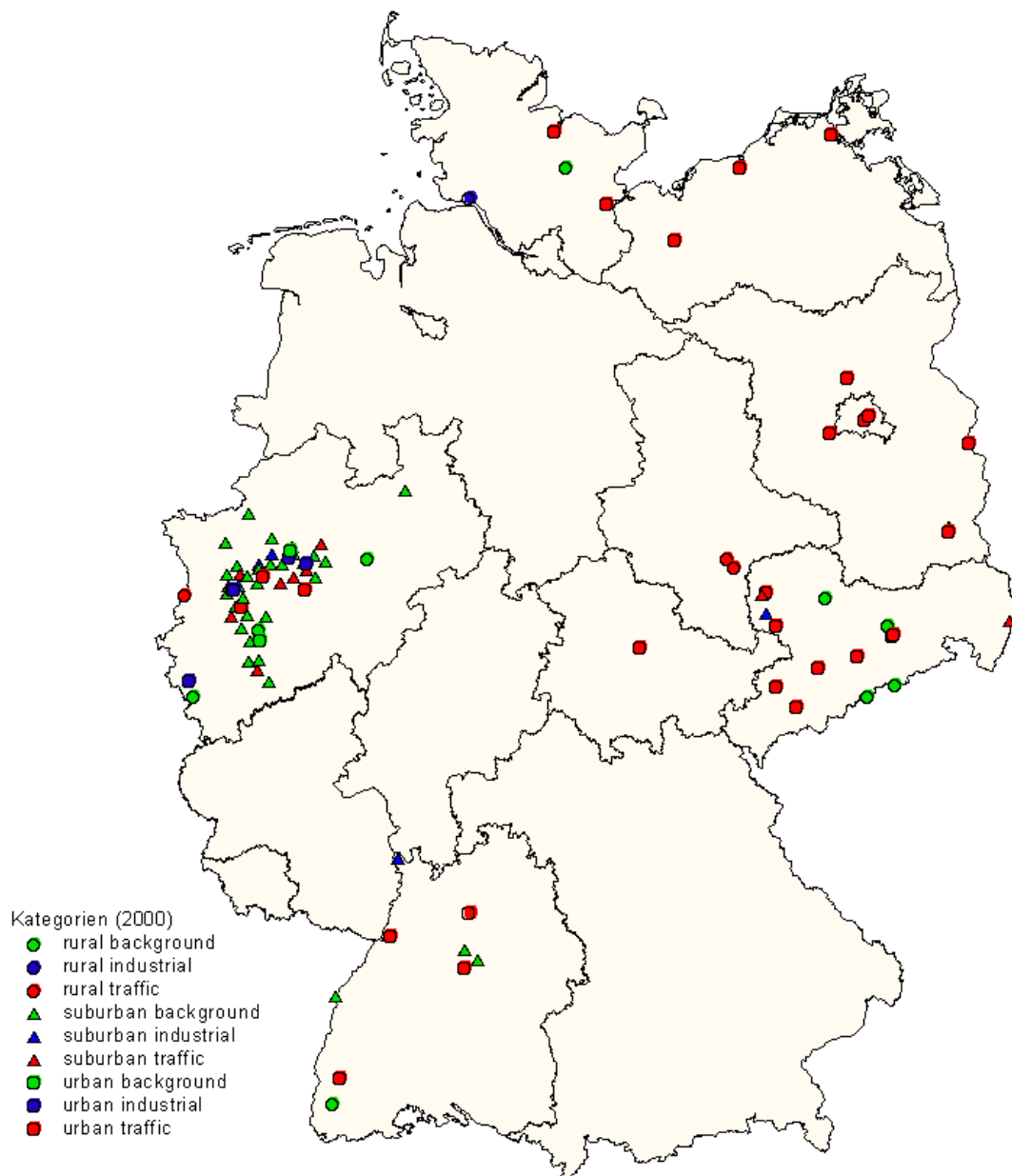




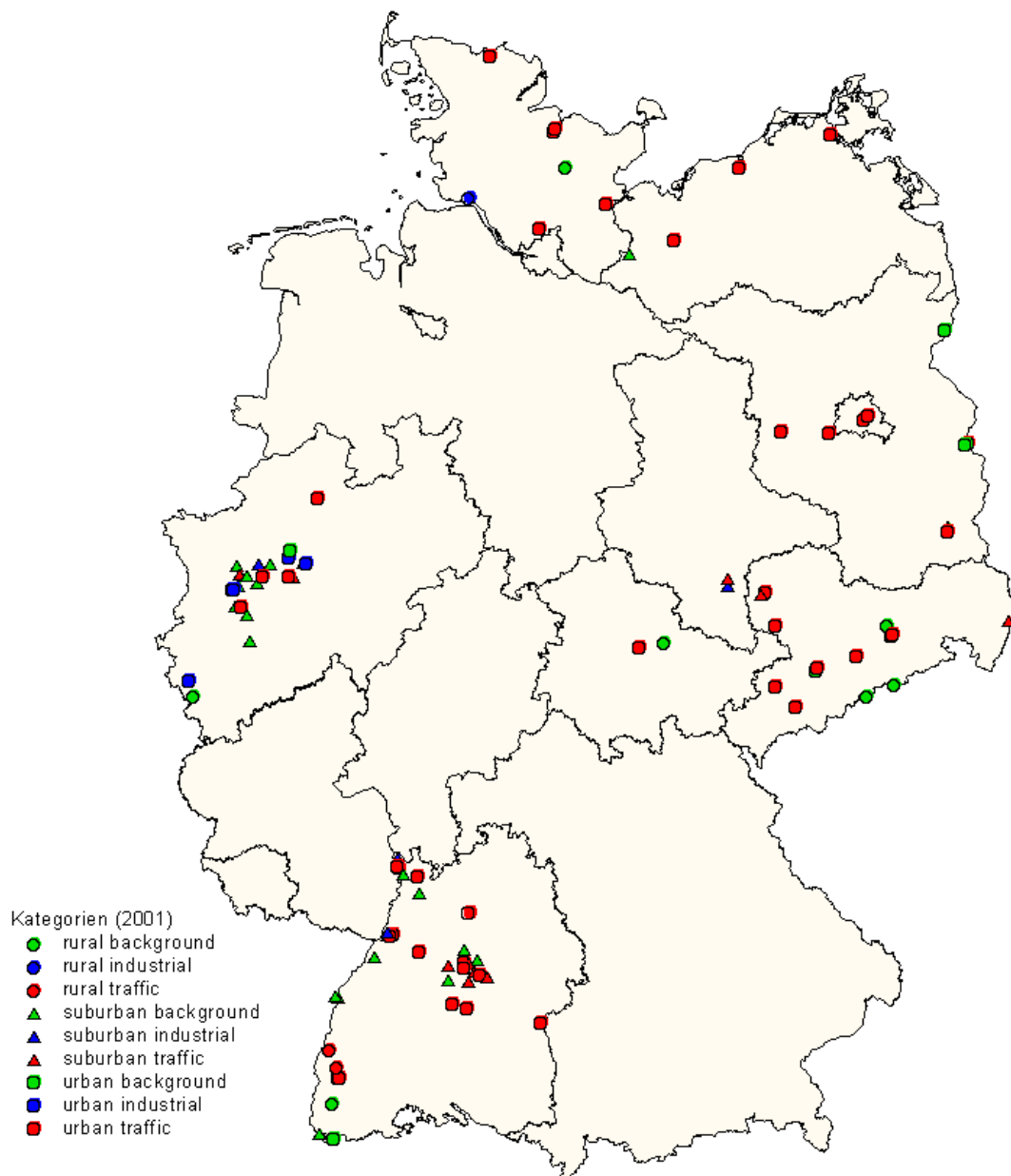
**Abb. 5.3.3-2c: PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1998 (nach Stationenkategorien)**



**Abb. 5.3.3-2d: PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1999 (nach Stationenkategorien)**



**Abb. 5.3.3-2e: PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2000 (nach Stationen-kategorien)**



**Abb. 5.3.3-2f:** PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2001 (nach Stationenkategorien)

### 5.3.4 PAK-Messungen mit Stationenklassifizierung

Während in den Kapiteln 5.3.2 und 5.3.3 untersucht wurde, wie die Stationenkategorien in Deutschland besetzt sind und wie sie verteilt sind, wird nun *in den Tabellen 5.3.4-1 bis 5.3.4-16* verfeinert untersucht, in wie vielen Ländern welche PAKs an wieviel Stationen gemessen werden. Diese Informationen sind notwendig für die Beurteilung einer deutschlandweiten Repräsentanz von z.B. Mittelwerten oder Grenzwertüberschreitungen.

(Vergleiche mit *Tabelle 5.2.2-1* können z.T. etwas abweichende Ergebnisse liefern, da dort Stationen, die von TSP auf PM<sub>10</sub>-Messungen umgestellt wurden, wegen der Unterscheidung nach TSP und PM<sub>10</sub>, im Umstellungsjahr sowohl in der einen als auch in der anderen Gruppe bilanziert werden.)

**Tabelle 5.3.4-1: Messstationenkategorien der ANC-Messreihen (Anthracen)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	7	2	2	-	-	1	-	3	1	-	-
1997	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1998	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1999	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
2000	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
2001	2	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-

**Tabelle 5.3.4-2: Messstationenkategorien der ANT-Messreihen (Anthanthren)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	6	1	2	-	-	1	-	2	1	-	-
1997	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1999	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
2000	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2
2001	2	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-

**Tabelle 5.3.4-3: Messstationenkategorien der BaA-Messreihen (Benz[a]anthracen)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	115	8	41	6	16	6	1	37	8	-	-
1997	113	7	40	6	17	5	1	36	7	-	1
1998	117	7	42	7	17	6	1	36	6	-	2
1999	78	7	30	4	9	2	1	19	7	1	5
2000	63	6	30	2	7	2	5	9	4	1	3
2001	15	4	1	1	1	-	-	9	2	1	-

**Tabelle 5.3.4-4: Messstationenkategorien der BaP-Messreihen (Benzo[a]pyren)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	119	9	41	6	16	6	1	41	8	-	-
1997	125	8	40	6	18	5	1	47	7	-	1
1998	128	8	42	7	17	6	1	46	7	-	2
1999	97	8	33	5	10	2	1	31	9	1	5
2000	94	9	33	4	10	2	5	27	9	1	3
2001	97	9	20	4	11	6	5	41	7	1	2

**Tabelle 5.3.4-5: Messstationenkategorien der BbF-Messreihen (Benzo[b]fluoranthen)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	67	7	11	4	10	3	-	35	4	-	-
1997	66	7	10	4	10	3	-	35	4	-	-
1998	65	7	9	5	10	3	-	35	3	-	-
1999	28	6	1	2	2	-	-	16	4	1	2
2000	24	5	1	1	2	-	-	14	5	1	-
2001	31	5	2	-	2	3	-	18	5	1	-

**Tabelle 5.3.4-6: Messstationenkategorien der BeP-Messreihen (Benzo[e]pyren)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	99	7	41	5	11	6	1	29	6	-	-
1997	97	6	40	5	12	5	1	28	5	-	1
1998	98	7	42	5	12	6	1	27	3	-	2
1999	61	6	30	2	7	2	1	9	4	1	5
2000	77	6	30	3	9	2	5	16	8	1	3
2001	34	5	2	1	3	3	-	20	4	1	-

**Tabelle 5.3.4-7: Messstationenkategorien der BghiP-Messreihen (Benzo[ghi]perylene)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	118	9	41	6	16	6	1	41	7	-	-
1997	124	8	40	6	18	5	1	47	6	-	1
1998	127	8	42	7	17	6	1	46	6	-	2
1999	87	7	30	4	9	2	1	27	8	1	5
2000	69	7	30	2	7	2	5	15	4	1	3
2001	47	7	11	2	3	3	5	19	3	1	-

**Tabelle 5.3.4-8: Messstationenkategorien der BkF-Messreihen (Benzo[k]fluoranthen)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	67	7	11	4	10	3	-	35	4	-	-
1997	66	7	10	4	10	3	-	35	4	-	-
1998	66	7	9	5	10	3	-	35	3	-	1
1999	30	6	1	2	2	-	-	16	4	1	4
2000	26	6	1	1	2	-	-	14	5	1	2
2001	33	6	2	1	3	3	-	18	5	1	-

**Tabelle 5.3.4-9: Messstationenkategorien der CHR-Messreihen (Chrysen)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	65	6	11	4	10	3	-	33	4	-	-
1997	64	6	10	4	10	3	-	33	4	-	-
1998	63	6	9	5	10	3	-	33	3	-	-
1999	28	6	1	2	2	-	-	16	4	1	2
2000	9	4	1	-	-	-	-	6	1	1	-
2001	13	3	1	-	-	-	-	9	2	1	-

\* PAKs der 4. Tochterrichtlinie

**Tabelle 5.3.4-10: Messstationenkategorien der COR-Messreihen (Coronen)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	62	5	32	2	6	3	1	12	6	-	-
1997	55	3	30	2	7	2	1	9	3	-	1
1998	60	3	33	3	7	3	1	8	3	-	2
1999	62	4	29	3	7	2	1	10	4	1	5
2000	76	5	29	3	9	2	5	16	8	1	3
2001	57	6	11	2	5	4	5	24	5	1	-

**Tabelle 5.3.4-11: Messstationenkategorien der DBahA-Messreihen (Dibenzo[a,h]anthracen)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	71	6	30	3	11	2	1	17	7	-	-
1997	75	6	31	3	12	2	1	18	7	-	1
1998	79	6	34	4	12	3	1	18	6	-	1
1999	70	6	30	4	9	2	1	15	7	1	1
2000	73	5	30	3	9	2	5	14	8	1	1
2001	23	3	-	-	2	1	-	14	5	1	-

**Tabelle 5.3.4-12: Messstationenkategorien der FLN-Messreihen (Fluoren)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	7	2	2	-	-	1	-	3	1	-	-
1997	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1998	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1999	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
2000	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
2001	2	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-

**Tabelle 5.3.4-13: Messstationenkategorien der FLU-Messreihen (Fluoranthren)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	27	4	4	1	5	1	-	11	5	-	-
1997	20	3	1	1	5	-	-	9	4	-	-
1998	21	4	1	1	5	-	-	10	3	-	1
1999	18	4	1	1	2	-	-	9	3	-	2
2000	4	3	1	-	-	-	-	1	-	-	2
2001	8	3	1	1	1	2	-	2	1	-	-

**Tabelle 5.3.4-14: Messstationenkategorien der INP-Messreihen (Indeno[1,2,3-cd]pyren)\***

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	70	7	13	4	10	4	-	34	5	-	-
1997	62	6	10	4	10	3	-	31	4	-	-
1998	62	7	9	4	10	3	-	32	3	-	1
1999	23	5	1	1	2	-	-	12	3	-	4
2000	28	7	1	1	2	-	-	16	5	1	2
2001	35	7	2	1	3	3	-	20	5	1	-

\* PAKs der 4. Tochterrichtlinie

**Tabelle 5.3.4-15: Messstationenkategorien der PHE-Messreihen (Phenanthren)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	7	2	2	-	-	1	-	3	1	-	-
1997	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1998	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
1999	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
2000	1	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
2001	2	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-

**Tabelle 5.3.4-16: Messstationenkategorien der PYR-Messreihen (Pyren)**

Jahr	Stationen gesamt	Länder	Stationskategorie								
			SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT
1996	15	4	4	-	-	1	-	7	3	-	-
1997	8	3	1	-	-	-	-	5	2	-	-
1998	6	4	1	-	-	-	-	4	-	-	1
1999	13	5	1	-	-	-	-	6	1	1	4
2000	11	5	1	-	-	-	-	6	1	1	2
2001	15	4	1	1	1	-	-	9	2	1	-

Selbst bei Konzentration auf die Messreihen nur der Stationskategorien RB, SB, ST und UT ist aus der Statistik ersichtlich, dass für **Anthracen, Anthanthren, Fluoren und Phenanthren** keine und für **Fluoranthren und Pyren** nur bedingt die Möglichkeit einer vernünftigen Auswertung besteht.

### 5.3.5 Langzeitmessende Stationen

Innerhalb der Anzahl von Stationen für die Messungen der einzelnen PAKs (Tabellen 5.3.4-1 bis 5.3.4-16) gibt es eine Untermenge an Messstellen (langzeit- oder permanent messende Stationen), für die von 1996 bis 2001 durchgehend Messdaten bereitstehen. Diese Daten eignen sich sowohl für Trendbetrachtungen als auch als Referenzszenario für den Vergleich mit den Ergebnissen des gesamten Datenpools.

Tabelle 5.3.5-1 zeigt diese Messstellenanzahl für die verschiedenen Stationskategorien und die PAKs. Zur Information ist noch eine Tabellenspalte „bis 2000:“ eingefügt, da eine weitaus größere Anzahl von permanent messenden Stationen für das Zeitfenster von 1996 bis 2000 als für den Zeitraum 1996 bis 2001 zur Verfügung stehen. Dies ist insbesondere auf die Umstellung des Messprogramms von Nordrhein-Westfalen mit einer Reduzierung auf drei PAKs zurückzuführen, das mit einer großen Anzahl Stationen im Gesamtprogramm vertreten ist.

Es lassen sich noch andere Zeitvergleiche denken (z.B. Vergleich zweier Jahre), wobei aber nach Auswertung die Ergiebigkeit des Datenfundus nie wesentlich über dem der Spalte „bis 2000:“ liegt. Diese Aussagen lassen sich nicht aus den bisher aufgeführten Tabellen ableiten, da es hierbei auf die Messkonstanz einzelner Stationen und nicht auf die Stationsstatistik der Länder ankommt. Sie sind Ergebnis der direkten Datenbankauswertungen.

Im Rahmen dieses Berichtes lässt sich wegen der vielen möglichen Varianten keine erschöpfende Statistik zu allen Konstellationen machen. Da aber diese Auswertung ein wichtiges Detail der Trendbetrachtungen ist, muss auf die Arbeit mit der Datenbank verwiesen werden. Sie enthält zu dieser Thematik ein Icon „Info“ im Eingangsменю zur Datenstatistik, das die Möglichkeit jeglicher Untersuchungen für langzeitgemessene Stationengruppen bietet.



**Tabelle 5.3.5-1: Anzahl der langzeitmessenden Stationen im Zeitfenster 1996 bis 2001 in Abhängigkeit von der Stationskategorie und vom PAK**

PAK	Anzahl Stationen									Summe	bis 2000:
	RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT		
ANC	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
ANT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BaA	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	38
BaP	3	-	-	7	1	4	1	1	14	31	56
BbF	2	-	-	1	-	2	-	-	9	14	15
BeP	-	-	-	1	-	-	-	-	3	4	37
BghiP	1	-	-	4	1	1	1	1	6	15	39
BkF	2	-	-	1	-	2	-	-	9	14	15
CHR	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	5
COR	1	-	-	3	1	1	1	1	4	12	36
DBahA	2	-	-	-	-	2	-	-	6	10	45
FLN	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
FLU	-	-	-	1	-	-	-	-	1	2	2
INP	2	-	-	1	-	2	-	-	8	13	14
PHE	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
PYR	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	5

### 5.3.6 Datenstatistik von PAK-Summen

Tabelle 5.3.6-1 zeigt am Beispiel des Jahres 2001 die Möglichkeiten von PAK-Summenbildungen. So ähnlich wie für das Jahr 2001 sind die Verhältnisse in allen übrigen Betrachtungsjahren: es gibt a priori neben Benzo[a]pyren kein weiteres PAK, das in allen Ländern gemessen wurde (s. a. in Tabelle 4.2-2 nach Auswahl der TSP- und PM<sub>10</sub>-Messstationen).

Splittet man Tabelle 5.3.6-1 nun für eine auswertbare Datenbasis noch notwendigerweise in Stationskategorien, werden die Möglichkeiten weiter eingeeengt, weil bekanntermaßen nicht jedes Land Messstellen in allen Stationskategorien hat (s. a. Tabelle 5.2.3-3). Dadurch wird die Datendecke z.T. so dünn, dass kein repräsentatives Ergebnis für eine deutschlandweite Betrachtung zu erwarten ist.

Da als weiteres verschärfendes Moment entsprechend Kapitel 5.3.6 nur eine geringe Messkonstanz über die Jahre hinweg vorhanden ist, sind Trendbeobachtungen als ein wichtiges Ziel der PAK-Summenauswertung mit den vorhandenen Daten nahezu ausgeschlossen.

In der Datenbank wird die PAK-Summenbildung aus diesen Gründen nicht unterstützt. Wird sie gewünscht, muss sie manuell mit Hilfe der Einzelsummen durchgeführt werden.

**Tabelle 5.3.6-1: Möglichkeiten für PAK-Summenauswertungen beispielhaft für das Jahr 2001**

Jahr	Land	ANC	ANT	BaA	BaP	BbF	BeP	BghiP	BkF	CHR	COR	DBahA	FLN	FLU	INP	PHE	PYR
2001	Baden-Württemberg	-	-	-	x	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Berlin	-	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-	x	-	-
	Brandenburg	-	-	-	x	x	x	x	x	-	x	-	-	x	x	-	-
	Mecklenburg-Vorpommern	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	x	-	x
	Nordrhein-Westfalen	-	-	-	x	-	-	x	-	-	x	-	-	-	-	-	-
	Sachsen	-	-	-	x	x	x	-	x	-	x	x	-	-	x	-	-
	Sachsen-Anhalt	-	x	x	x	-	x	x	x	-	x	-	-	x	x	-	x
	Schleswig-Holstein	-	-	x	x	x	x	x	x	x	x	x	-	-	x	-	x
	Thüringen	x	-	x	x	x	-	x	x	x	-	x	x	x	x	x	x

### 5.3.7 EU-Tochterrichtlinie und Leitparameter Benzo[a]pyren

Für den in der künftigen EU-Tochterrichtlinie (TRL) vorgesehenen Leitparameter Benzo[a]pyren liegen Daten aus allen erfassten Messungen vor. BaP ist die einzige Substanz, die an allen Messstationen gemessen wurde.

**Tabelle 5.3.7-1: Messungen der PAKs der künftigen EU-Tochterrichtlinie in Deutschland**

Jahr	Land	BaP	BaA	BbF	BkF	DBahA	FLU	INP
1996	Baden-Württemberg	x	x	x	x	-	-	x
	Berlin	x	-	x	x	-	-	x
	Brandenburg	x	x	x	x	x	x	x
	Hessen	x	x	-	-	-	x	x
	Mecklenburg-Vorpommern	x	x	x	x	x	-	x
	Nordrhein-Westfalen	x	x	-	-	x	-	-
	Sachsen	x	x	x	x	x	x	x
	Sachsen-Anhalt	x	x	x	x	x	-	-
	Thüringen	x	x	x	x	x	x	x
1997	Baden-Württemberg	x	x	x	x	-	-	x
	Berlin	x	-	x	x	-	-	x
	Brandenburg	x	x	x	x	x	x	x
	Mecklenburg-Vorpommern	x	x	x	x	x	-	x
	Nordrhein-Westfalen	x	x	-	-	x	-	-
	Sachsen	x	x	x	x	x	x	x
	Sachsen-Anhalt	x	x	x	x	x	-	-
	Thüringen	x	x	x	x	x	x	x
1998	Baden-Württemberg	x	x	x	x	-	-	x
	Berlin	x	-	x	x	-	-	x
	Brandenburg	x	x	x	x	x	x	x
	Mecklenburg-Vorpommern	x	x	x	x	x	-	x
	Nordrhein-Westfalen	x	x	-	-	x	-	-
	Sachsen	x	x	x	x	x	x	x
	Sachsen-Anhalt	x	x	x	x	x	x	x
	Thüringen	x	x	x	x	x	x	x
1999	Baden-Württemberg	x	-	-	-	-	-	-
	Brandenburg	x	x	x	x	x	x	x
	Mecklenburg-Vorpommern	x	x	x	x	-	-	x
	Nordrhein-Westfalen	x	x	-	-	x	-	-
	Sachsen	x	x	x	x	x	x	x
	Sachsen-Anhalt	x	x	x	x	x	x	x
	Schleswig-Holstein	x	x	x	x	x	-	-
	Thüringen	x	x	x	x	x	x	x
2000	Baden-Württemberg	x	-	-	-	-	-	-
	Berlin	x	-	-	-	-	-	x
	Brandenburg	x	x	x	x	x	x	x
	Mecklenburg-Vorpommern	x	x	x	x	-	-	x
	Nordrhein-Westfalen	x	x	-	-	x	-	-
	Sachsen	x	-	x	x	x	-	x
	Sachsen-Anhalt	x	x	-	x	-	x	x
	Schleswig-Holstein	x	x	x	x	x	-	x
	Thüringen	x	x	x	x	x	x	x
2001	Baden-Württemberg	x	-	-	-	-	-	-
	Berlin	x	-	-	-	-	-	x
	Brandenburg	x	-	x	x	-	x	x
	Mecklenburg-Vorpommern	x	x	x	x	-	-	x
	Nordrhein-Westfalen	x	-	-	-	-	-	-
	Sachsen	x	-	x	x	x	-	x
	Sachsen-Anhalt	x	x	-	x	-	x	x
	Schleswig-Holstein	x	x	x	x	x	-	x
	Thüringen	x	x	x	x	x	x	x

Die darüber hinaus in der TRL für ein Monitoring vorgesehenen PAKs BaA, BbF, BjF, BkF, DbahA, FLU, INP werden in Deutschland nicht in allen erfassten Ländern gemessen. Während 1996 bis 1999 noch Brandenburg, Sachsen, Thüringen und teilweise auch Sachsen-Anhalt das gesamte Spektrum im Messprogramm hatten, sind es 2000 nur noch Brandenburg und Thüringen und im Jahr 2001 ist es nur noch Thüringen (*Tabelle 5.3.7-1*).

### 5.3.8 *Schlussfolgerungen*

In der Datenbank **PAKStat** werden für alle statistischen Datenauswertungen alle Möglichkeiten angeboten für die mindestens eine Station die Auswahlkriterien erfüllt. Das ergibt in den 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 der Möglichkeit 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 7:

- Für die Stationskategorien **RI** (rural industrial), **UI** (urban industrial), **SI** (suburban industrial) und **RT** (rural traffic) ist infolge der Datenlage keine sinnvolle statistische Auswertung möglich. **Der Gebietstyp „industrial“ entfällt damit vollständig aus der Auswertestatistik.**
- Die Stationskategorie **UB** (urban background) ist mit einer Datenbasis von zwei bis fünf Stationen nur bedingt auswertbar.
- Selbst nur bei Konzentration auf die Messreihen der Stationskategorien RB, SB, ST und UT besteht wegen der dünnen oder fehlenden Datenbasis für **Anthracen, Anthanthren, Fluoren und Phenanthren** keine und für **Fluoranthen und Pyren** nur bedingt die Möglichkeit einer vernünftigen Auswertung.
- **PAK-Summenauswertungen** sind nur bei gleichzeitigem Ausschluss eines oder mehrerer Länder möglich, nicht in Zeitfenstern fassbar und daher inhaltlich fragwürdig. Sie werden von der Datenbank nicht unterstützt.
- Der vorgesehene **Leitparameter** Benzo[a]pyren der künftigen 4. Tochterrichtlinie der EU (TRL) wird an allen erfassten Stationen gemessen. Die in der TRL für ein Monitoring vorgesehenen weiteren PAKs BaA, BbF, BkF, BjF, DbahA, FLU, INP werden in Deutschland nicht in allen erfassten Ländern bzw. nur als Summe (BjF in BbjkF s. *Tabelle 4.2-2*) gemessen.
- Die Datenstatistik ist unter [http://www.ie-leipzig.de/ue/pak\\_statistik.pdf](http://www.ie-leipzig.de/ue/pak_statistik.pdf) einsehbar.

## 6 *Datenaufbereitung und Vereinbarungen*

### 6.1 *Nomenklatur Stationsnamen*

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

In Einzelfällen handelt es sich bei den Datenbeständen jedoch um Messreihen von Länder-

messstellen, die im Rahmen eines zeitlich begrenzten Messprogrammes (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 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 noch eingeholt und eingearbeitet.

Über den Messstellenkatalog (Anhang B) wurden die Länder informiert. Kommentare der Länder wurden berücksichtigt und eingearbeitet.

## 6.2 Mittelwertbildung

### 6.2.1 Voraussetzungen

Die Bezugsbasis der Mittelwerte des vorhandenen Datenfundus ist sehr heterogen: es sind Tages-, Wochen- und Monatsmittel vorhanden (siehe *Kapitel 5.2.1, Tabelle 5.2.1-1*). Daraus folgt, dass eine Auswertung des gesamten Datenbestandes **nur ab dem Level Monatsmittelwerte** erfolgen kann; darauf aufbauend werden die Jahresmittel aus den Monatsmittelwerten gebildet. Das hat diesen statistisch plausiblen Grund: es können nicht gleichberechtigt alle verschiedenen Ausgangswerte zur Mittelwertbildung verwendet werden, da sie statistisch nicht dieselbe Relevanz und Wertigkeit haben. Mittelwerte können nur aus gleichwertigen Daten gebildet werden, und das sind hier auf Grund der Datenlage für das FE-Vorhaben die Monatsmittel.

In /IFE 02/, Seite 63 ff., wurden bereits umfangreiche vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Modalitäten bei der Bildung der Mittelwerte und die Auswirkungen auf die verfügbare Datenbasis vorgestellt. Hier wird darauf nur kurz eingegangen, um die Vorgehensweise zu erläutern.

### 6.2.2 Monatsmittel

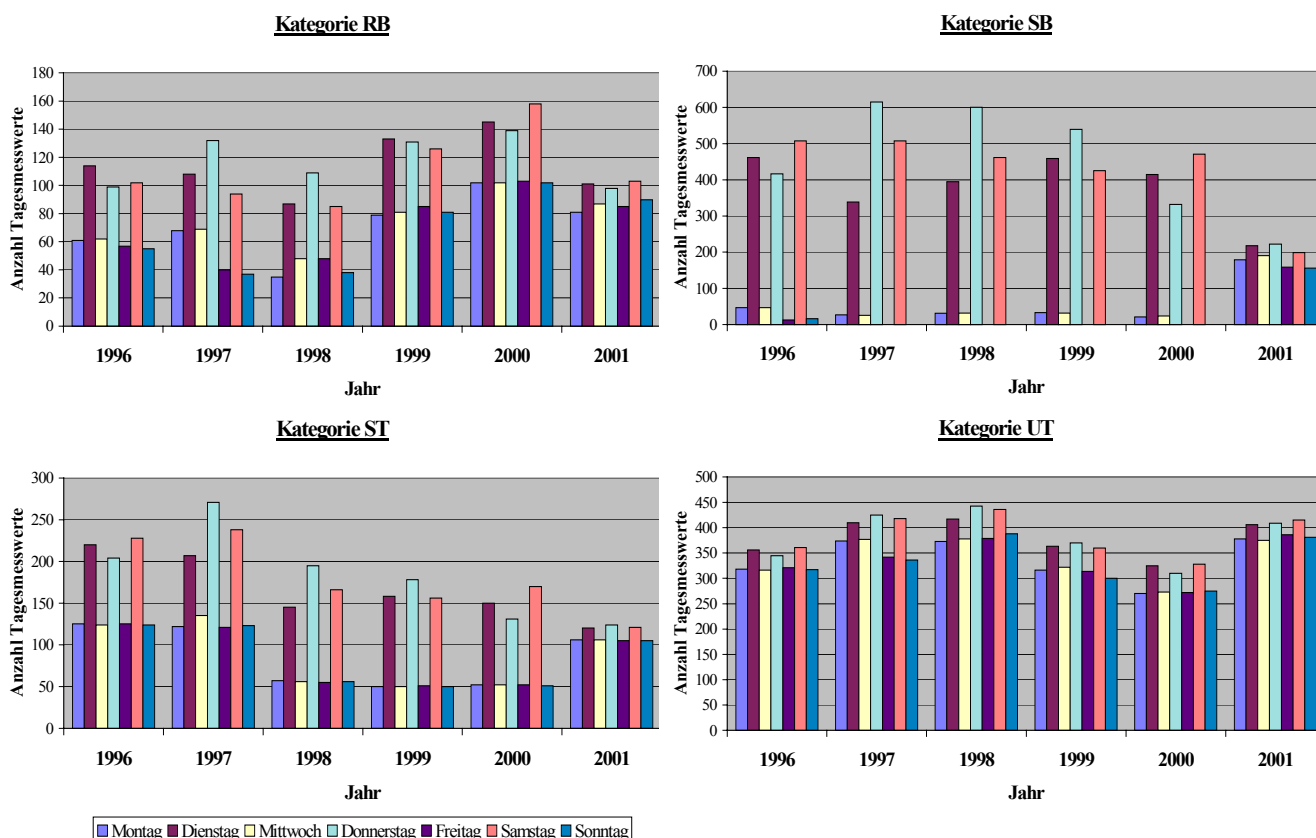
Monatsmittel sind entsprechend dem Vorhergesagten die **kleinste gemeinsame Basis aller vorhandenen Messwerte** für die statistischen Auswertungen der Datenbank **PAKStat**. Sie müssen für einen Teil der Daten aus den Tages-, Zweitages- und Wochenwerten gebildet werden.

Entsprechend den exemplarisch durchgeführten Untersuchungen zur Datenstatistik für Benzo[a]pyren /IFE 02/ zeigt sich, dass strikt geforderte Randbedingungen zu starken Verlusten an verfügbaren Daten führen. So stehen dort beim Durchsetzen einer 1/3-Mindestzahl Tageswerte zur Bildung der Monatsmittelwerte nur noch weniger als 50% der Stationen zur Auswertung zur Verfügung, und die Daten einiger Länder entfallen ganz (Nordrhein-Westfalen, Mecklenburg-Vorpommern; s.a. /IFE 02/). Bei den anderen PAKs ist aufgrund der z.T. wesentlich niedrigeren Messdichte die Auswirkung noch drastischer.

Um wenig Datenverluste hinnehmen zu müssen, sollen deshalb keine Restriktionen bei der Bildung der Monatsmittelwerte gelten. Wegen der Heterogenität des Datenbestandes hinsichtlich der Messabschnitte (Wochen-, Tagesmittel) ist die Verteilung im Monats- und Wochenang zu prüfen. Es muss untersucht werden, ob die Gesamtheit der Messwerte statistisch gut

über den ganzen Monat und über alle Wochentage verteilt ist. Nur dann ist dieses Vorgehen gerechtfertigt.

Die Untersuchung wird für die Stationskategorien RB, SB, ST und UT, allerdings exemplarisch nur für Benzo[a]pyren durchgeführt.



**Abb. 6.2.2-1: Häufigkeit der Tageswerte für BaP nach Stationskategorien, verteilt auf Wochentage**

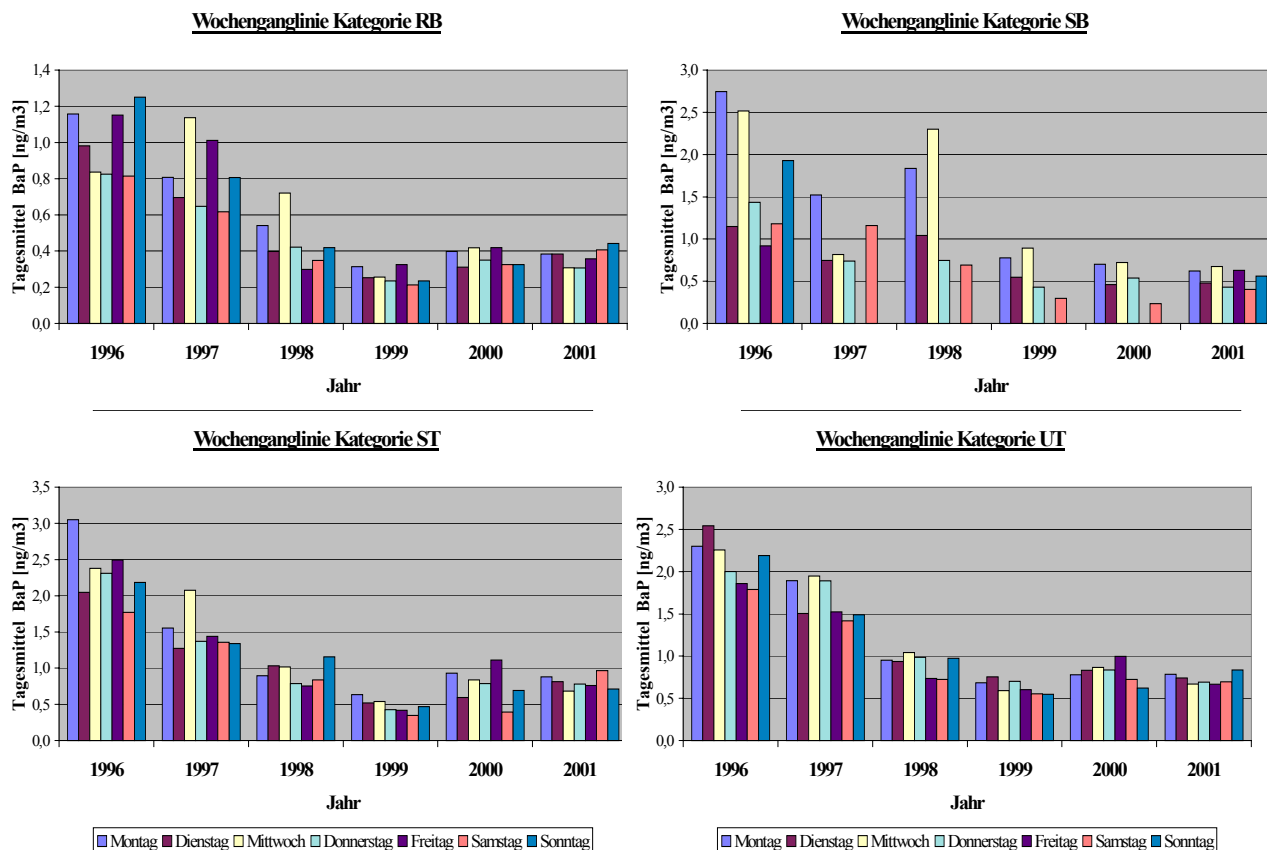
Abb. 6.2.2-1 zeigt die Messhäufigkeiten für die einzelnen Wochentage, summiert über das ganze Jahr. Für die Stationskategorien RB, ST und ganz ausgeprägt für SB ist eine Häufung von drei bevorzugten Messtagen im Wochengang in den Jahren 1996 bis 2000 zu sehen: das ist auf die Messgewohnheiten von Nordrhein-Westfalen zurückzuführen, wo immer am gleichen Wochentag gemessen wurde. In der Stationskategorie SB wurde von 1997 bis 2000 an zwei Tagen überhaupt nicht gemessen.

Ob und in welcher Weise sich diese singulären Messtage auf den Mittelwert für BaP, der aus den zugehörigen Messwerten gebildet wurde, auswirken, zeigt Abb. 6.2.2-2. Es ist aus den Abbildungen keine Korrelation zu den Messhäufungen an bestimmten Wochentagen zu erkennen, die Werte streuen nach anderen Mustern.

Die Untersuchung der statistischen Verteilung der Wochenmittelwerte beschränkt sich auf Schleswig-Holstein, wo entsprechend Tabelle 5.2.1-1 über das Jahr homogen verteilte Werte vorliegen.

### ***Aus diesen beiden Aussagen lässt sich Folgendes ableiten:***

Die Tages- und Wochenwerte des gesamten Datenfundus, selektiert nach Stationskategorien, sind statistisch ausreichend gut über die Wochentage und Wochen der Monate verteilt, so dass aus ihnen ohne Restriktionen Monatsmittelwerte gebildet werden können.



**Abb. 6.2.2-2: Wochentagesmittelwerte für BaP nach Stationskategorien, gebildet aus allen Tagesmittelwerten**

### **6.2.3 Jahresmittel**

Auch hier können die exemplarischen Untersuchungen zum Benzo[a]pyren aus /IFE 02/ verallgemeinert werden.

Bei der Bildung von Jahresmittelwerten sind die Verhältnisse anders als bei den Monatsmittelwerten; liegen Messwerte vor, werden vereinbarungsgemäß auch Monatsmittelwerte berechnet. Es gibt dann auf jeden Fall Werte, deren statistische Belastbarkeit zwar unterschiedlich ist, die aber beweisen, dass gemessen wurde. Die Forderung muss hier in der Form aufgemacht werden, welcher Anteil vom Jahr gemessen worden sein muss, um die Station in die Mittelwertbildung einbeziehen zu können.

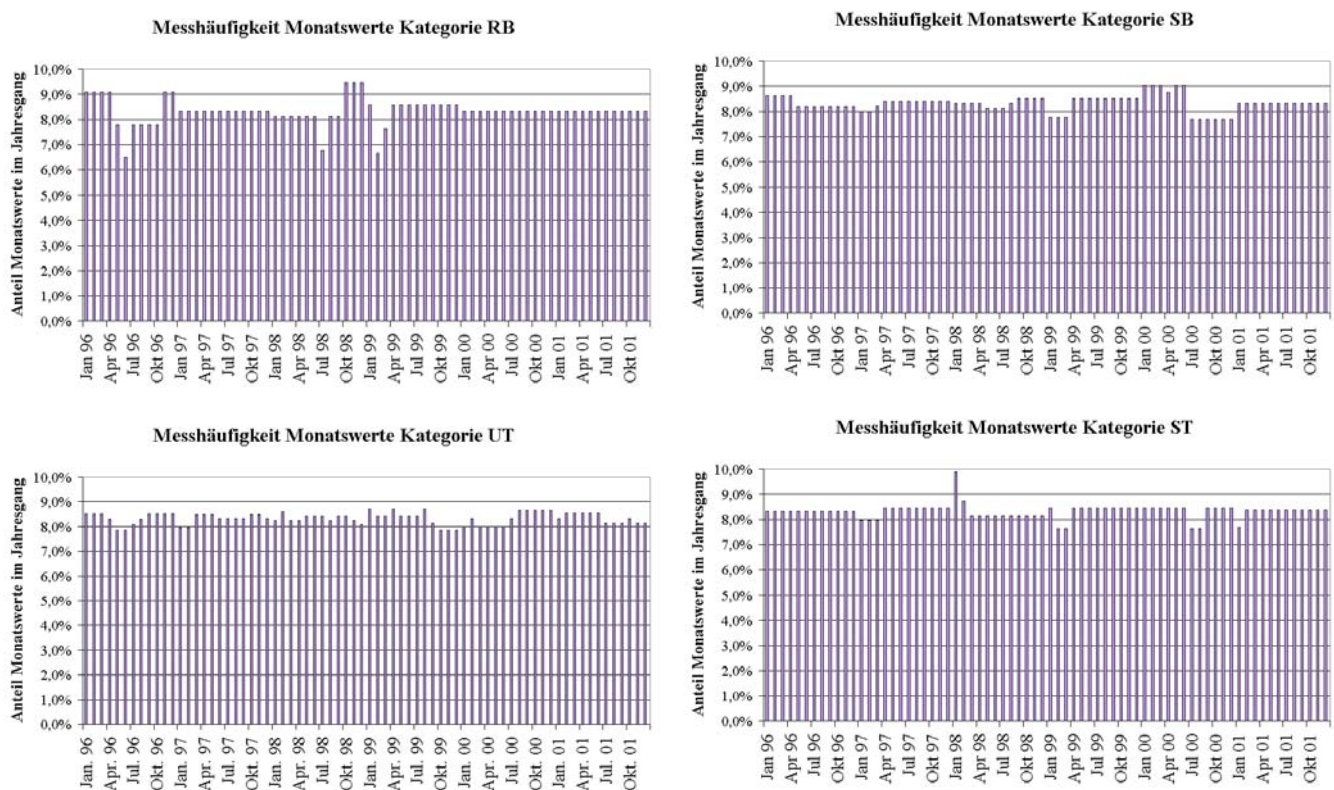
Die Auswertungen zum Benzo[a]pyren zeigen, dass durch die Forderung nach tatsächlich ganzjähriger Messung zwar zwischen 10 und 20% der Stationen aus der Statistik herausfallen



(/IFE 02/, Kapitel 4.3.5.2), der Jahresmittelwert über alle beteiligten Länder dadurch aber nicht wesentlich verändert wird.

Einschneidend wird diese Forderung jedoch bei Untersuchungen für andere PAK als BaP. Dann ist der Datenbestand z.T. dermaßen dünn, dass diese scharfe Forderung etwas aufgelockert werden muss, indem als **Restriktion** eingeführt wird: **die Bildung eines Jahresmittelwertes für eine Station setzt eine Jahresmessdauer von mindestens neun Monaten voraus.**

Auch jetzt muss, ebenso wie für die Monatsmittelwertbildung, die Homogenität des Datenbestandes, hier im Jahresgang, nachgewiesen werden.



**Abb. 6.2.3-1: Prozentuale Anteile der Monatsmittel an der Jahresgesamtanzahl für BaP, bezogen auf Stationskategorien**

Das Untersuchungsergebnis in *Abbildung 6.2.3-1* ist überzeugend: in allen Stationskategorien pendeln die Werte um 8,3%, d.h. es entfallen in fast allen Fällen auf jeden einzelnen Monat etwa 1/12 der für das Jahr ermittelten Monatswerte. Damit ist für die Einführung der Restriktion, dass Stationen ab mindestens 9 Monate Messdauer zur Jahresmittelwertbildung herangezogen werden können, für die vorliegende Datenmenge gesichert, da trotzdem eine Gleichverteilung der Monatsmittel über das ganze Jahr gewährleistet ist.

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 auch sauberere Weg über die Zwischenstufe Monatsmittelwerte gegangen. Hieraus erklären sich Unterschiede zwischen den von einigen Ländern veröffentlichten Werten und den Werten der Datenbank.

#### **6.2.4 Stationenkategorienmittel**

Alle Auswertungen für die PAKs werden neben den anderen Auswahlgrößen wie Gas-/Partikelphase,  $PM_{10}$ -/ $PM_{2,5}$ -Fraktion usw. nach Stationenkategorien durchgeführt. Es soll die Spezifik eines bestimmten Belastungsraumes untersucht werden. Mittelwerte über mehrere Stationenkategorien 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 Stationenkategorien 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 6.2.2 die kleinste gemeinsame Basis aller vorhandenen Messwerte.

#### **6.2.5 Länder-/Deutschlandmittel**

Die Mittelwertbildung auf Länder- oder nationaler Ebene (Monats-, Jahresmittelwerte) erfolgt analog Kapitel 6.2.4 immer für Stationenkategorien. Ländermittelwerte werden aus den Stationsmittelwerten und nationale Mittelwerte aus den Ländermittelwerten gebildet. Auf diese Weise wird die Messlastigkeit von Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen gedämpft.

### **6.3 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.

### **6.4 Umrechnung von TSP zur $PM_{10}$ -Fraktion**

#### **6.4.1 Auswertung von PAK-Messstationen**

Das Problem der Umrechnung von TSP-Werten in die  $PM_{10}$ -Fraktion entsteht durch die Umstellung der Staubprobenahme an PAK-Messstationen von der TSP- zur  $PM_{10}$ -Fraktionserfassung und das gleichzeitige Interesse an der Auswertung von PAK-Konzentrationen in größeren Zeitfenstern (etwa fünf Jahre) oder im Jahresvergleich. Da es schon 1996 vereinzelt  $PM_{10}$ -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 fünf Stationen, an denen zeitweise beide Stauffractionen parallel erhoben wurden: das sind 1998 zwei Stationen in Sachsen und im Jahr 2001 drei Stationen in Nordrhein-Westfalen, wobei in Sachsen bis auf Benzo[e]pyren alle in dieser Arbeit ausgewerteten PAKs gemessen wurden, in Nordrhein-Westfalen nur drei von ihnen, in beiden Ländern aber die Leitkomponente Benzo[a]pyren. Die Auswertungsergebnisse sind in *Tabelle 6.4.1-1* dargestellt. In der letzten Tabellenspalte ist ein Vergleichsergebnis eines Messpunktes in Rom dargestellt, für den Werte aus den Wintermonaten 1994 - 1997 er-



fasst wurden /CEC 99/.

Für Benzo[a]pyren, Benzo[ghi]perylene und Coronen lassen sich Vergleiche zwischen verschiedenen Stationskategorien anstellen:

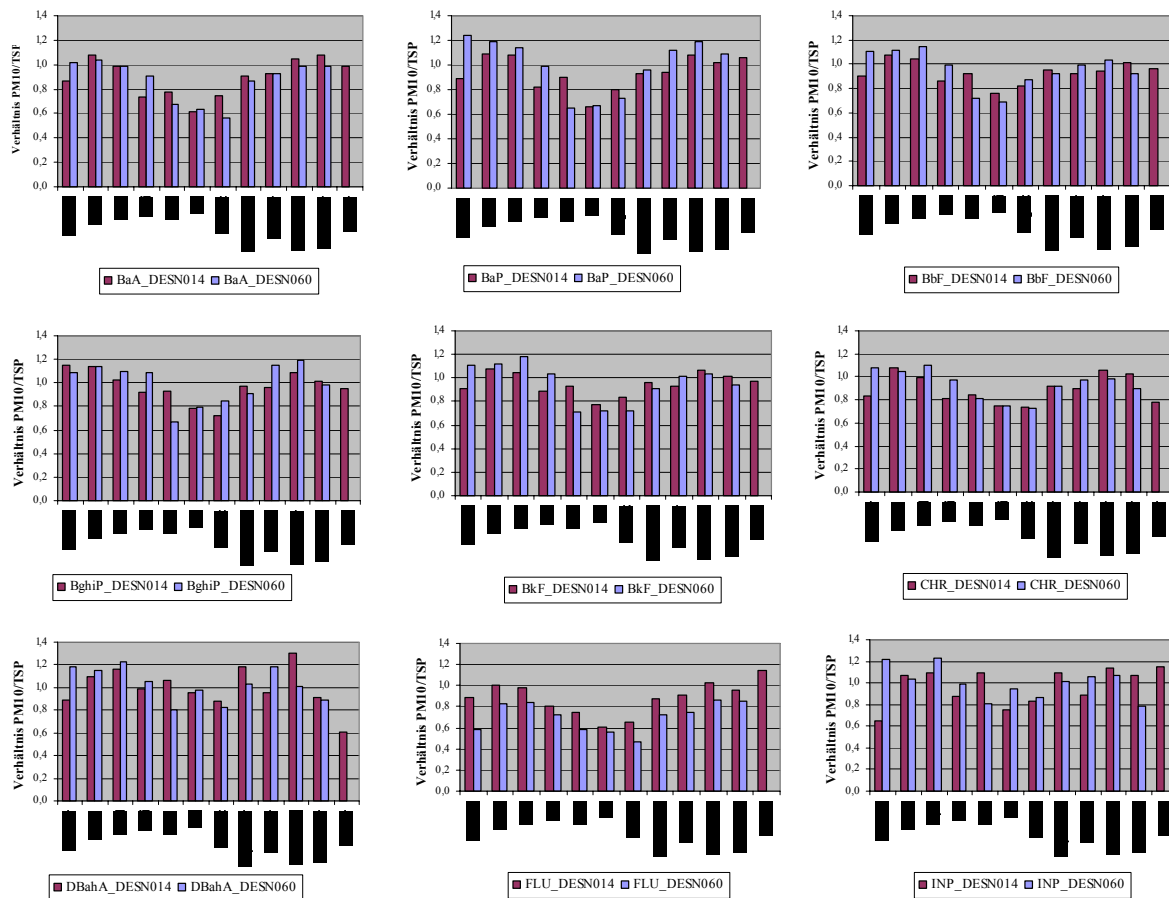
In allen drei Fällen sind die Umrechnungsfaktoren für die Verkehrsstationen am höchsten und für die Backgroundstationen am niedrigsten, während der Typ industrial (Station DENW905, es handelt sich um eine Kokerei) zwischen beiden liegt. Die Unterschiede sind z.T. beträchtlich.

**Tabelle 6.4.1-1: Vergleich TSP- und  $PM_{10}$ -Werte verschiedener PAKs von parallel gemessenen Stationen**

PAK	UBA_CODE	Stationskategorie	Jahresmittelwert		Verhältnis $PM_{10}/TSP$	Rom*
			$PM_{10}$ [ng/m <sup>3</sup> ]	TSP [ng/m <sup>3</sup> ]		
BaA	DESN014	UT	0,57	0,60	0,95	0,95
	DESN060	UT	0,53	0,72	0,74	
	Mittelwert				0,84	
BaP	DESN014	UT	0,63	0,66	0,95	0,90
	DESN060	UT	0,62	0,68	0,91	
	DENW028	SB	0,31	0,41	0,75	
	DENW037	ST	0,86	0,98	0,88	
	DENW905	UI	8,33	10,82	0,77	
	Mittelwert				0,85	
BbF	DESN014	UT	1,04	1,13	0,92	0,95
	DESN060	UT	0,98	1,19	0,82	
	Mittelwert				0,87	
BghiP	DESN014	UT	0,83	0,87	0,95	0,94
	DESN060	UT	0,94	1,02	0,92	
	DENW028	SB	0,33	0,49	0,67	
	DENW037	ST	0,92	0,93	0,99	
	DENW905	UI	6,67	8,12	0,82	
	Mittelwert				0,87	
BkF	DESN014	UT	0,41	0,43	0,95	0,89
	DESN060	UT	0,39	0,47	0,83	
	Mittelwert				0,89	
CHR	DESN014	UT	0,91	0,95	0,96	0,91
	DESN060	UT	0,87	1,15	0,76	
	Mittelwert				0,86	
COR	DENW028	SB	0,11	0,17	0,65	0,91
	DENW037	ST	0,24	0,24	1,00	
	DENW905	UI	1,21	1,41	0,86	
	Mittelwert				0,84	
DBahA	DESN014	UT	0,07	0,07	1,00	0,91
	DESN060	UT	0,06	0,07	0,86	
	Mittelwert				0,93	
FLU	DESN014	UT	0,85	0,90	0,94	0,79
	DESN060	UT	0,57	0,99	0,58	
	Mittelwert				0,76	
INP	DESN014	UT	0,74	0,76	0,97	0,89
	DESN060	UT	0,71	0,85	0,84	
	Mittelwert				0,90	

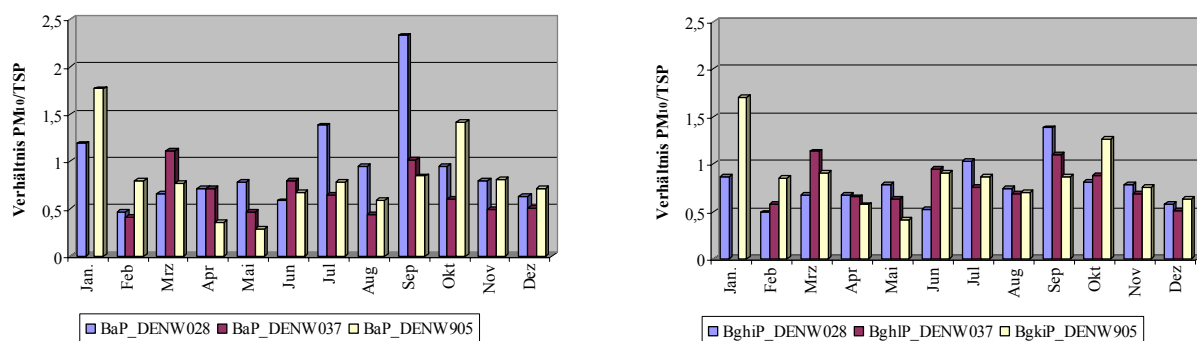
\* Messpunkt: Straße in Rom, Messzeitraum: Winter 1994 - 1997

Weitergehende Untersuchungen für die beiden sächsischen Verkehrsmessstationen zeigen z.T. deutliche Jahresganglinien im Verhältnis  $PM_{10}/TSP$  für die PAKs, wobei die Werte insbesondere in den Wintermonaten zeitweise  $>1$  sind (Abbildung 6.4.1-1). Eine Überschätzung der Feinstaubbelastung durch systematische Fehler kann nicht ausgeschlossen werden.



**Abb. 6.4.1-1:** *Verhältnis Monatsmittel  $PM_{10}$ /TSP für parallel gemessene Stationen Sachsens (Stationskategorie UT – urban traffic) und verschiedene PAKs*

Die gleiche Untersuchung für BaP und BghiP und die drei nordrhein-westfälischen Stationen liefert durchaus nicht so eindeutige Ergebnisse (Abbildung 6.4.1-2).



**Abb. 6.4.1-2:** *Verhältnis Monatsmittel  $PM_{10}$ /TSP für parallel gemessene Stationen Nordrhein-Westfalens für BaP und BghiP*

An diesen drei Stationen sind nicht alle Messungen zweifach ausgeführt worden, in zwei Fällen wurden dreimal soviel  $PM_{10}$ - wie TSP-Messungen gemacht (von 190 bzw. 211), und in einem Falle (DENW905) doppelt soviel TSP-Messungen (von 444).

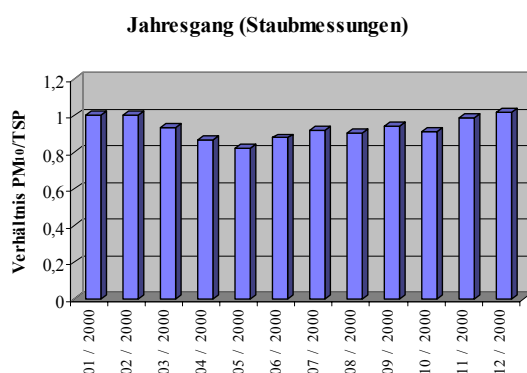
Versuche, für jedes PAK aus allen in der Datenbank erfassten TSP-Werten und  $PM_{10}$ -Werten Umrechnungsfaktoren zu ermitteln, schlugen fehl. In diese Werte gehen die Spezifika der jeweiligen Stationen zu sehr ein, es handelt sich ja in jedem Falle um verschiedene Gruppierungen von Standorten. Die Untersuchung wurde nach Stationskategorien durchgeführt; selbst in der Stationskategorie UT (urban traffic) mit relativ vielen Stationen wurde kein plausibles Ergebnis erzielt.

#### 6.4.2 Auswertung von Staubtabellen

Die Auswertung der Tabellen von Staubmessungen aus dem Jahre 2000 hatte den Hintergrund, aus an einigen Stationen gleichzeitig durchgeführten TSP- und  $PM_{10}$ -Messungen einen Faktor zu ermitteln, der hilfreich für die Umrechnung der PAK-Konzentrationen von TSP- zu  $PM_{10}$ -Werten wäre. *Tabelle 6.4.2-1* enthält die Messstationen und die Verhältnisse der  $PM_{10}$ -Fraktion zur TSP-Fraktion. Die Werte streuen zwischen 0,82 und 1,0 und liegen damit im Bereich der aus den PAK-Messstationen ermittelten (*Kapitel 6.4.1*). Auch der Jahresgang (*Abbildung 6.4.2-1*) ist ähnlich dem der PAK-Messungen, wie er an den sächsischen Stationen beobachtet wurde. Das Verhältnis wird allerdings hier nie >1. Zusätzliche Erkenntnisse sind aus diesen Untersuchungen nicht zu erzielen.

**Tabelle 6.4.2-1: Verhältnswerte  $PM_{10}$  zu TSP aus Staubmessungen**

UBA_Code	Stationsname	Ort	Straße	Jahr	Verhältnis $PM_{10}/TSP$
DEBB006	Cottbus-Süd	Cottbus	Welzower Str.	2000	1,00
DERP013	Westpfalz-Waldmohr	Dunzweiler	Forstrevier	2000	0,95
DETH011	Altenburg Theaterplatz	Altenburg	Theaterplatz	2000	0,82
DETH021	Mühlhausen Brunnenstr.	Mühlhausen	Brunnenstr.	2000	0,97
DETH032	Gotha	Gotha	Gartenstr.	2000	0,84
DETH036	Greiz Mollbergstr.	Greiz	Mollbergstr.	2000	0,90
DETH060	Zella-Mehlis	Zella-Mehlis	Karl-Liebknecht-Platz	2000	0,99
Mittelwert				2000	0,92



**Abb. 6.4.2-1: Jahresgang des Verhältnisses der  $PM_{10}$ -Fraktion zu den TSP-Werten aus Staubmessungen (zu Tabelle 6.4.2-1)**

### 6.4.3 Zusammenfassung

Die erfassten Daten enthalten u.a. die Messergebnisse von fünf Stationen sowohl mit TSP- als auch PM<sub>10</sub>-Messungen, die über 12 Monate durchgeführt wurden. Es handelt sich dabei um Messstellen, die vier verschiedenen Stationskategorien angehören.

Die Auswertungen lieferten die in *Tabelle 6.4.3-1* aufgeführten Mittelwerte des Verhältnisses PM<sub>10</sub> zu TSP für die Jahresmittelwerte, die bei den Auswertungen der Datenbank verwendet werden. Anwender haben die Möglichkeit, andere Faktoren zu verwenden. Sie sind wählbar.

**Tabelle 6.4.3-1: Umrechnungsfaktoren für die Auswertungen mit der Datenbank PAKStat**

PAK	BaA	BaP	BbF	BghiP	BkF	CHR	COR	DBahA	INP
Verhältnis PM <sub>10</sub> /TSP	0,84	0,85	0,87	0,87	0,89	0,86	0,84	0,93	0,90

Die Tabelle mit den Umstellungsterminen der Stationen von TSP auf PM<sub>10</sub> befindet sich im Anhang C.

## 7 Statistische Datenauswertungen

### 7.1 Datenbank PAKStat

Die Datenbank PAKStat (**PAK-Statistik**) wurde unter Microsoft-Access entwickelt und enthält alle von den Ländern übermittelten PAK-Messwerte der Jahre 1996 bis 2002. Kapitel 5 enthält ausführliche Erläuterungen der Datenbasis. Weiterhin wird dort die Datenstatistik ausgewertet.

Im Folgenden sollen im Überblick insbesondere die Möglichkeiten der Datenauswertung dargestellt und erläutert werden. Ausführliche Beschreibungen enthält das zur Datenbank gehörende Handbuch /IFE 03/.

#### 7.1.1 Datenbankauswertungen

*Abbildung 7.1.1-1* enthält die Bildschirmdarstellung des Eingangsmenüs. Die wählbaren Auswerteblocke haben folgende Inhalte:

##### Messstellenstatistik

Den Icons *Messstelleninformationen* und *Länderstatistik PAK-Messungen* von *Abbildung 7.1.1-1* ist die gesamte Statistik der Messstellen, der PAK-Messungen und der Messprogramme der Länder und einzelner Stationen hinterlegt. Das betrifft alle Auswertungen, die im *Kapitel 5* ausführlich vorgenommen wurden, ausgenommen die geografischen Darstellungen, die mit Hilfe eines GIS erstellt wurden.

##### Datenexport

Der Datenexport erfolgt nach Jahren für alle Monatsmittelwerte der Stationen eines Bundeslandes in eine csv-Datei entsprechend fester Vorgabe durch das UBA, da ab dieser Aggregie-

rungsstufe weitgehend lückenlose Datensätze in die Luftdatenbank des UBA überführt werden können.

### **Datenbearbeitung/Datenpflege/Rohdaten**

Der fachliche Inhalt zum Icon *Umwandlungsfaktoren PM<sub>10</sub>/TSP* wird im *Kapitel 6.4* behandelt. Die Umrechnungsfaktoren sind wie unter 6.4.3 angegeben frei wählbar, können je nach Stand der wissenschaftlichen Untersuchungen aktualisiert werden.

Die Schaltstelle *Rohdaten* ist für jeden Nutzer der Zugang zu den Ursprungsdaten der einzelnen Messstellen und für autorisierte Datenbankbetreiber der Ausgangspunkt zur Datenpflege und Datenerweiterung.

### **Datenstatistik**

Unter dem Oberbegriff *Datenstatistik* werden alle in der Datenbank verfügbaren statistischen Verfahren zur Auswertung der PAK-Messreihen aktiviert. Sie werden im *Kapitel 7.1.2* beschrieben.

Die Icons *Datenstatistik alle Stationen* und *Datenstatistik permanent messende Stationen* sind plausibel: während im ersten Falle alle messenden Stationen ausgewertet werden, werden im zweiten Falle nur - für einen wählbaren Zeitraum - dauerhaft messende Stationen selektiert. Die an die Auswahl anschließenden verfügbaren statistischen Auswerteverfahren sind in beiden Fällen gleich.

## **7.1.2 Statistische Auswertungen**

### **7.1.2.1 Statistikauswahl und prinzipieller Aufbau der Auswahlmenüs**

#### **Datenstatistikauswahl**

*Abbildung 7.1.2-1* zeigt das Menü für die Statistikauswahl. Die Bezeichnungen sind selbsterklärend, deshalb wird nicht weiter darauf eingegangen.

In diesem Menü wird das zur Auswertung vorgesehene PAK ausgewählt. Unter dem Icon *Info* kann sich der Nutzer einen groben Überblick zur Datenbasis für dieses PAK verschaffen.

#### **Auswahlmenüs**

Nach Auswahl einer Datenstatistik (Ganglinien oder Häufigkeiten oder ...) wird ein Bildschirm zur weiteren Einengung der Datenauswahl geöffnet. Dieser hat trotz unterschiedlicher statistischer Inhalte weitestgehend den gleichen Aufbau:

- Wahl *Phase/Verfahren*: Gasphase, Gas- und Partikelphase, PM<sub>10</sub>, TSP, PM<sub>10</sub>&TSP <sup>1</sup>,
- im Einzelfall Auswahl weiterer Parameter wie *Grenz- oder Schwellenwerte*,
- Auswahl nach Zielparametern (Gruppen 1 bis 3):
  - Auswertung für *alle Bundesländer* für ein bestimmtes Jahr und eine bestimmte Stationskategorie,
  - Auswertung für *auszuwählende Jahre* für ein Bundesland oder gesamte Bundesrepu-

---

<sup>1</sup> echtePM<sub>10</sub>-Werte plus in PM<sub>10</sub>-Werte umgerechnete TSP-Werte

- blik und eine bestimmte Stationskategorie,
- Auswertung für *alle Stationskategorien* für ein bestimmtes Jahr und ein Bundesland oder die gesamte Bundesrepublik.

*Abbildung 7.1.2-2 zeigt beispielhaft das Auswahlmenü für Messwertverteilungen.*

Bei der Wahl der Zielparameter (Jahr, Land usw.) erscheinen im Auswahlmenü aus der großen Anzahl von theoretisch möglichen Kombinationen nur die Varianten, für die nachfolgend tatsächlich Daten vorhanden sind.

### **7.1.2.2    *Bildschirminhalte der statistischen Auswertungen und Ergebnisexport***

#### **Datenstatistik**

Nach der Vorauswahl aller Parameter wird je nach Auswahl ein Bildschirm mit der Darstellung der Ergebnisse in grafischer oder tabellarischer Form geöffnet. Er enthält weiterhin alle relevanten Informationen zu den gewählten Parametern. Die *Abbildungen 7.1.2-3 bis 7.1.2-8* zeigen die Bildschirminhalte für

- Jahresganglinien,
- Quantile, Median, Mittelwerte,
- Überschreitungshäufigkeiten,
- Messwertverteilungen für Monats- und Jahresmittel,
- Häufigkeiten in Bezug auf Schwellenwerte,
- Jahresmittelwerte / Extrema.

Sie sind weitestgehend selbsterklärend.

Grundsätzlich ist immer ein Informationsteil über die Datengrundlage der jeweiligen Auswertung enthalten. Er enthält entweder die Anzahl der für die Auswertung erfassten Stationen, die Anzahl der beteiligten Länder oder die der Mittelwerte. Damit hat der Datenbanknutzer die Möglichkeit zu entscheiden, ob die Ergebnisse repräsentativ für das gewählte Zeit- oder Ortsfenster sind.

#### **Ergebnisexport**

Alle grafischen Darstellungen können an Ort und Stelle nach den Excel-Modalitäten bearbeitet oder auch direkt kopiert werden. Sie werden bei Doppelclick für die interaktive Arbeit geöffnet.

Die Tabellen können exportiert oder kopiert werden, so dass sich aus mehreren Ergebnissen neue Tabellen oder Grafiken in MS-Excel oder MS-Word erzeugen lassen. So sind z.B. direkte Vergleiche von TSP- und PM<sub>10</sub>-Werten oder von verschiedenen PAKs möglich, die in der Datenbankauswertung so nicht vorgesehen sind, da immer nur Einzelauswertung erfolgt.









*Abb. 7.1.2-2: Beispielhaftes Menü für Parameterauswahl (hier Messwerthäufigkeiten)*



***Abb. 7.1.2-3: Bildschirmabbild Ganglinienstatistik***



*Abb. 7.1.2-4: Bildschirmabbild Häufigkeitsverteilung/Quantile*



**Abb. 7.1.2-5:   Bildschirmabbild   Überschreitungshäufigkeiten**





***Abb. 7.1.2-7:  Bildschirmabbild Schwellenwertüberschreitung***



## 7.2 *PAKs des Vorschlages für die Tochterraichtlinie*

### 7.2.1 *Grundlagen*

Der Vorschlag für die 4. Tochterraichtlinie 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:

- Benzo[a]pyren gilt als Marker für das karzinogene Risiko von PAKs in der Luft. Weitere PAK-Verbindungen (Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[j]fluoranthren, Indeno[1,2,3-cd]pyren, Dibenzo[ah]anthracen und Fluoranthren) sind an einer begrenzten Anzahl von Messstationen pro Bundesland zu messen, um den Anteil des BaP als Indikator-komponente am PAK-Profil überwachen zu können.
- Die Immissionskonzentrationen von As, Cd, Hg, Ni ... und Benzo[a]pyren der letzten fünf Jahre, mindestens Werte von drei Jahren dieses Zeitraumes, sind für das gesamte Hoheitsgebiet der Mitgliedsstaaten auszuwerten.
- Die Mitgliedsstaaten sind aufgefordert, dafür zu sorgen, dass der Zielwert (zugleich Bewertungsschwelle) für Benzo[a]pyren von  $1 \text{ ng/m}^3$ , bezogen auf den Gehalt in der  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion, als Durchschnittswert eines Kalenderjahres nicht überschritten wird.
- Die Mitgliedsstaaten erstellen eine Liste von Gebieten und Ballungsräumen, in denen diese Bewertungsschwelle/Zielwert unterschritten wird.
- Die Mitgliedsstaaten erstellen eine Liste von Gebieten und Ballungsräumen, in denen der Zielwert überschritten wird. Es ist anzugeben, in welchen Teilgebieten der Wert überschritten wird und welche Quellen dazu beitragen.
- Für Benzo[a]pyren sind in allen Ballungsgebieten ortsfeste Messungen vorgeschrieben. Die Anzahl der Messstellen ist abhängig von der Bevölkerungszahl.
- Kontrolle von Bewertungsschwellen: Eine Bewertungsschwelle gilt als überschritten, wenn sie in mindestens drei der vorangegangenen fünf Jahre überschritten wurde. Definition: „Bewertungsschwelle“ ist ein festgelegter Wert, bei dessen Überschreitung die Überwachung der Luftqualität obligatorisch wird. Er beträgt für Benzo[a]pyren lt. Vorschlag, ebenso wie der Zielwert,  $1 \text{ ng/m}^3$  und wird ermittelt als Gesamtgehalt der  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion als Durchschnitt eines Kalenderjahres.

Die Mindestzeiterfassung beträgt für

- ortsfeste Messungen 33%,
- indikative Messungen 14%.

Ausgehend von diesen Anforderungen werden im Folgenden ausführlich Benzo[a]pyren und im Überblick die weiteren oben genannten PAKs untersucht, wobei auf Grund der Datenlage folgende Einschränkungen gemacht werden müssen:

- Es werden nur die Stationskategorien **UT, RB, SB,ST** untersucht (ausführliche Begründung siehe *Kapitel 5.3*).
- Untersuchungen der PAKs sind nur entsprechend der nachfolgenden Matrix sinnvoll (siehe dazu auch *Tabellen 5.3.4-1 ff.*). Die mit „(x)“ gekennzeichneten Varianten sind wegen unzureichender Datenbasis nur bedingt auswertbar; dabei gilt für fast alle, dass 1996/97 noch ausreichend Messwerte vorhanden waren, danach aber drastische Reduzierungen in



den Messprogrammen einiger Länder zu einer Datenverarmung führten. Folgende Auswertungen werden vorgenommen:

PAK	RB	SB	ST	UT
BaA	x	x	x	x
BaP	x	x	x	x
BbF	(x)	(x)	(x)	x
BkF	(x)	(x)	(x)	x
DBahA	(x)	x	x	x
FLU	-	-	(x)	(x)
INP	(x)	(x)	(x)	x

## 7.2.2 Auswertungen Benzo[a]pyren

### 7.2.2.1 Jahresmittelwerte

Entsprechend den Angaben in /KOM 03/ und entsprechend den vorliegenden Untersuchungen variierten die typischen jährlichen Durchschnittskonzentrationen des als Leitkomponente verwendeten Benzo[a]pyrens in den neunziger Jahren zwischen 0,1 und 1 ng/m<sup>3</sup> in ländlichen Hintergrundgebieten (RB); in städtischen Gebieten lagen die Werte zwischen 0,5 und 3 ng/m<sup>3</sup> (Verkehrspunkte liegen im oberen Teil dieser Spannbreite) und in der nächsten Umgebung bestimmter Industrieanlagen bei bis zu 30 ng/m<sup>3</sup>.

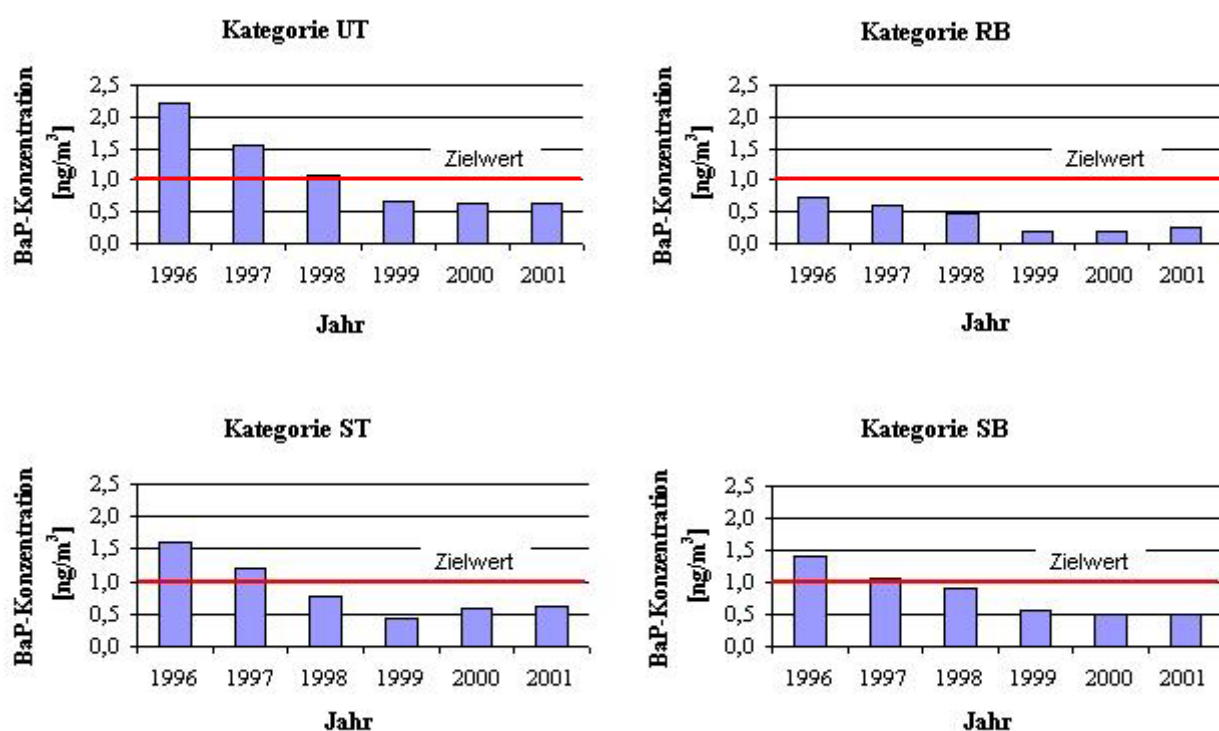


Abb. 7.2.2-1: BaP-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Messwerte

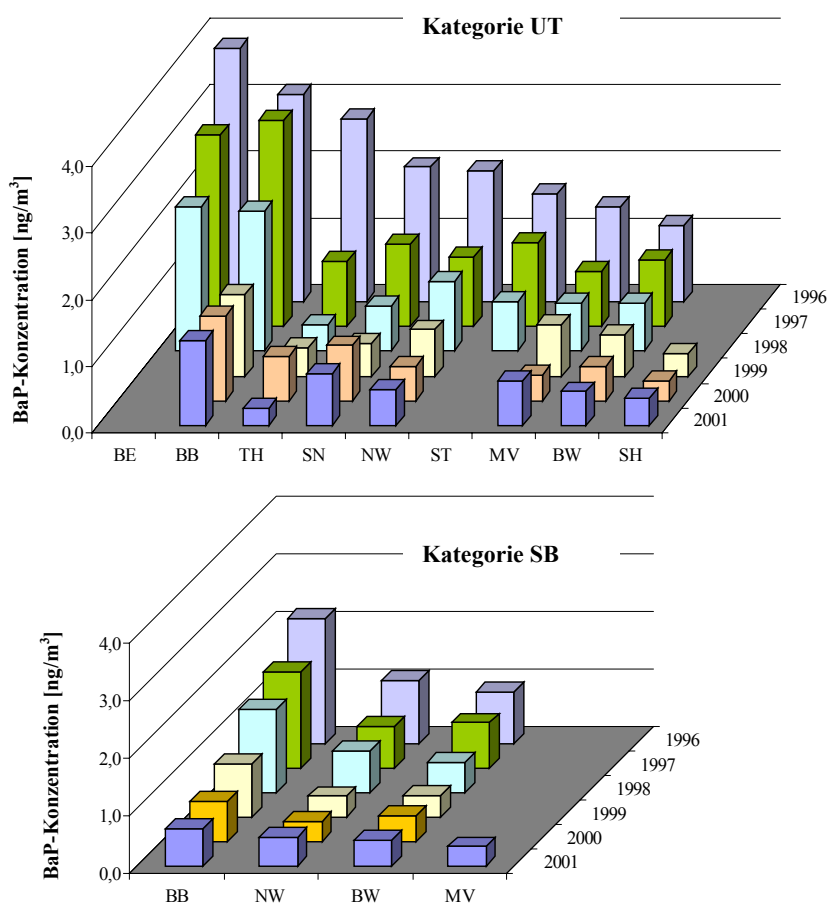
Wie die Abbildung 7.2.2-1 zeigt, fallen die BaP-Jahresmittelwerte in der zweiten Hälfte der neunziger Jahre in diese Bereiche. In allen vier betrachteten Stationskategorien haben sie im Zeitraum 1996 bis 2001 jedoch stark abgenommen. Während 1996 die Werte für die städti-

sche Stationskategorie UT bei  $2,2 \text{ ng/m}^3$  und bei den beiden vorstädtischen Stationskategorien SB und ST um  $1,5 \text{ ng/m}^3$  lagen, liegen die Jahresmittelwerte hier seit der Jahrtausendwende nur noch bei etwa  $0,5 \text{ ng/m}^3$ , was Abnahmen um bis zu 70% bedeutet. Im ländlichen Background-Bereich verringerten sich die mittleren Konzentrationen von  $0,75 \text{ ng/m}^3$  auf etwa  $0,2 \text{ ng/m}^3$ , eine ebenso große Absenkung der BaP-Belastung. Dies bedeutet im Mittel ein etwa gleichmäßiges Absinken der Belastung für alle Stationskategorien.

Betrachtet man die Stationskategorien mit der höchsten und der niedrigsten Belastung (UT und RB), so ist festzustellen, dass das ländliche Background-Mittel in den Untersuchungsjahren 30 bis 40% des Jahresmittels der städtischen, verkehrsbeeinflussten Stationen (UT) beträgt. Wie ersichtlich ist, erfolgten die Verminderungen noch in den neunziger Jahren; nach der Jahrtausendwende sind die Jahresmittel der Stationskategorien fast konstant geblieben.

Entscheidend für die positive Entwicklung dürfte ein Spektrum von Maßnahmen sein, das die Umsetzung der Wärmeschutzverordnung, Änderungen der Brennstoffstruktur, bewussteres Verbraucherverhalten und die strengeren EU-Abgasnormen umfasst.

Die Grundaussagen zur Entwicklung der BaP-Belastung sind auch ohne Ausnahme für die einzelnen Bundesländer gültig, wie die Beispiele für die Stationskategorien UT und SB für alle messenden Länder zeigen (Abbildung 7.2.2-2).



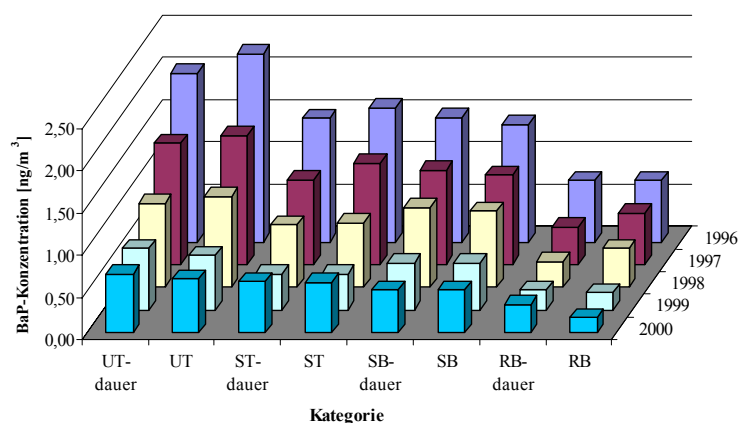
**Abb. 7.2.2-2: BaP-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle messenden Länder**

### 7.2.2.2 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 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 zwar die Effekte gefiltert, die durch Standortänderungen bedingt sind, aber die standorttypischen und daher stationsspezifischen Besonderheiten dieser Messstellen bleiben 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. Die Vergleichsjahre wurden nur bis 2000 gewählt, weil die Gruppe danach in Folge zu geringer Stationsanzahl z.T. nicht mehr auswertbar ist.

Abbildung 7.2.2-3 zeigt für die Stationskategorien UT, ST, SB und RB den Vergleich des Jahresmittelwertes der Gesamtheit der messenden Stationen mit dem der permanent messenden Stationen (Kategoriebezeichnung mit der Erweiterung „dauer“).



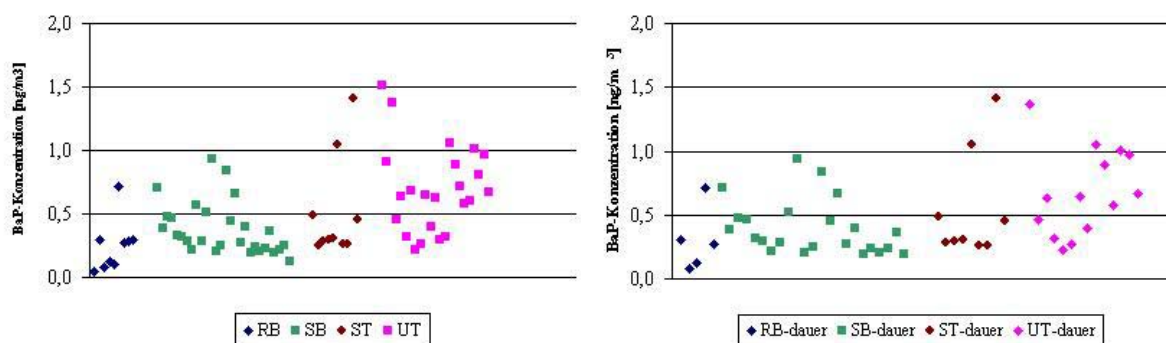
**Abb. 7.2.2-3: Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel für alle zwischen 1996 und 2000 messenden und permanent messenden Stationen**

Es ist aus der Grafik zu erkennen, dass die Absolutwerte beider Stationengruppierungen für die Stationskategorien UT, ST und SB gute Übereinstimmung zeigen, in der Stationskategorie RB alternieren die Werte zwischen –30 und + 80% Abweichung.

Abbildung 7.2.2-4 zeigt in einer Punktverteilung für das Jahr 2000 die BaP-Jahresmittelwerte sowohl aller Einzelmessstellen als auch der permanent messenden, die eine Untermenge davon sind. Vergleicht man diese Abbildung mit Abbildung 7.2.2-3, kommt man zu folgendem Ergebnis: Die Stationskategorien UT, ST und SB zeigen für das Jahr 2000 eine annähernde Übereinstimmung der beiden Jahresmittelwerte (Abweichungen um 5%). Gleichzeitig erkennt man, dass die Punktwolken der dauergemessenen Stationen für diese Stationskategorien etwa den Wertebereich der Gesamtheit der Messstationen überstreichen bzw. den gleichen Schwerpunkt haben und damit ihre Stationskategorien repräsentieren.. Für RB ist das ganz sichtbar

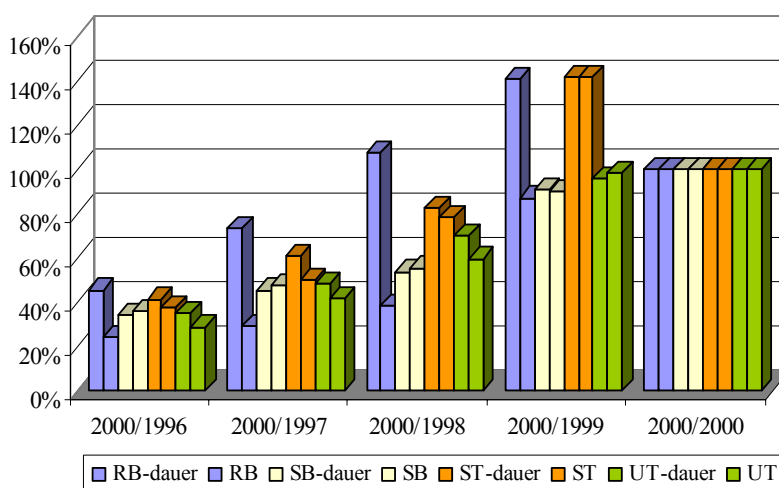
nicht der Fall, weswegen auch die Abweichung des Mittelwertes (über 80%) der dauergemessenen Stationen in *Abbildung. 7.2.2-3* größer ist. Hier hat die geringe Anzahl von Messwerten Auswirkungen.

In der Stationskategorie SB ist trotz der wenigen Messpunkte das Ergebnis auch deswegen so gut, weil neun von den zehn Messstellen permanent gemessen wurden und dadurch in beiden Gruppen vertreten sind.



**Abb. 7.2.2-4:** Punktverteilung der BaP-Jahresmittelwerte für alle im Jahr 2000 messenden Stationen

Eine weitere Untersuchung gilt dem Trend, mit dem die Werte über die Jahre, für beide Gruppen gleichermaßen gut sichtbar, abnehmen. In *Abbildung 7.2.2-5* ist das Verhältnis der Jahresmittelwerte zum Bezugsjahr 2000 für die Stationskategorien dargestellt. *Tabelle 7.2.2-1* enthält die jahresabhängige Anzahl von Messstationen.



**Abb. 7.2.2-5:** Verhältnis der BaP-Jahresmittelwerte der Stationskategorien zum Bezugsjahr 2000

**Tabelle 7.2.2-1: Anzahl der messenden Stationen in den Stationskategorien**

Jahr	Anzahl Messstationen							
	UT-dauer	UT	ST-dauer	ST	SB-dauer	SB	RB-dauer	RB
	14		9		23		5	
1996		37		16		39		5
1997		47		18		40		7
1998		44		14		37		6
1999		27		10		33		9
2000		23		10		28		9

Auch hier kommen gute Ergebnisse für die beiden Verkehrskategorien und die Stationskategorie vorstädtisches Background-Milieu im Vergleich der permanent zu allen gemessenen Stationen zustande. Es besteht eine sehr gute Übereinstimmung in den Verhältniszahlen, und die prozentuale Abnahme über den gesamten Zeitraum ist für alle gleich gut erkennbar. Es ist wieder der mehrfach beschriebene leichte Anstieg von 1999 zu 2000 für einzelne Stationskategorien zu beobachten.

RB ist in beiden Fällen statistisch nicht gut vertreten, so dass Einwirkungen von individuellen Besonderheiten der Stationen in diesem Falle einen zu großen Einfluss haben und jede Messstellengruppierung einen eigenen Abnahmetrend hat.

### **Schlussfolgerungen**

Bei ausreichender Anzahl von Vergleichsstationen (Stationskategorien UT, ST und SB) zeigen die BaP-Jahresmittelwerte für die permanent messenden Stationen einerseits und alle messenden Stationen andererseits im Zeitfenster von 1996 bis 2000 eine gute Übereinstimmung. Trotz laufender Veränderungen in der Zusammensetzung der zweiten Gruppierung wird das Gesamtbild im Vergleich zur ersten Gruppe nur unwesentlich beeinflusst (*Abbildung 7.2.2-3*).

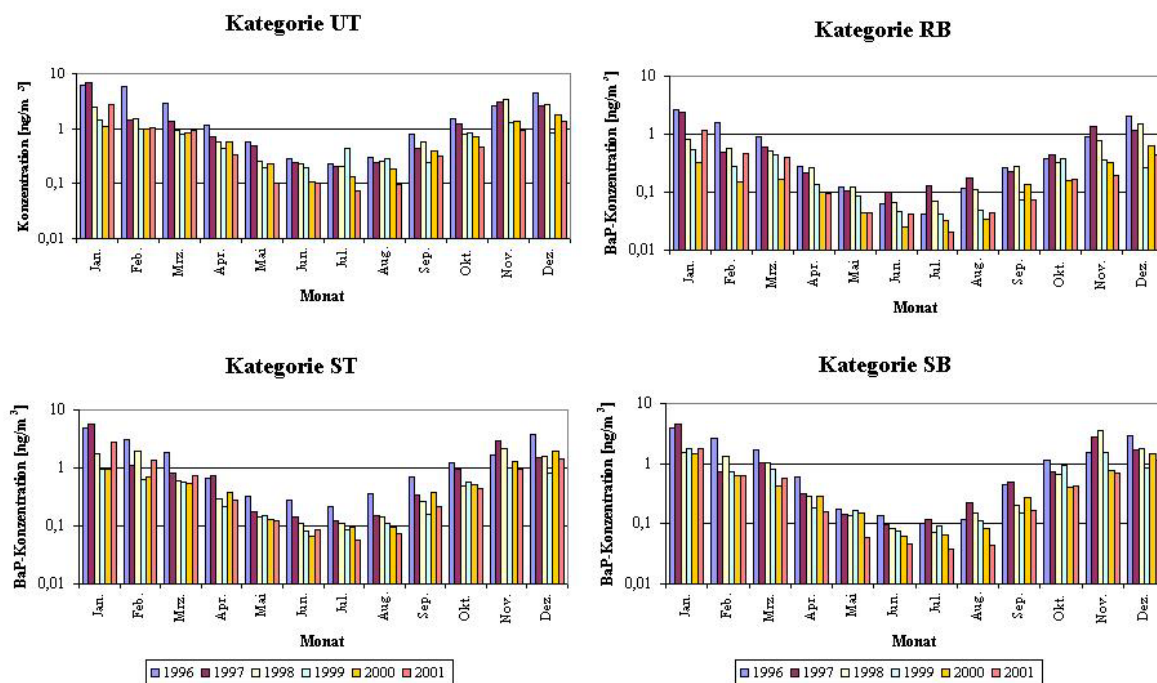
Die vorliegende Einteilung der Stationen in die verschiedenen Gebiets- und Stationskategorien wurde demzufolge nach plausiblen und wirkungsvollen Gesichtspunkten vorgenommen. Andererseits kennzeichnen die Einstufungsmerkmale die Stationskategorien gut: die Punktwolken in *Abbildung 7.2.2-4* überstreichen einen bestimmten, definierbaren Bereich mit einem für die Stationskategorien charakteristischen Schwerpunkt. Auf die Streubreite der einzelnen Stationskategorien wird später noch detailliert eingegangen.

Die Trendentwicklung gleicht sich über alle Stationskategorien sowohl der permanent gemessenen als auch aller gemessenen Stationen langfristig aus (RB mit den oben erklärten Einschränkungen). Das Verhältnis der Werte von 1996 zu denen von 2000 liegt zwischen 30 und 40%, wobei die Trendkurven durchaus unterschiedlich verlaufen (*Abbildung 7.2.2-5*).

### **7.2.2.3 Jahresgang**

Der durch die Verbrennung fossiler Brennstoffe gedeckte höhere Energiebedarf für Heizzwecke und die höheren Kfz-Emissionen in der kalten Jahreszeit führen zu einem ausgeprägten Jahresgang der BaP-Belastung. Wie aus der *Abbildung 7.2.2-6* erkennbar ist, gilt dies für alle Stationskategorien, wobei die Monatsmittel der Stationskategorie UT jeweils am höchsten

sind, gefolgt von den vorstädtischen Stationskategorien ST und SB sowie der Kategorie RB mit den niedrigsten Werten. Die Unterschiede zwischen den Messstellenklassen sind vor allem in den Wintermonaten offensichtlich.



**Abb. 7.2.2-6: Jahresganglinien für Benzo[a]pyren nach Stationskategorien und Jahren für alle Messwerte**

Es ist bei allen Stationskategorien ein deutlicher Trend zur Abnahme der Konzentrationswerte von 1996 bis 2001 zu sehen, wobei verschiedentlich Erhöhungen in einzelnen Monaten von einem Jahr zum anderen vorkommen. Beim Vergleich eines bestimmten oder mehrerer Monate in verschiedenen Jahren muss jedoch bedacht werden, dass der durch die Temperaturverhältnisse bestimmte Heizbedarf sowie die in einem Zeitraum vorherrschenden atmosphärischen Austauschbedingungen die mittlere PAK-Belastung einzelner Monate stark beeinflussen können.

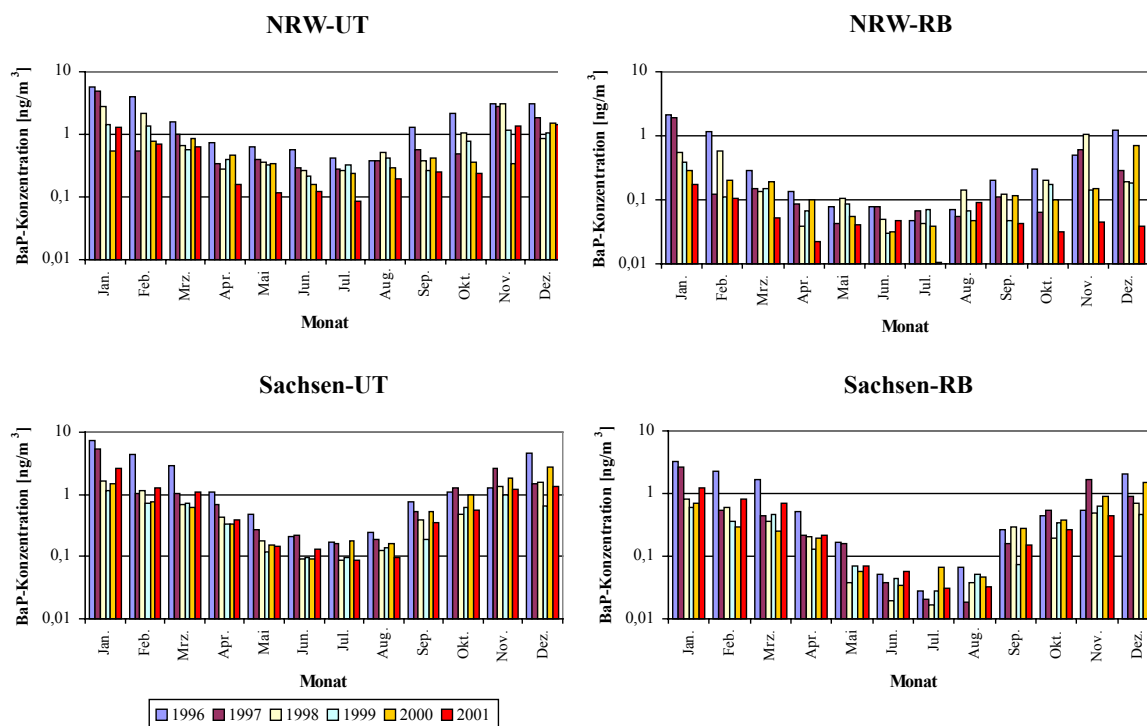
Das Verhältnis der Winter-Monatsmittelwerte (hier: November bis Februar) zu denen der Sommermonate (hier: Juni bis August) ist in *Tabelle 7.2.2-2* dargestellt. Es ist ein abnehmender Trend bis 1999 zu beobachten, ab 2000 steigt er wieder an. Der gleiche Trend ist bei den Jahresmittelwerten zu beobachten (s. *Kap. 7.2.2.1*): bis 1999 nehmen sie stetig ab, ab 2000 ist Stillstand oder leichte Zunahme (RB, ST) zu verzeichnen.

**Tabelle 7.2.2-2: Verhältnis der Wintermonatsmittel (Nov.-Febr.) zu den Sommermonatsmitteln (Juni-Aug.) nach Stationstypen**

Gebietstyp	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Verkehr	14,7	17,7	13,1	6,5	11,8	19,4
Background	23,7	13,3	15,5	10,6	13,5	20,5

Bei den Backgroundstationen macht sich der Einfluss der Heizperiode auf das Verhältnis Winter- zu Sommer-Mittelwerten bemerkbar. Es liegt bis auf das Jahr 1997 immer höher als das der Verkehrsstationen mit ihrer Grundbelastung.

Im Vergleich aller Messstellen betrug 1996 das höchste Winter-Monatsmittel fast  $7 \text{ ng/m}^3$  (UT); im Jahr 2000 lagen alle Winter-Monatsmittel unter  $2 \text{ ng/m}^3$ .



**Abb. 7.2.2-7: Jahresganglinien für Benzo[a]pyren nach Stationskategorien und Jahren für Nordrhein-Westfalen und Sachsen**

In den Sommermonaten ergeben sich für die städtische Stationskategorie UT für 1996 Monatsmittel um  $0,25 \text{ ng/m}^3$  und in ländlichen Backgroundgebieten nur um  $0,1 \text{ ng/m}^3$ . Im Jahr 2000 lagen die Sommerwerte bei  $0,13 \text{ ng/m}^3$  für UT und bei  $0,05 \text{ ng/m}^3$  für die Backgroundstationen.

In der *Abbildung 7.2.2-7* sind die Jahresgänge für die Stationskategorien UT und RB für die Länder Nordrhein-Westfalens und Sachsens beispielhaft dargestellt, mit denen die oben genannten Befunde bestätigt werden.

#### 7.2.2.4 Häufigkeit von BaP-Monatsmittelwerten nach Schwellenwerten

Die Auswertung der Häufigkeit der BaP-Monatsmittelwerte in definierten Wertebereichen wird im Folgenden für die Bundesrepublik (alle Messstellen der Länder einbezogen) nach den Stationskategorien UT, ST, SB und RB vorgenommen.

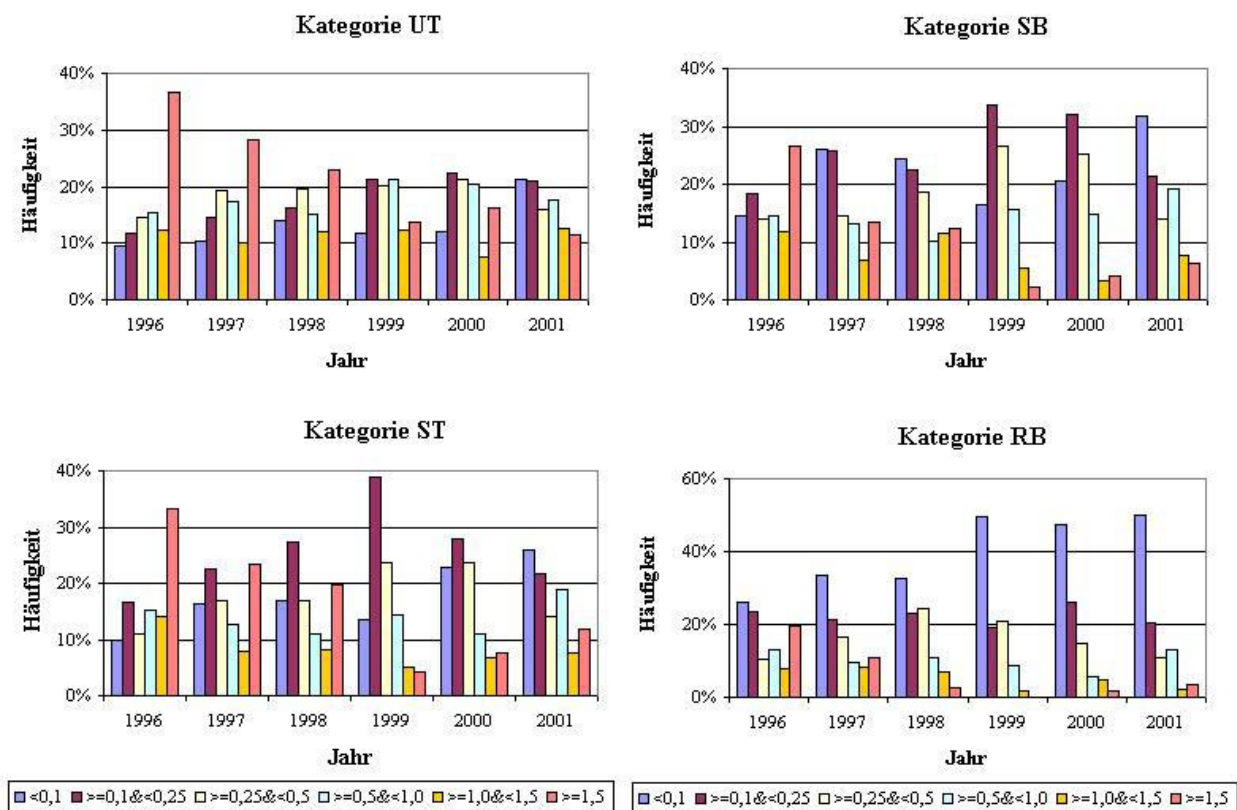
Der Entwurf für die 4. Tochterrichtlinie vom 27.7.2001 sah einen Grenzwert für BaP, gleichzeitig Festlegungen zu einer Toleranzmarge sowie eine obere und untere Beurteilungsschwel-



le und einen Langzeitzielwert vor:

- 0,1 ng/m<sup>3</sup> als Langzeitziel (LTO),
- 0,25 ng/m<sup>3</sup> als untere Beurteilungsschwelle (LAT),
- 0,5 ng/m<sup>3</sup> als obere Beurteilungsschwelle (UAT),
- 1,0 ng/m<sup>3</sup> als Grenzwert (GW),
- 1,5 ng/m<sup>3</sup> als Grenzwert plus Toleranzmarge (TM).

Dementsprechend wurden dazu Auswertungen der verfügbaren BaP-Daten für die Jahre 1996 bis 2001 durchgeführt und dokumentiert, bzw. auch für fachliche Stellungnahmen zu Richtlinienentwürfen verwendet.



**Abb. 7.2.2-8: Verteilung der Häufigkeiten nach Richt- und Schwellenwerten für Benzo[a]pyren nach Stationskategorien und Jahren (alle Messwerte) (1. Entwurf der 4. Tochterrichtlinie vom 27.7.2001)**

Aus den in der *Abbildung 7.2.2-8* dargestellten Häufigkeiten der Monatsmittel geht erwartungsgemäß hervor, dass die Häufigkeit von Werten >1,5 ng/m<sup>3</sup> an den städtischen und verkehrsbeeinflussten Stationen am höchsten ist, die Häufigkeit der Monatsmittel oberhalb dieser Grenze jedoch im Untersuchungszeitraum deutlich abgenommen hat und dies bei allen Messstellenklassen.



Die Häufigkeit von Monatsmittelwerten  $>1,5 \text{ ng/m}^3$  entwickelte sich etwa wie folgt:

Stationskategorie	zu Beginn des Untersuchungszeitraumes (1996)	zum Ende des Untersuchungszeitraumes (2001)
UT	fast 40%	etwa 10%
ST	35%	10%
SB	fast 30%	etwa 5%
RB	20%	< 5%

Die Häufigkeit der Monatsmittelwerte im Bereich  $\geq 1,0$  &  $< 1,5$  hat ebenfalls in allen Stationskategorien abgenommen und liegt jetzt in städtischen und vorstädtischen Gebieten bei 10%, nur in ländlichen Gebieten unter 5%.

Allgemein hat sich die Häufigkeit der Monatsmittel zu niedrigeren Schwellenwerten hin verschoben. Entsprechend hat sich die Häufigkeit der Monatsmittel, die unterhalb des Langzeitzieles  $0,1 \text{ ng/m}^3$  liegen, deutlich erhöht. Am stärksten ist dieser Trend für die ländlichen Background-Gebiete, in denen die Häufigkeit der BaP-Monatsmittel 1996 diesen Schwellenwert nur in 25% der Fälle unterschritt, wo jetzt aber etwa 50% aller Monatsmittel unter  $0,1 \text{ ng/m}^3$  liegen.

Die generelle Verlagerung der Häufigkeiten der BaP-Monatsmittel ist Ausdruck einer wesentlichen Verbesserung der Belastungssituation. Das Anstreben eines Langzeitzieles von  $0,1 \text{ ng/m}^3$  ist jedoch auf Grund dieser Ergebnisse zur Zeit nicht realistisch.

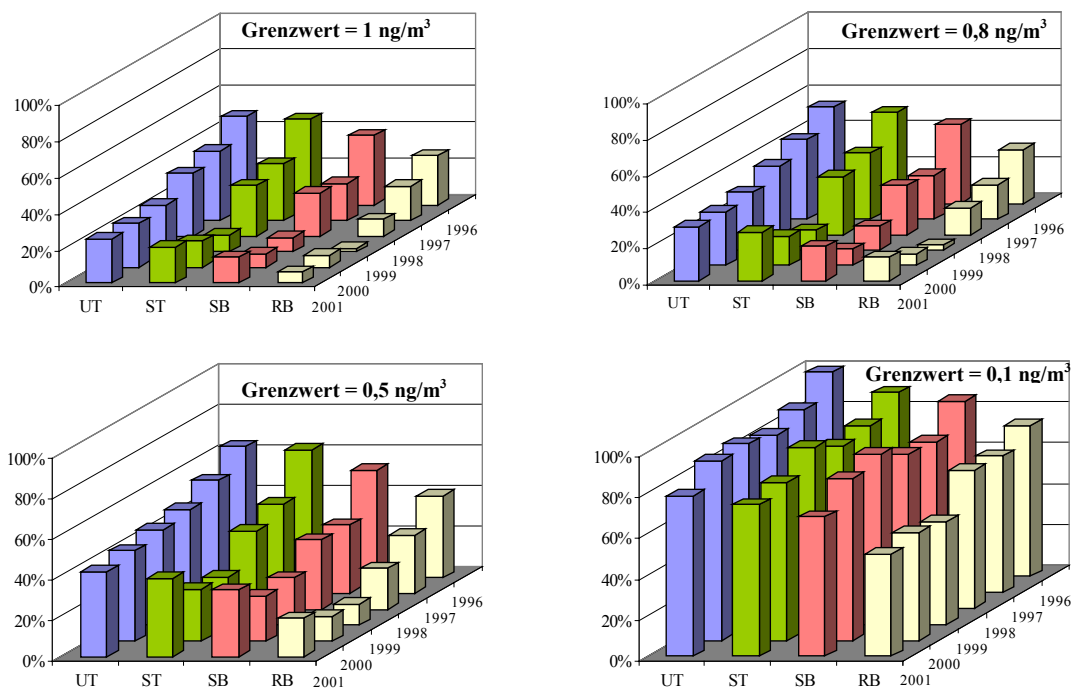
#### 7.2.2.5 Überschreitungshäufigkeit des BaP-Zielwertes

Der Vorschlag für die zukünftige EU-Tochterrichtlinie für PAK /KOM 03/ nennt als einzuhaltenden Zielwert für Benzo[a]pyren ein Jahresmittel von  $1 \text{ ng/m}^3$ . In welchem Umfang dieser geplante Wert im Durchschnitt der Messstellen bis 2001 noch überschritten wurde, zeigen die Untersuchungen der Überschreitungshäufigkeit. Hierbei wurden auch niedrigere, teils früher diskutierte, teils fiktive Schwellenwerte ( $0,1 / 0,5 / 0,8 \text{ ng/m}^3$ ) betrachtet, um die Überschreitung von niedrigeren Schwellen einschätzen zu können, die in der längerfristigen Perspektive im Rahmen von Grenzwertverschärfungen zur Diskussion stehen könnten.

Die über alle PAK-Messstellen der Bundesrepublik gemittelten Überschreitungshäufigkeiten sind für die Stationskategorien und die gewählten fiktiven Schwellenwerte in *Abbildung 7.2.2-9* dargestellt. Als Grundaussagen sind daraus abzuleiten:

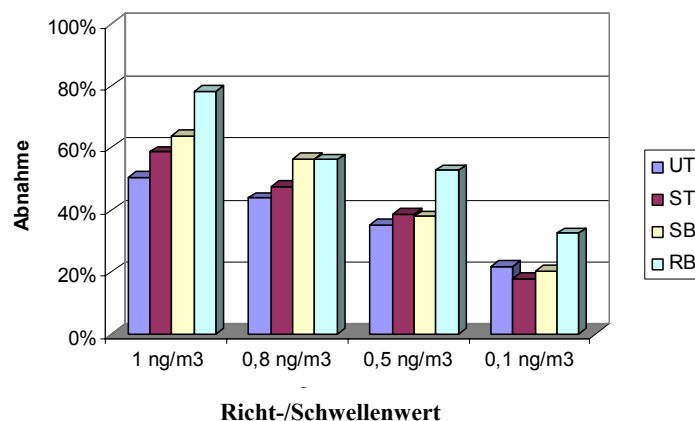
- Der in der aktuellen Entwurfsfassung vorgeschlagene Zielwert der 4. TRL der Europäischen Kommission von  $1 \text{ ng/m}^3$  wurde 1996 an städtischen verkehrsbeeinflussten Orten (UT) noch zu 49% überschritten, im Jahre 2001 nur noch zu 24%. An ländlichen Background-Stationen (RB) sank die Überschreitungshäufigkeit von 1996 zu 2001 von 27% auf 6% (*Tabelle 7.2.2-3*).
- Die Überschreitungshäufigkeit der Schwellenwerte hängt in hohem Maße von der Stationskategorie ab: je weniger städtisch und verkehrsbeeinflusst und je mehr Background-Niveau, desto geringer die Häufigkeit von Schwellenwertüberschreitungen ( $UT > ST > SB > RB$ ). Dies bestätigt auch die Notwendigkeit einer differenzierten Messstelleneinschätzung nach Klassen und zeigt, dass die im Vorhaben durchgeführte, nicht immer einfache Einstufung der Messstellen im Wesentlichen mit gutem Ergebnis durchgeführt wurde.

- Nicht nur die Überschreitungshäufigkeiten selbst, sondern auch ihre Entwicklung von 1996 bis 2001 ist stark von der Stationskategorie abhängig. So ist in ländlichen Background-Gebieten eine stärkere Abnahme zu verzeichnen als in den anderen Stationskategorien. Hier gilt die Reihenfolge  $UT < ST < SB < RB$  für alle vier untersuchten Werte.



**Abb. 7.2.2-9:** Überschreitungshäufigkeit der Monatsmittelwerte für verschiedene Richt- und Schwellenwerte nach Stationskategorien und Jahren

In *Abbildung 7.2.2-10* ist die im Jahr 2001 erreichte prozentuale Abnahme der Überschreitungshäufigkeiten gegenüber 1996 dargestellt, die auch die unterschiedliche Entwicklung in den städtischen und ländlichen Gebieten widerspiegelt. Danach hat die Überschreitungshäufigkeit des Zielwertes  $1 \text{ ng/m}^3$  in diesem Zeitraum je nach Messstellenklasse zwischen 50% und 80% abgenommen.



**Abb. 7.2.2-10:** Abnahme der Überschreitungshäufigkeit zwischen 1996 und 2000 für verschiedene Richt- und Schwellenwerte

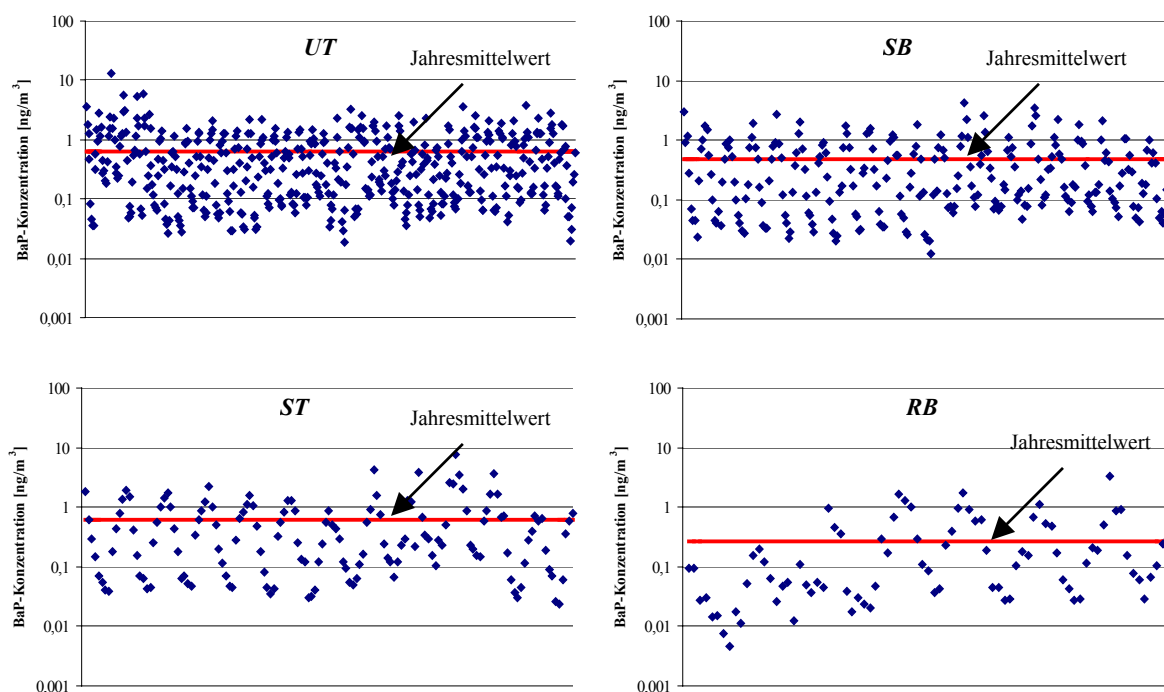
Die Entwicklung für die Überschreitung des Zielwertes von  $1 \text{ ng/m}^3$  für alle Stationskategorien und den Zeitraum von 1996 bis 2001 ist in *Tabelle 7.2.2-3* dargestellt.

**Tabelle 7.2.2-3: Überschreitungshäufigkeiten des BaP-Zielwertes  $1 \text{ ng/m}^3$  nach Stationskategorien und Jahren**

Jahr	UT	ST	SB	RB
1996	48,9%	47,4%	38,5%	27,3%
1997	38,3%	31,5%	20,4%	19,0%
1998	34,6%	27,9%	23,9%	9,5%
1999	25,6%	9,3%	7,8%	1,9%
2000	24,0%	14,4%	7,4%	6,5%
2001	24,1%	19,6%	13,9%	5,9%

Diese Werte sind ein Durchschnitt über die PAK-Messstellen der Bundesrepublik; an einzelnen Messstellen können erhebliche Abweichungen hiervon auftreten. *Abbildung 7.2.2-11* zeigt dazu die Verteilung aller Monatsmittelwerte und ihre Streubreite für das Jahr 2001 nach Stationskategorien.

Für ST und RB ist auf Grund der geringen Messstellenanzahl (12 bzw. 7) der Jahresgang ganz deutlich zu sehen. (Die Werte sind nach Stationen sortiert.)



**Abb. 7.2.2-11: Verteilung der Monatsmittelwerte für das Jahr 2001 nach Stationskategorien**

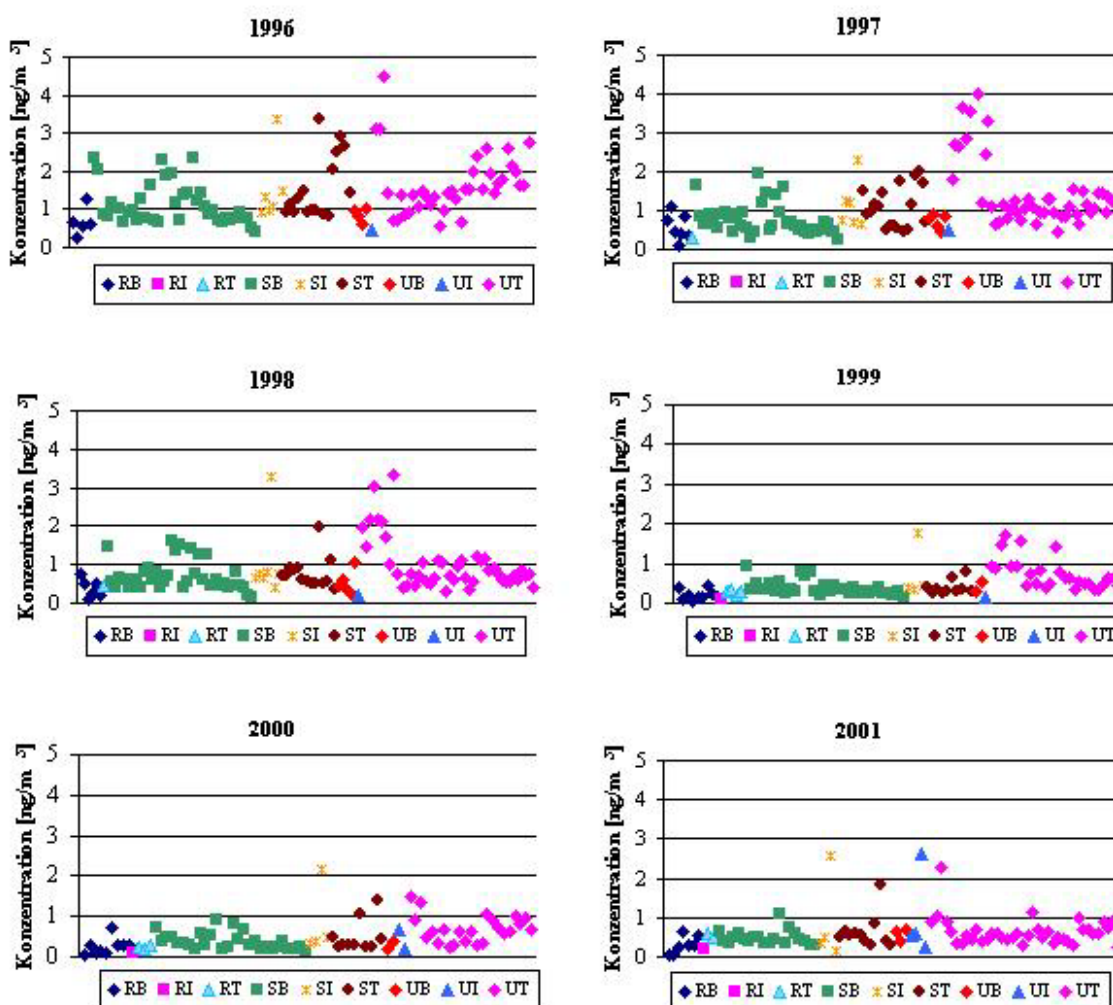
Die Entwicklung und der erreichte Stand der Überschreitungshäufigkeit zeigen, dass der für die Richtlinie vorgeschlagene BaP-Zielwert von  $1 \text{ ng/m}^3$  für die Bundesrepublik in 2001 weitgehend eingehalten wurde und nur vereinzelt für Stationen Überschreitungen registriert wurden.

### 7.2.2.6 Verteilung der BaP-Jahresmittelwerte

#### Untersuchung nach Kategorien

Die Verteilungen der an den einzelnen Messstationen ermittelten BaP-Jahresmittelwerte ergeben sowohl einen Überblick über die Entwicklung in den Untersuchungsjahren als auch über die Bereiche innerhalb der die Konzentrationsmittel schwanken. In *Abbildung 7.2.2-12* sind die Jahresmittelverteilungen der Untersuchungsjahre für **alle** Stationskategorien dargestellt, wobei nicht alle Stationskategorien in jedem Jahr präsent sind und die Messstellenanzahl in den Jahren z.T. erheblich variiert (*Tabelle 7.2.2-4*).

Neben dem allgemein abnehmenden Trend der BaP-Belastung in allen Stationskategorien hat sich auch die Schwankungsbreite der Werte verringert. Die Streubreite der Jahresmittel ist im Wesentlichen bei den verkehrsbeeinflussten Messstellen (ST, UT) am größten, weil dort die lokale Beeinflussung der Messungen am gravierendsten ist. Zu Beginn des Untersuchungszeitraumes traten noch Konzentrationsmaxima von fast 4 ng/m<sup>3</sup> auf; die höchsten Werte liegen im Jahre 2001 bei etwa 2,5 ng/m<sup>3</sup>.



**Abb. 7.2.2-12: Verteilung der BaP-Jahresmittelwerte und ihre Entwicklung 1996 - 2001 in allen Stationskategorien**

1996 erreichte das Jahresmittel für UT im Einzelfall noch einen Maximalwert von  $4,5 \text{ ng/m}^3$ , im Jahr 2001 nur noch etwa  $2 \text{ ng/m}^3$ . Bei Stationskategorie SB waren es 1996 fast  $2,5 \text{ ng/m}^3$  und 2001 etwa  $1 \text{ ng/m}^3$ . Der Rückgang der maximalen Jahresmittel beträgt damit über 50%.

**Tabelle 7.2.2-4: Anzahl der Stationen von 1996 bis 2001 (Anzahl der gemessenen Monate >8)**

Jahr		Anzahl Stationen									Summe
		RB	RI	RT	SB	SI	ST	UB	UI	UT	
1996	gesamt	5	-	-	39	6	16	4	1	37	108
	BaP>1 $\text{ng/m}^3$	1	-	-	16	4	9	1	0	30	61
1997	gesamt	7	-	1	40	6	18	5	1	47	125
	BaP>1 $\text{ng/m}^3$	1	-	0	6	3	9	0	0	29	48
1998	gesamt	6	-	1	37	7	14	5	1	44	115
	BaP>1 $\text{ng/m}^3$	0	-	0	7	1	2	0	0	16	26
1999	gesamt	9	1	4	33	4	10	2	1	27	91
	BaP>1 $\text{ng/m}^3$	0	0	0	0	1	0	0	0	4	5
2000	gesamt	9	1	3	28	4	10	2	2	23	82
	BaP>1 $\text{ng/m}^3$	0	0	0	0	1	2	0	0	4	7
2001	gesamt	7	1	2	20	4	11	3	4	38	90
	BaP>1 $\text{ng/m}^3$	0	0	0	1	1	1	0	1	3	7

Tabelle 7.2.2-4 weist als Ergänzung der Abbildung 7.2.2-12 die Anzahl der den BaP-Zielwert überschreitenden Stationen aus. Im Richtlinienentwurf wird im Anhang II darauf verwiesen, dass die Überschreitung anhand der Jahresmittelwerte der letzten fünf Jahre, zumindest jedoch drei Jahre, zu bestimmen sind. Auf dieser Grundlage sind Zahl bzw. Agglomerationen mit Überschreitungen des Zielwertes auszuweisen und weiterhin Messungen durchzuführen.

Für die Auswertung der Stationenwerte der Bundesrepublik entsprechend dieser geplanten Festlegung werden die zielwertüberschreitenden Stationen mittels der Datenbank diskretisiert und der Zeitverlauf ihrer Jahresmittelwerte im einzelnen geprüft. Eine direkte Aussage zur Anzahl der in Frage kommenden Stationen lässt Tabelle 7.2.2-4 insofern nicht zu, als in den verschiedenen Jahren nicht dieselben Stationen bilanziert werden.

### Untersuchung nach Bundesländern

Die Betrachtung der Jahresmittelwertverteilungen für die einzelnen Bundesländer ist nur für die Stationskategorien sinnvoll, für die eine ausreichende Anzahl Werte zur Verfügung stehen, das sind die Stationskategorien SB und UT. In den Abbildungen 7.2.2-13 und 7.2.2-14 sind deren Verteilungen grafisch dargestellt. Der Zielwert  $1 \text{ ng/m}^3$  ist mit einer roten Linie gekennzeichnet.

Sowohl der allgemeine Rückgang der BaP-Belastung als auch die Unterschiede zwischen den beiden Stationskategorien sind bei allen Bundesländern zu verzeichnen. Auffällig sind die herausragend höheren Staubwerte für Brandenburg und Berlin, die im Zusammenhang mit den Braunkohlenkraftwerken in Brandenburg und der hohen Verkehrsdichte und daraus resultierenden Emissionen (primäre und sekundäre) im Berliner Raum stehen könnten. Die Streuung der Jahresmittelwerte ist auch innerhalb der Stationskategorien geringer geworden.

Anhand der Verteilungen wird auch sichtbar, dass in den einzelnen Bundesländern bei der Festlegung der Messstellenstandorte offensichtlich unterschiedliche Prioritäten zugrunde lagen, die allerdings auch nur für bestimmte Zeiträume gelten. So hat beispielsweise Baden-Württemberg bis 1998 mehr städtische, verkehrsbeeinflusste Orte (UT) gewählt, während es in Nordrhein-Westfalen vorwiegend Messstellen vom Typ vorstädtischer Background (SB) sind. Unterschiede in den Probenahme- und Messverfahren beeinflussen diese Daten ebenso. Auf dieses Problem wurde im Rahmen des FE-Vorhabens nicht näher eingegangen.

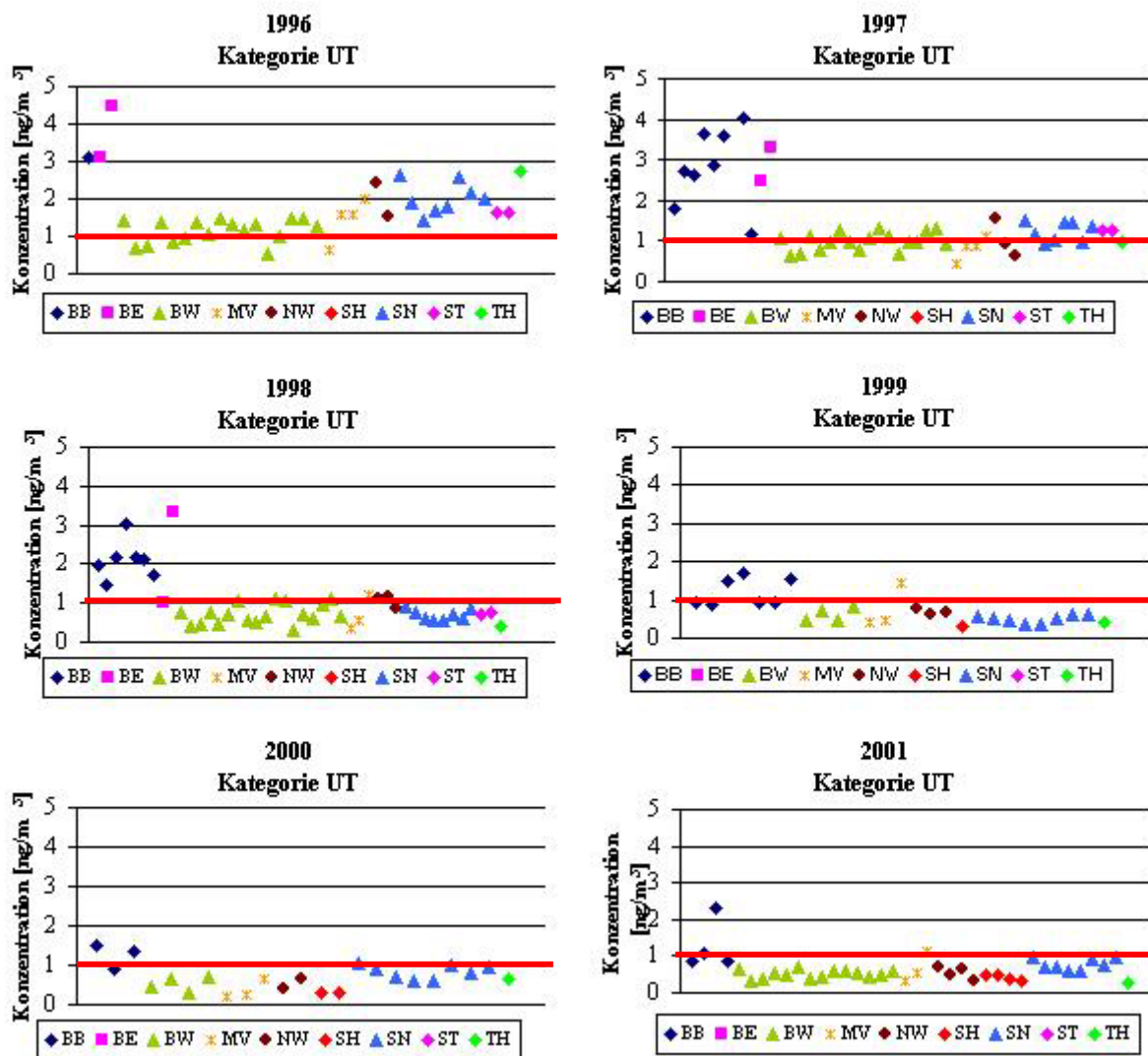


Abb. 7.2.2-13: Verteilung der BaP-Jahresmittelwerte und ihre Entwicklung 1996–2001 für Stationskategorie UT und die Bundesländer



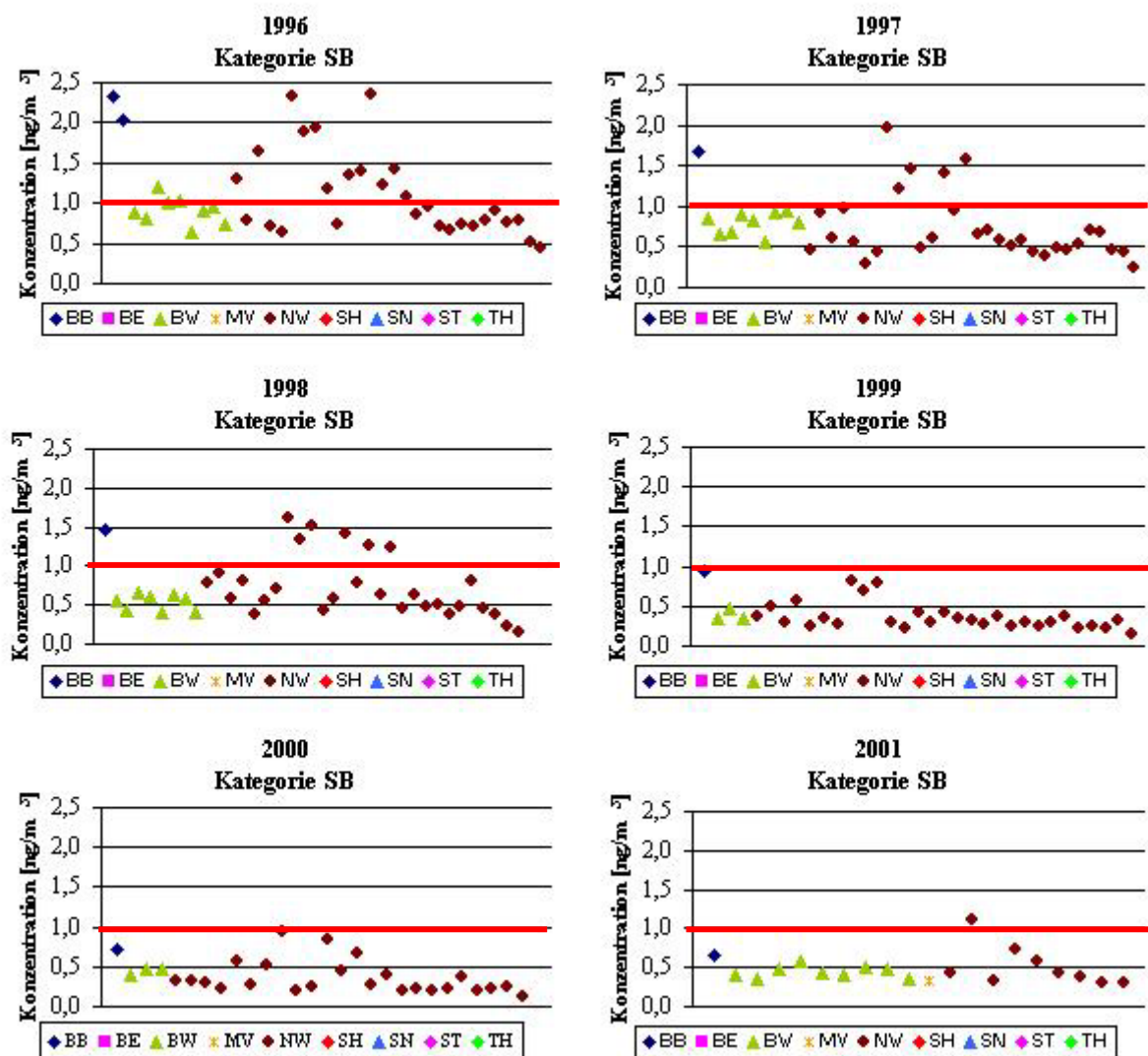


Abb. 7.2.2-14: Verteilung der BaP-Jahresmittelwerte und ihre Entwicklung 1996–2001 für Stationskategorie SB und die Bundesländer

### 7.3 Weitere Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe

#### 7.3.1 Jahresmittel

Wie die Messstellenstatistiken in Kapitel 5 ergeben haben, ist die durchgängige Ermittlung der Jahresmittelwerte über den gesamten Untersuchungszeitraum wegen des begrenzten Datenumfangs sowohl für weitere PAK-Komponenten als auch die verschiedenen Stationskategorien nur beschränkt möglich. Aus Tabelle 7.3.1-1 geht hervor, für welche PAK und welche Stationskategorie ein ausreichender Datenfundus vorliegt und für welche nur eine Auswertung mit Vorbehalt (x) erfolgen kann. Entscheidend für die Auswahl ist die Anzahl der Messstellen, für die Daten der jeweiligen PAK-Komponente zur Verfügung stehen. Die Anzahl der Messstellen ist über den Untersuchungszeitraum nicht gleich und ist vor allem in den Jahren 2000 und 2001 zurückgegangen.

**Tabelle 7.3.1-1: PAK-Komponenten und Stationskategorien für Ermittlung von Jahresmittelwerten (x: ausreichender Datenpool; (x): Auswertung mit Einschränkung möglich)**

PAK	Stationskategorie			
	RB	SB	ST	UT
BaA	x	x	x	x
BaP	x	x	x	x
BbF	(x)	(x)	(x)	x
BkF	(x)	(x)	(x)	x
DBahA	(x)	x	x	x
FLU	-	-	(x)	(x)
INP	(x)	(x)	(x)	x

Da auch bei diesen PAK-Komponenten die größten Unterschiede zwischen den Stationskategorien UT (urban traffic) und RB (rural background) auftreten, werden im Folgenden die Jahresmittel und ihre Entwicklung für diese Messstellenkategorien gegenübergestellt. Während die Ergebnisse für UT auf Messdaten von 8 bis 47 Messstellen basieren, standen für RB nur Daten von 2 bis 8 Stationen zur Verfügung. Für die einzelnen PAK-Komponenten ist dies unterschiedlich (vgl. Kapitel 5.3.4).

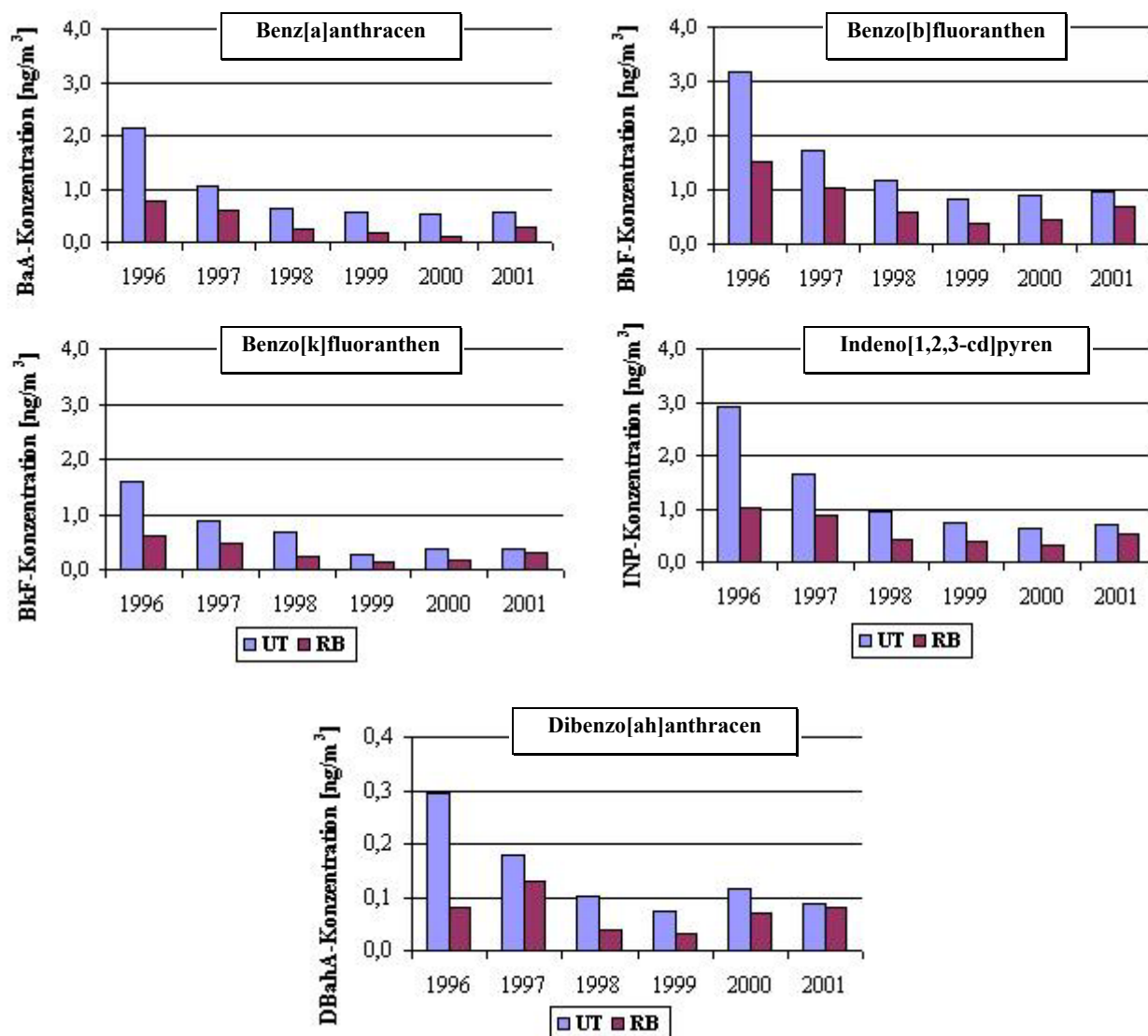
Aus der Abbildung 7.3.1-1 ist die Entwicklung der PAKs wie Benz[a]anthracen, Benzo[b]fluoranthren, Benzo[k]fluoranthren, Dibenzo[ah]anthracen und Indeno[1,2,3-cd]pyren ersichtlich. Das Jahresmittel der Konzentration hat seit 1996 in den beiden Stationskategorien UT (urban traffic) und RB (rural background) beträchtlich abgenommen. Gegenüber dem Jahr 1996 betragen die Mittel nur noch die Hälfte bis ein Viertel der damaligen Werte. Da zwischen der Leitkomponente Benzo[a]pyren und den übrigen, hier untersuchten PAKs eine Korrelation besteht (vgl. Kapitel 7.3.4) und die BaP-Konzentration der Luft sich im Untersuchungszeitraum deutlich verringert hat, überrascht dieses Ergebnis nicht.

In Tabelle 7.3.1-2 sind die Jahresmittel für einige zusätzliche PAKs aufgeführt, die vor allem bei der Stationskategorie RB auf den Messungen nur einiger weniger Messstellen beruhen. Aber auch hier ist ein deutlicher Trend zu niedrigeren Konzentrationswerten zu erkennen.

**Tabelle 7.3.1-2: Jahresmittelwerte weiterer PAKs in ng/m<sup>3</sup>**

Jahr	BeP		BghiP		CHR		COR		FLU	
	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB
1996	3,20	0,70	2,84	1,11	3,61	1,45	0,96	0,22	-	-
1997	1,84	0,92	1,84	0,87	1,63	1,16	0,52	0,19	5,02	1,47
1998	1,24	0,43	1,34	0,61	1,00	0,47	0,42	0,13	3,10	0,47
1999	0,90	0,23	0,90	0,30	0,75	0,33	0,33	0,07	2,05	0,38
2000	0,70	0,30	0,81	0,22	0,73	0,27	0,37	0,15	-	-
2001	1,35	0,35	1,11	0,43	0,81	0,49	0,78	0,15	2,71	0,42

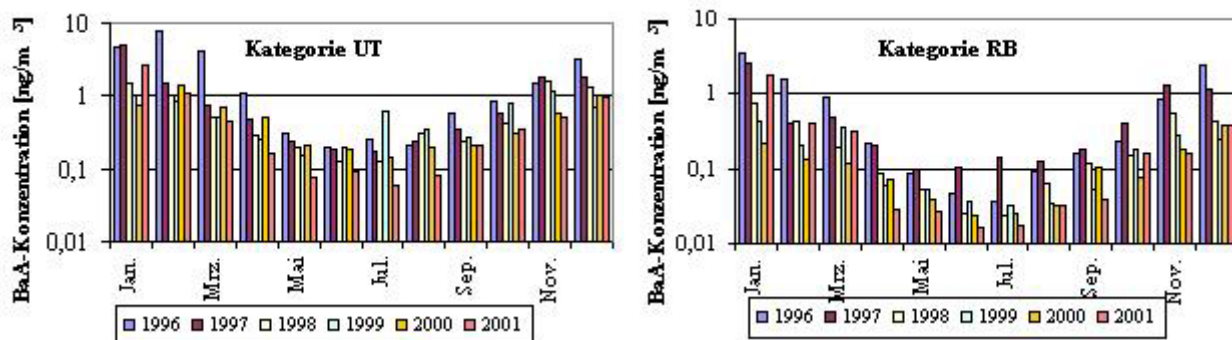




**Abb. 7.3.1-1:** Jahresmittelwerte einzelner PAKs für die Stationskategorien UT und RB nach Jahren

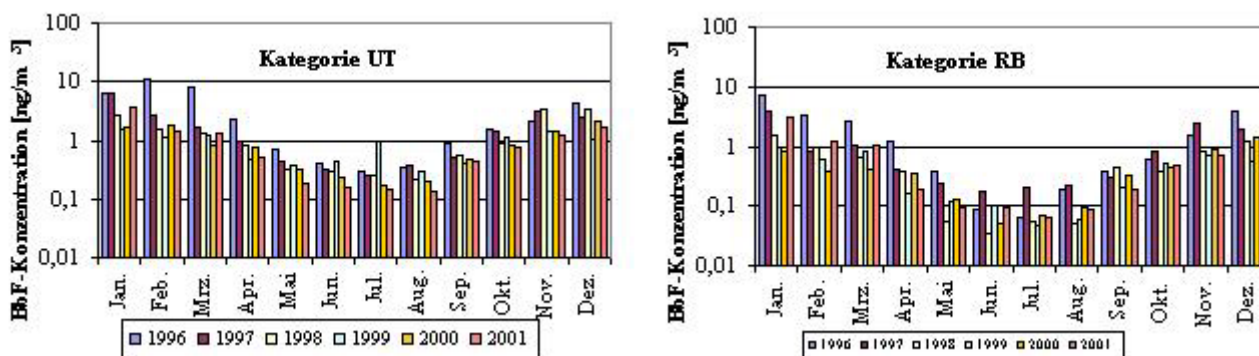
### 7.3.2 PAK-Jahresgang

Entsprechend der Feststellung, dass zwischen den Konzentrationen von BaP und denen der anderen PAKs Korrelationen bestehen und für BaP ein ausgeprägter Jahresgang besteht, ist für die übrigen PAKs ebenfalls von einer jahreszeitlichen Abhängigkeit, d.h. Temperaturabhängigkeit, auszugehen. Die Jahresgänge zeigen vergleichbare saisonale Abhängigkeiten wie BaP, was aus den *Abbildungen* 7.3.2-1 bis 7.3.2-6 für die Stationskategorien UT (urban traffic) und RB (rural background) ersichtlich ist. Auch hier ist neben den großen Unterschieden zwischen den Sommer- und Winterwerten eine Abnahme der Monatsmittel über den Untersuchungszeitraum 1996 bis 2001 zu verzeichnen.



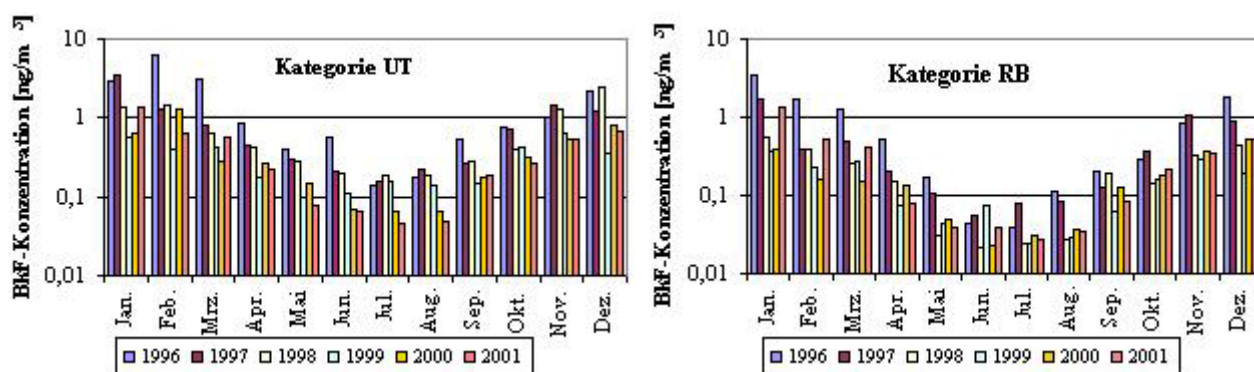
Monat	1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB
Jan.	4,62	3,56	4,90	2,61	1,47	0,76	0,99	0,43	0,76	0,22	2,72	1,81
Feb.	7,69	1,56	1,53	0,41	1,00	0,43	0,82	0,21	1,44	0,13	1,10	0,41
Mrz.	4,06	0,90	0,76	0,50	0,50	0,20	0,52	0,36	0,68	0,12	0,45	0,32
Apr.	1,10	0,21	0,48	0,20	0,30	0,09	0,25	0,06	0,50	0,07	0,16	0,03
Mai	0,30	0,09	0,24	0,10	0,20	0,05	0,15	0,05	0,20	0,04	0,08	0,03
Jun.	0,20	0,05	0,18	0,11	0,13	0,03	0,19	0,04	0,19	0,02	0,09	0,02
Jul.	0,25	0,04	0,17	0,14	0,13	0,02	0,60	0,03	0,15	0,03	0,06	0,02
Aug.	0,22	0,09	0,24	0,13	0,31	0,06	0,34	0,04	0,20	0,03	0,08	0,03
Sep.	0,56	0,16	0,34	0,18	0,24	0,12	0,26	0,05	0,21	0,10	0,21	0,04
Okt.	0,84	0,23	0,56	0,39	0,42	0,15	0,81	0,19	0,30	0,08	0,36	0,16
Nov.	1,48	0,84	1,78	1,29	1,56	0,54	1,13	0,28	0,58	0,18	0,52	0,16
Dez.	3,18	2,45	1,80	1,16	1,31	0,43	0,71	0,24	1,01	0,38	0,94	0,38

Abb. 7.3.2-1: Ganglinien der Monatsmittelwerte von Benz[a]anthracen



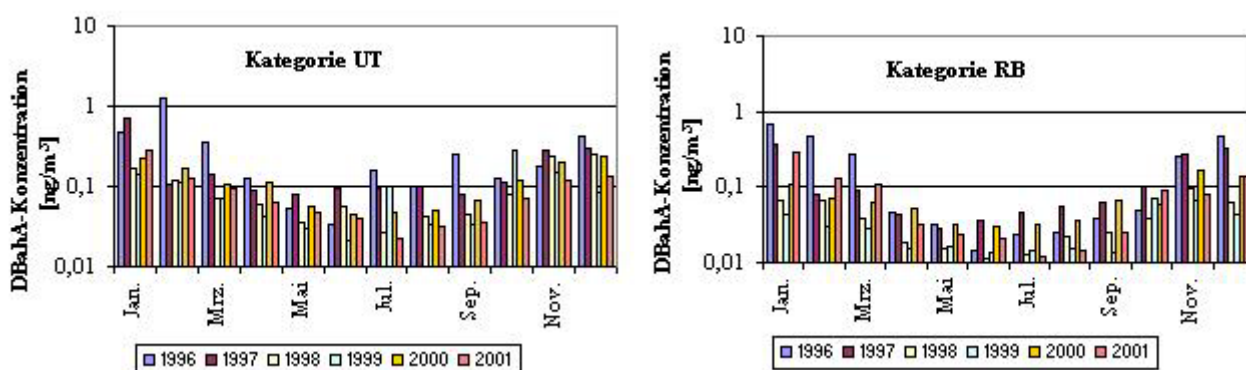
Monat	1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB
Jan.	6,53	7,14	6,41	3,94	2,59	1,49	1,56	0,98	1,63	0,84	3,57	2,96
Feb.	10,62	3,31	2,62	0,81	1,58	0,97	1,15	0,59	1,83	0,37	1,43	1,25
Mrz.	7,82	2,70	1,67	1,02	1,34	0,64	1,22	0,79	0,79	0,40	1,36	1,04
Apr.	2,22	1,20	0,94	0,43	0,81	0,37	0,47	0,16	0,78	0,36	0,52	0,19
Mai	0,70	0,38	0,45	0,25	0,33	0,05	0,38	0,12	0,33	0,13	0,18	0,10
Jun.	0,42	0,09	0,32	0,18	0,29	0,04	0,44	0,11	0,23	0,05	0,16	0,09
Jul.	0,29	0,07	0,26	0,21	0,25	0,05	0,94	0,05	0,17	0,07	0,15	0,06
Aug.	0,35	0,19	0,36	0,22	0,22	0,05	0,29	0,06	0,20	0,09	0,13	0,09
Sep.	0,87	0,39	0,52	0,30	0,56	0,46	0,41	0,21	0,46	0,32	0,45	0,19
Okt.	1,53	0,59	1,40	0,82	0,90	0,37	1,13	0,53	0,81	0,46	0,75	0,49
Nov.	2,16	1,57	3,05	2,47	3,37	0,84	1,44	0,73	1,45	0,88	1,24	0,71
Dez.	4,44	3,74	2,55	1,95	3,28	1,17	1,04	0,57	2,11	1,38	1,64	1,15

Abb. 7.3.2-2: Ganglinien der Monatsmittelwerte von Benz[b]fluoranthren



Monat	1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB
Jan.	2,99	3,53	3,51	1,75	1,34	0,56	0,56	0,37	0,65	0,39	1,38	1,31
Feb.	6,26	1,68	1,33	0,39	1,48	0,39	0,40	0,23	1,26	0,16	0,62	0,53
Mrz.	3,09	1,27	0,83	0,48	0,65	0,25	0,42	0,28	0,28	0,15	0,58	0,41
Apr.	0,84	0,53	0,46	0,20	0,43	0,15	0,18	0,07	0,27	0,13	0,23	0,08
Mai	0,41	0,17	0,30	0,10	0,27	0,03	0,10	0,04	0,15	0,05	0,08	0,04
Jun.	0,57	0,04	0,21	0,05	0,20	0,02	0,11	0,07	0,07	0,02	0,06	0,04
Jul.	0,14	0,04	0,16	0,08	0,19	0,02	0,15	0,02	0,07	0,03	0,05	0,03
Aug.	0,18	0,11	0,22	0,09	0,19	0,03	0,14	0,03	0,06	0,04	0,05	0,03
Sep.	0,54	0,20	0,26	0,13	0,27	0,19	0,15	0,06	0,17	0,13	0,19	0,08
Okt.	0,77	0,29	0,70	0,37	0,40	0,14	0,42	0,16	0,31	0,18	0,27	0,22
Nov.	1,05	0,82	1,41	1,05	1,30	0,32	0,64	0,29	0,55	0,37	0,52	0,34
Dez.	2,21	1,81	1,24	0,88	2,42	0,43	0,36	0,19	0,83	0,53	0,69	0,52

Abb. 7.3.2-3: Ganglinien der Monatsmittelwerte von Benzo[k]fluoranthen



Monat	1996		1997		1998		1999		2000		2001	
	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB	UT	RB
Jan.	0.49	0.69	0.70	0.37	0.17	0.07	0.14	0.04	0.22	0.11	0.28	0.29
Feb.	1.24	0.47	0.10	0.08	0.12	0.07	0.11	0.03	0.17	0.07	0.12	0.13
Mrz.	0.36	0.27	0.14	0.09	0.07	0.04	0.07	0.03	0.11	0.06	0.10	0.11
Apr.	0.13	0.05	0.09	0.04	0.06	0.02	0.04	0.02	0.11	0.05	0.06	0.03
Mai	0.05	0.03	0.08	0.03	0.04	0.02	0.03	0.02	0.06	0.03	0.05	0.02
Jun.	0.03	0.01	0.09	0.04	0.06	0.01	0.02	0.01	0.04	0.03	0.04	0.02
Jul.	0.16	0.02	0.09	0.05	0.03	0.01	0.10	0.01	0.05	0.03	0.02	0.01
Aug.	0.10	0.03	0.10	0.06	0.04	0.02	0.03	0.01	0.05	0.04	0.03	0.01
Sep.	0.25	0.04	0.08	0.06	0.04	0.03	0.03	0.01	0.07	0.06	0.04	0.02
Okt.	0.12	0.05	0.11	0.10	0.08	0.04	0.29	0.07	0.12	0.06	0.07	0.09
Nov.	0.18	0.26	0.28	0.27	0.24	0.10	0.15	0.06	0.20	0.17	0.12	0.08
Dez.	0.42	0.47	0.30	0.33	0.26	0.06	0.08	0.04	0.24	0.14	0.14	0.13

Abb. 7.3.2-4: Ganglinien der Monatsmittelwerte von Dibenzo[a,h]anthracen

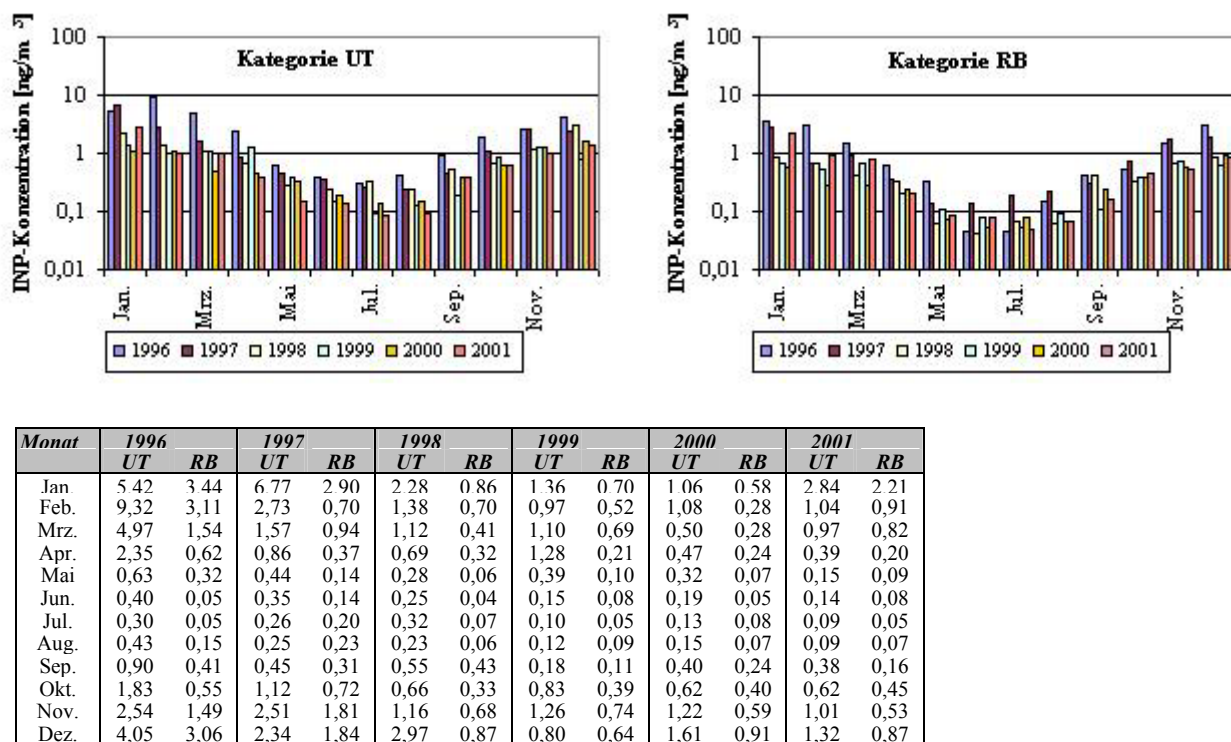


Abb. 7.3.2-5: Ganglinien der Monatsmittelwerte von Indeno[1,2,3-cd]pyren

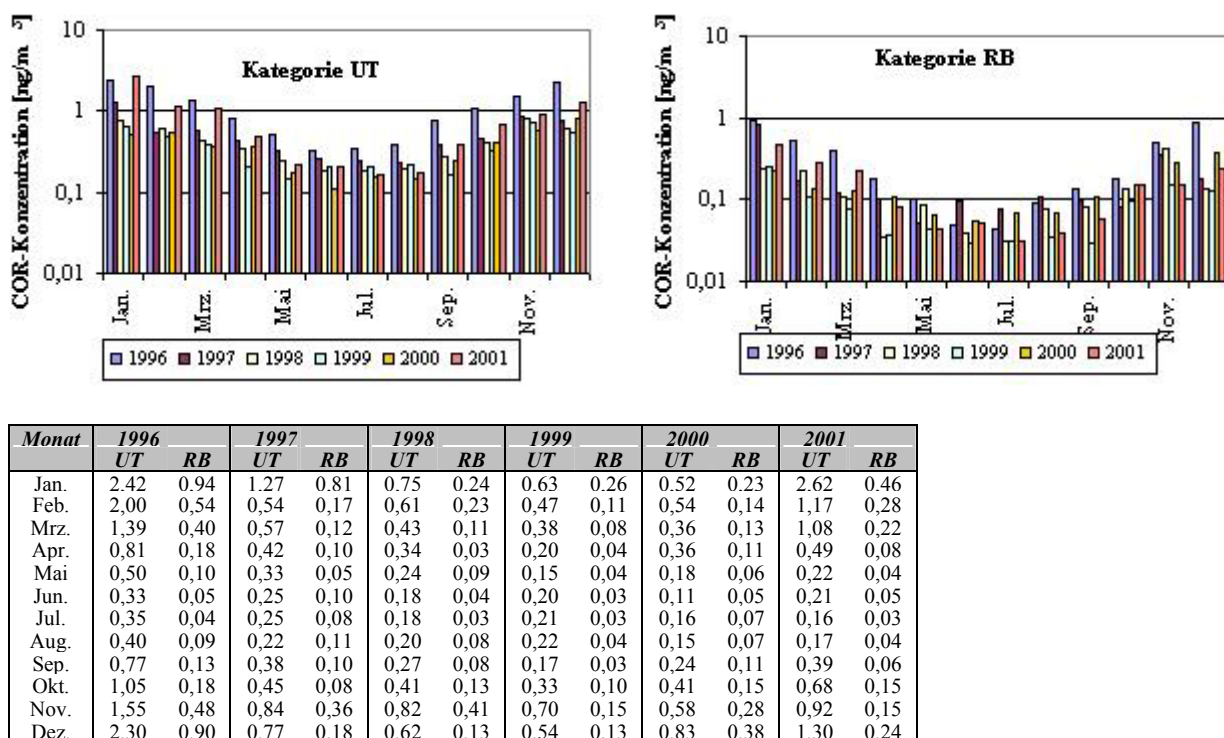


Abb. 7.3.2-6: Ganglinien der Monatsmittelwerte von Coronen

### 7.3.3 Verteilungen der PAK-Jahresmittelwerte

Die Verteilung der an den einzelnen Messstellen gemessenen Jahresmittelwerte der PAK-Verbindungen wie BaA, BbF, BkF, CHR, INP, BghiP, COR, BeP und DbahA geht aus den Abbildungen 7.3.3-1 bis 7.3.3-9 hervor. Abnehmende Konzentrationen und ihre Schwankungsbreite im Untersuchungszeitraum sind auch hier charakteristisch.

In diesen Abbildungen werden alle Stationskategorien aufgeführt, auch die mit wenigen Messstellen, so dass im Kontext mit der Belegungsverteilung die Aussagefähigkeit einzelner Stationskategorien eingeschätzt werden kann.

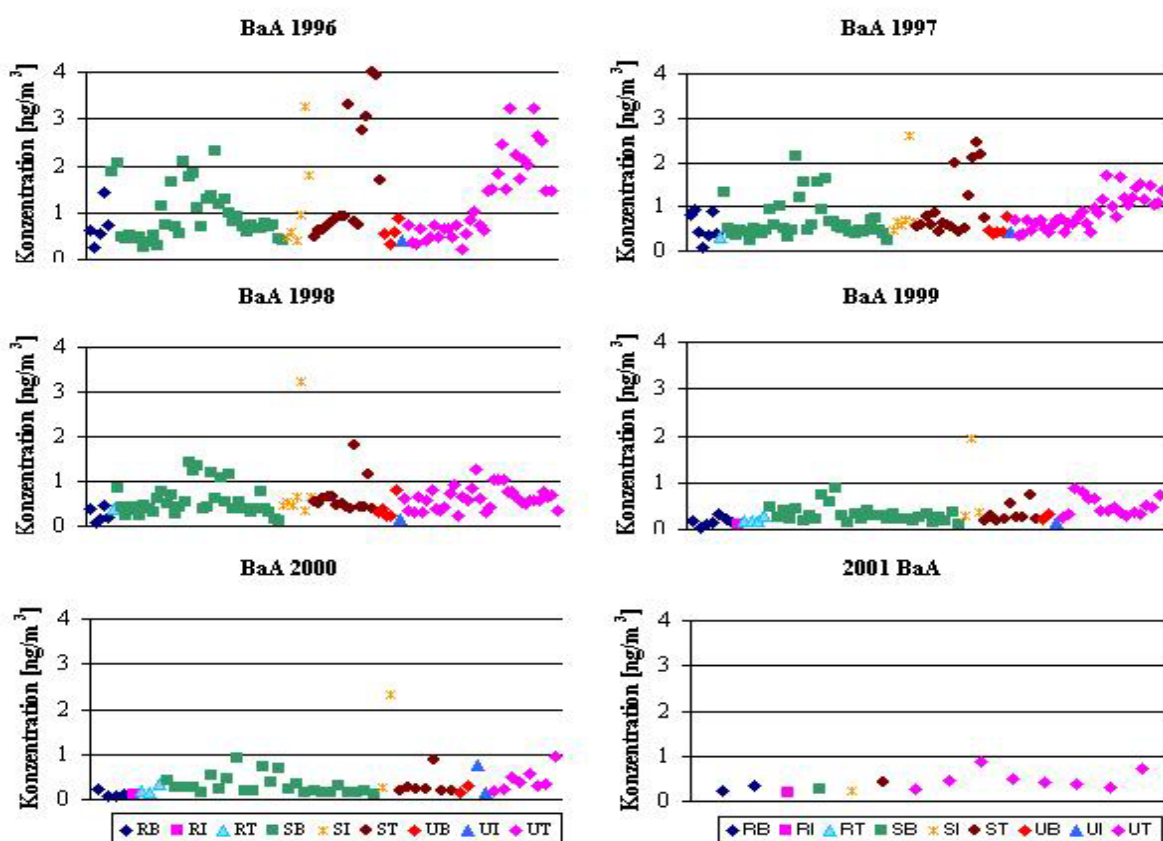


Abb. 7.3.3-1: Verteilung der Jahresmittelwerte für Benz[a]anthracen (alle Stationen)



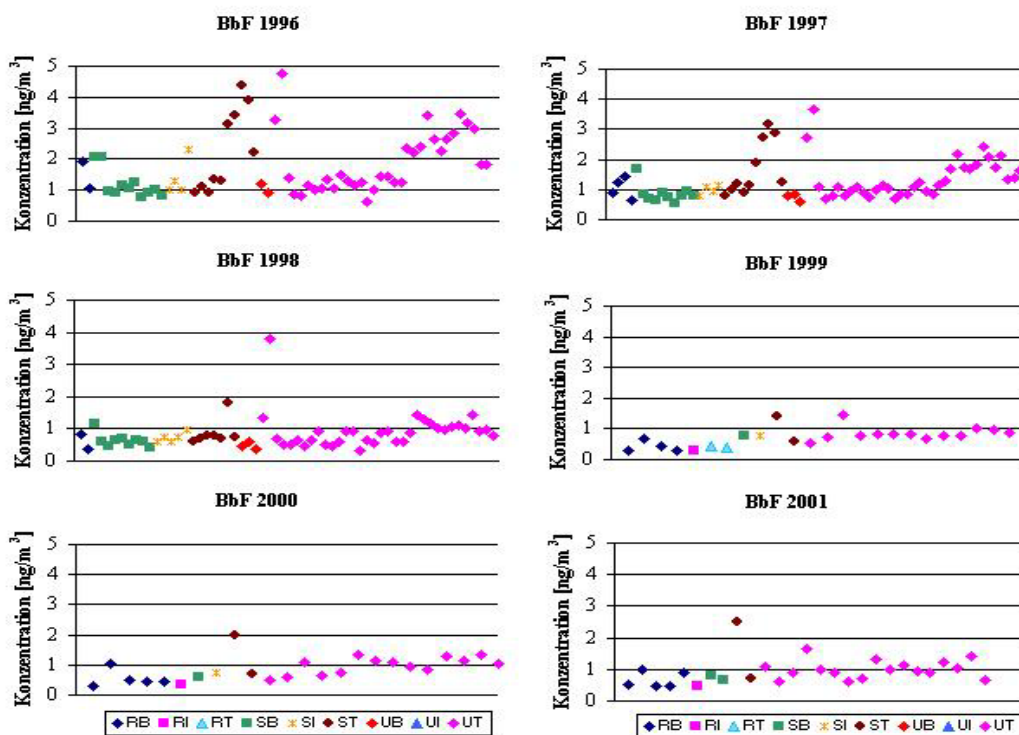


Abb. 7.3.3-2: Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzo[b]fluoranthen (alle Stationen)

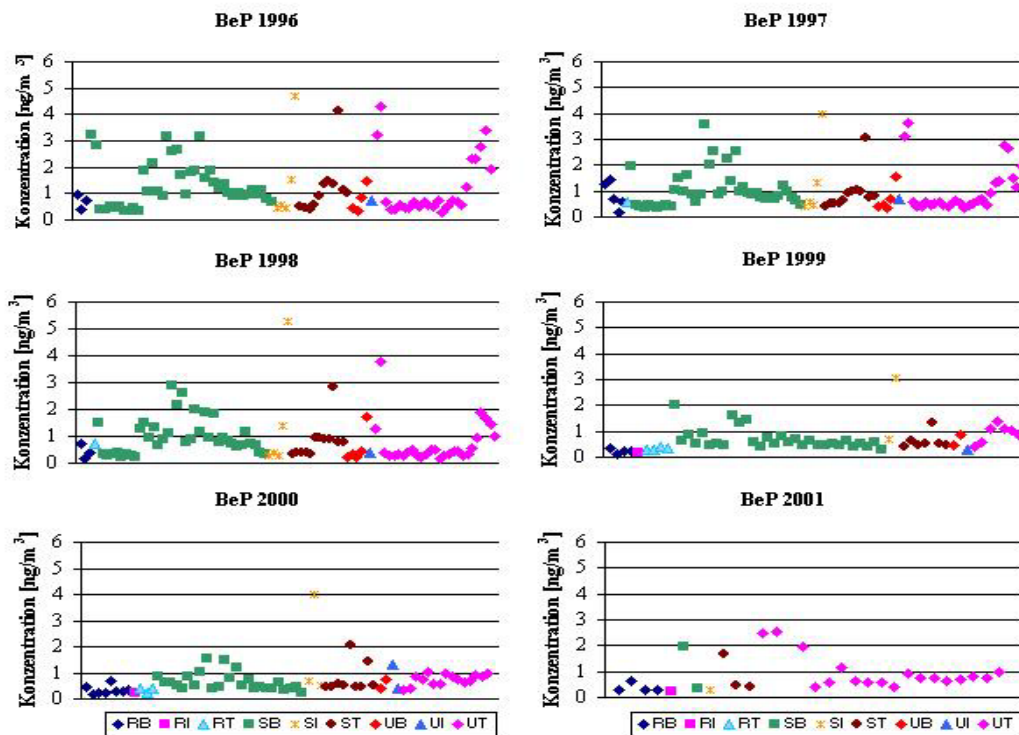


Abb. 7.3.3-3: Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzo[e]pyren (alle Stationen)

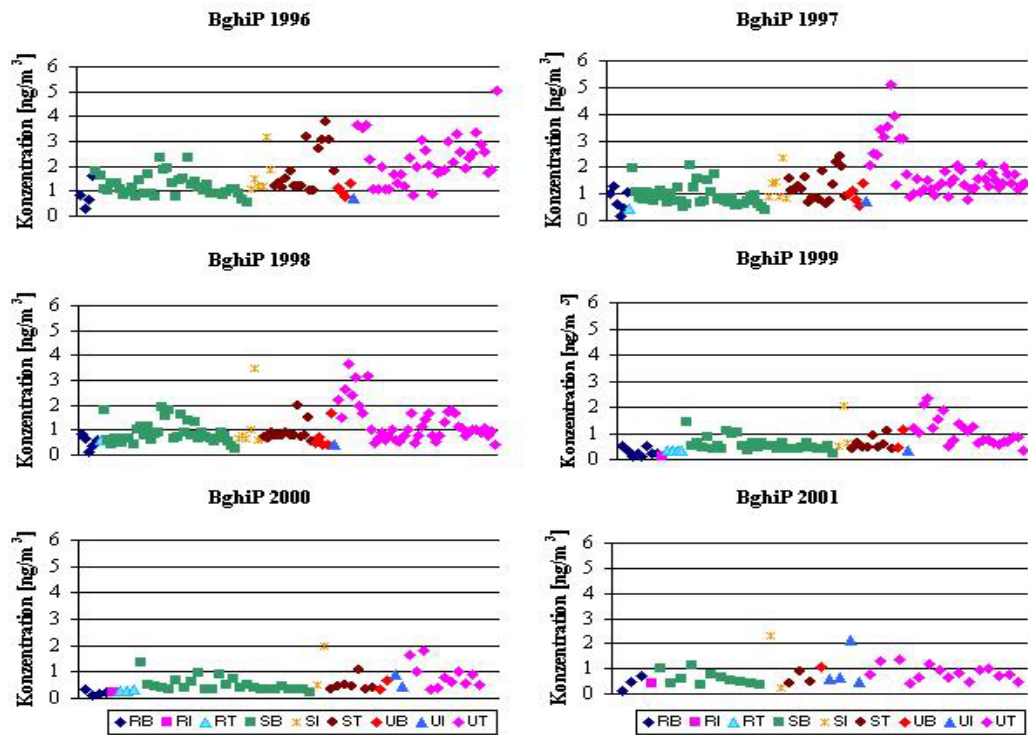


Abb. 7.3.3-4: Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzo[ghi]perylene (alle Stationen)

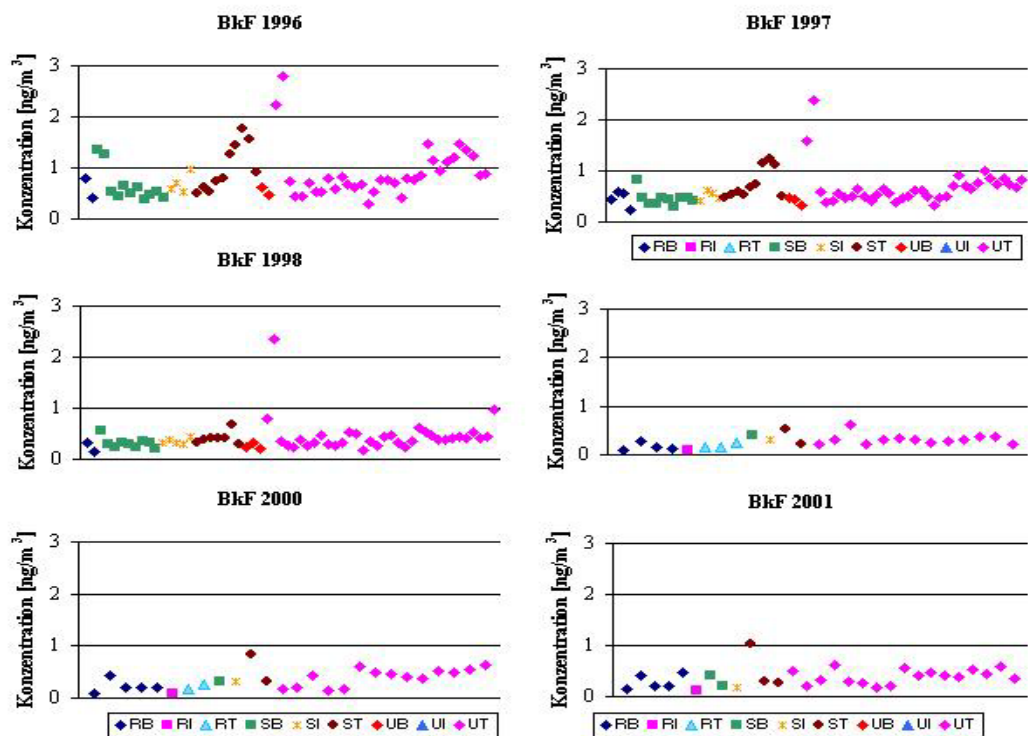


Abb. 7.3.3-5: Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzo[k]fluoranthene (alle Stationen)

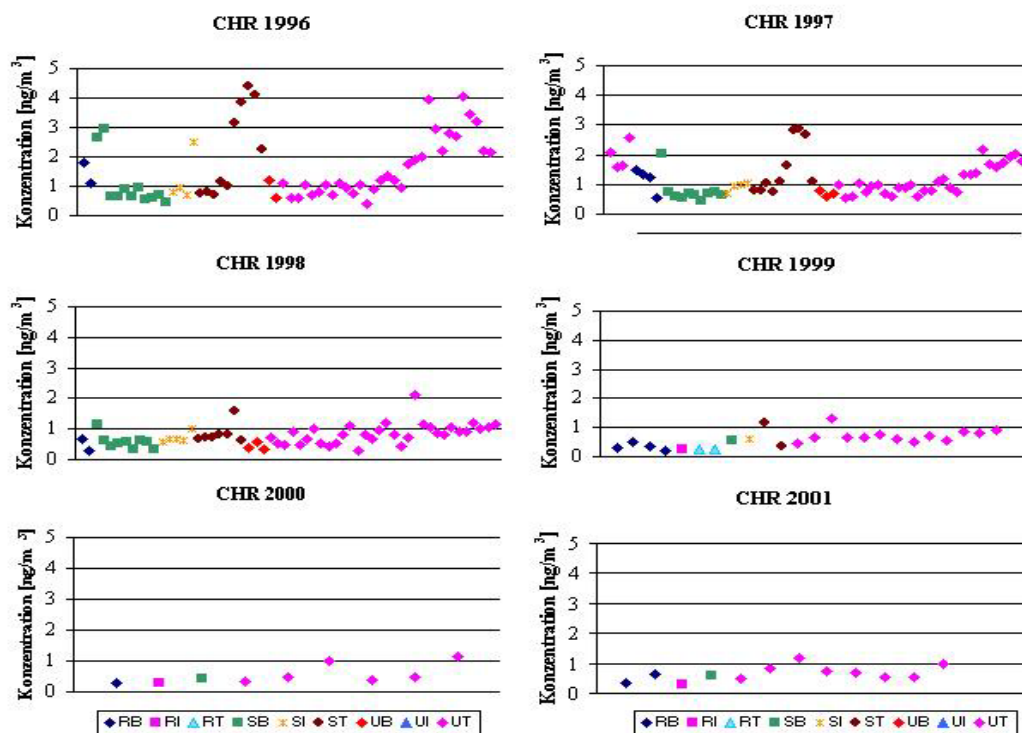


Abb. 7.3.3-6: Verteilung der Jahresmittelwerte für Chrysen (alle Stationen)

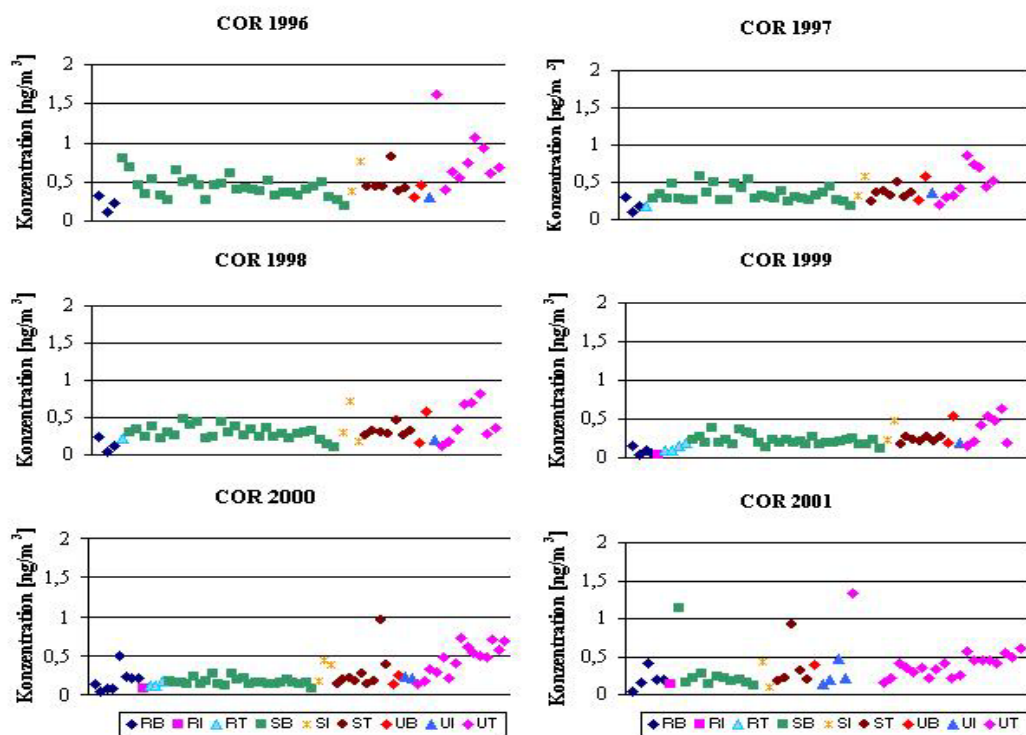


Abb. 7.3.3-7: Verteilung der Jahresmittelwerte für Coronen (alle Stationen)



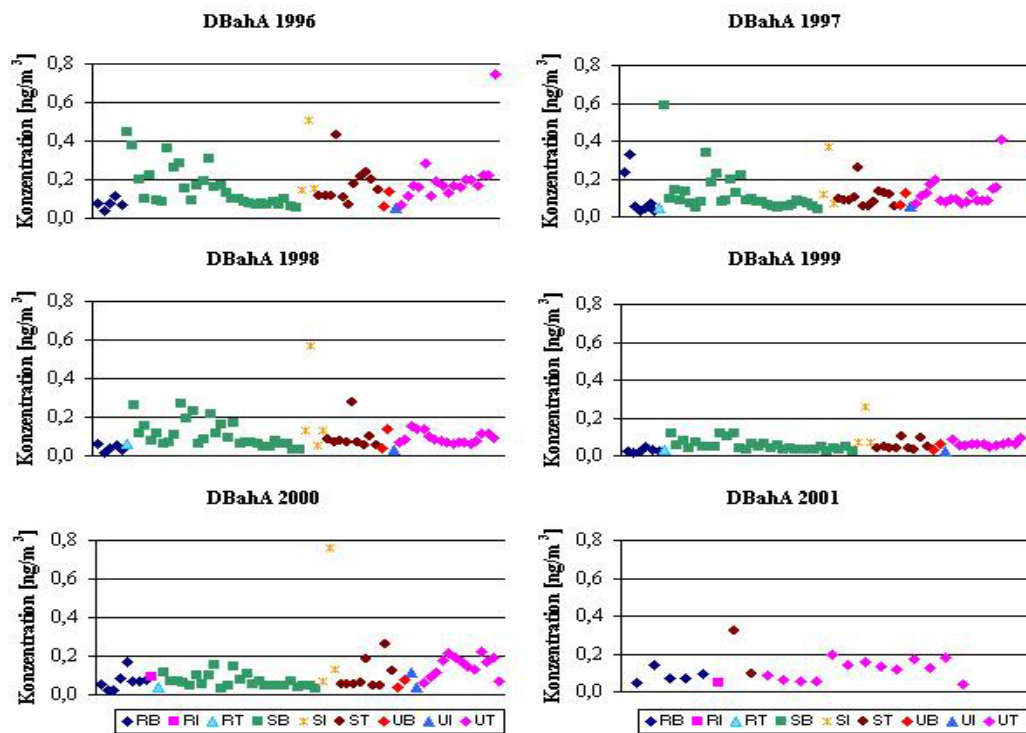


Abb. 7.3.3-8: Verteilung der Jahresmittelwerte für Dibenzo[ah]anthracen (alle Stationen)

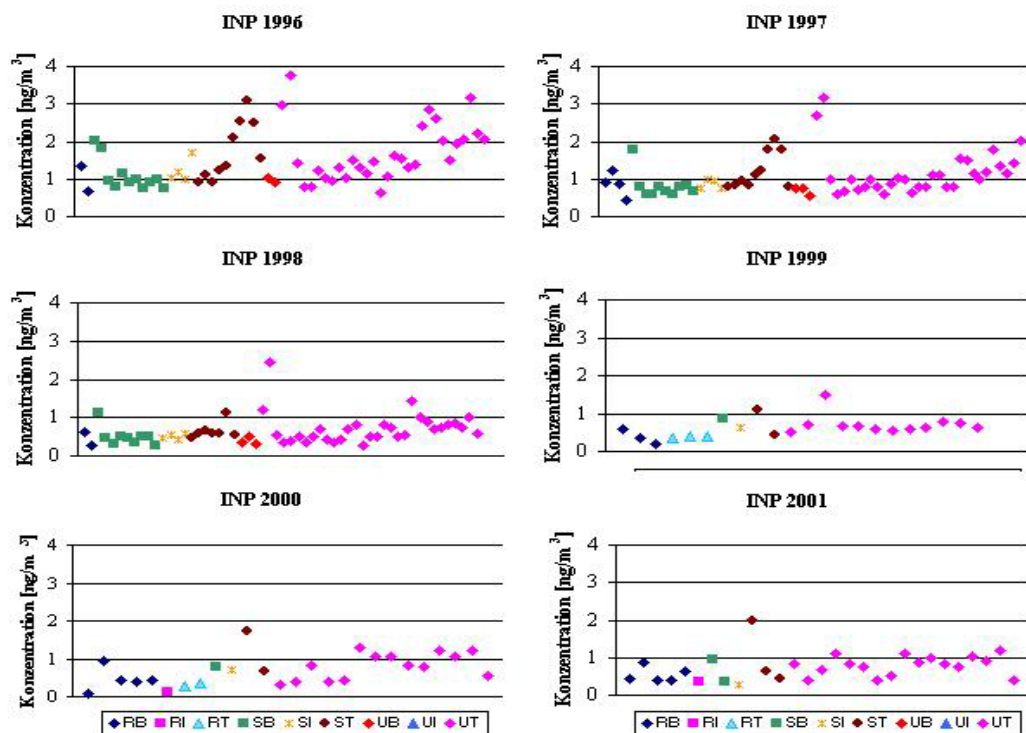


Abb. 7.3.3-9: Verteilung der Jahresmittelwerte für Indeno[1,2,3-cd]pyren (alle Stationen)

#### **7.3.4 Korrelationen zwischen BaP und weiteren PAKs**

Die folgenden Untersuchungen sollen klären, welche Abhängigkeiten zwischen den gemessenen Benzo[a]pyren-Werten und, soweit es das Datenmaterial zulässt, den anderen in der Datenbank abrufbaren PAKs bestehen. Dazu werden alle zur Verfügung stehenden Daten in ihrer originalen Form verwendet, der größte Teil sind Tagesmittelwerte, ein kleiner Teil Wochenmittel und etwa 5% sind Monatsmittelwerte. Das gilt pauschal, ist aber von PAK zu PAK etwas verschieden, wobei der Anteil Monatsmittel nie größer als 5% ist.

Diese Auswertungen haben einmal den Vorteil, dass eine statistisch relevante Datenmenge zur Verfügung steht (bis zu 33.000 Werten) und weiterhin nur Messwertpaare verglichen werden, die am gleichen Ort gemessen wurden, was beim Vergleich zweier Mittelwerte über alle Messstellen nicht der Fall ist.

Das Vorgehen ist in folgende Untersuchungsschritte eingeteilt:

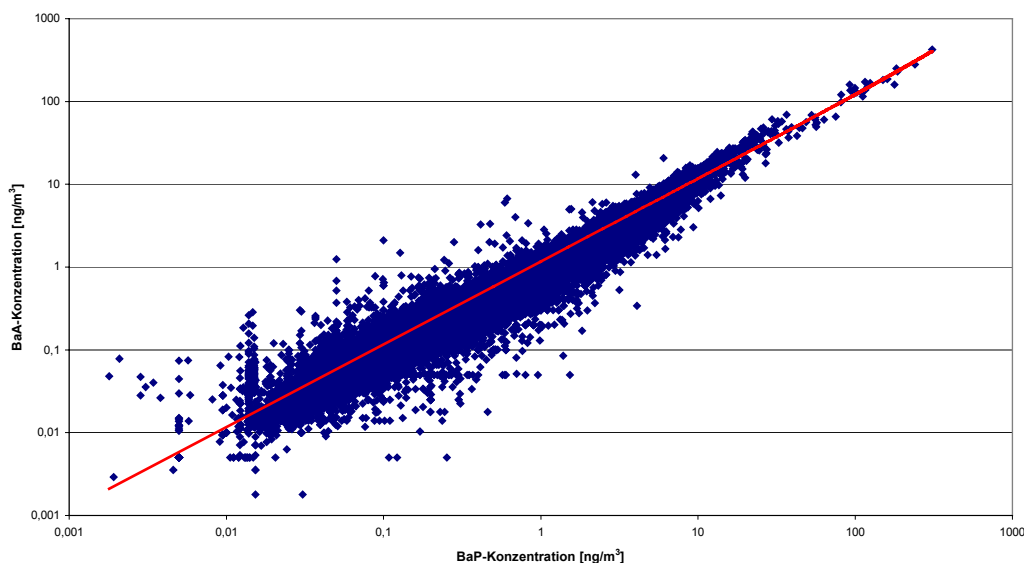
1. Darstellung aller Messwerte und des daraus abzuleitenden Trends als Ausdruck für das mittlere Verhältnis eines bestimmten PAK zu BaP,
2. Trendvergleich nach Jahren,
3. Trendvergleich nach Stationskategorien und Jahren.

Damit sollen zum einen ein allgemeiner Zusammenhang zwischen den Messwerten eines PAK und zur PAK-Indikatorverbindung BaP hergestellt und zum anderen geprüft werden, ob dieser Zusammenhang über längere Zeiträume stabil ist und/oder Unterschiede bzw. Änderungen in der Emissionsquellenstruktur für die Stationskategorien signalisiert.

Als Vergleichsjahre werden 1996 und 2000 gewählt, da im Jahre 2001 ein drastischer Rückgang an Messstationen für verschiedene PAKs zu verzeichnen ist. Weiterhin werden wie im Vorangegangenen nur die Stationskategorien UT, ST, SB und RB ausgewertet.

### **Benz[a]anthracen**

Für BaA kommen insgesamt über 28.000 Datensätze zur Auswertung. *Abbildung 7.3.4-1* zeigt alle Messwertpaare der Partikelmessungen für die Jahre 1996 bis 2002 und für alle Stationskategorien und den zugehörigen Trend. (Dieser ist formal linear zum Nullpunkt verschoben, weil negative Werte logarithmisch nicht darstellbar sind, aber die Abhängigkeit ist sichtbar.) Die Streuung ist im Bereich zwischen 0,05 und 1 ng/m<sup>3</sup> am größten, wofür zu einem Teil die Auswirkungen der Messgenauigkeit verantwortlich sind.



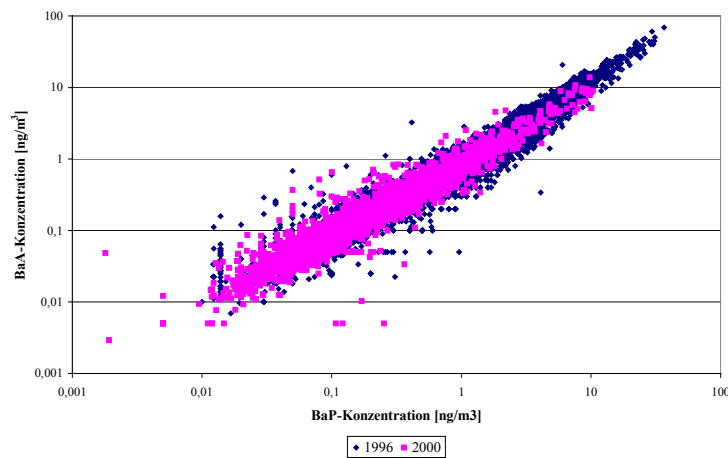
**Abb. 7.3.4-1: Messwertpaare BaA/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002**

*Abbildung 7.3.4-2* zeigt die Messwertpaare für die Jahre 1996 und 2000. Die Verschiebung zu niedrigeren Werten ist auch hier gut zu erkennen. Der Auswertung für 1996 liegen 4.600 Werte zugrunde, von denen 73% BaP-Werte unter 2 ng/m<sup>3</sup> haben. Für das Jahr 2000 sind es 2.900 Werte, von denen 96% BaP-Werte unter 2 ng/m<sup>3</sup> aufweisen. Der Median liegt für 1996 bei einem BaP-Wert von 0,638 ng/m<sup>3</sup> und für das Jahr 2000 bei 0,177 ng/m<sup>3</sup>.

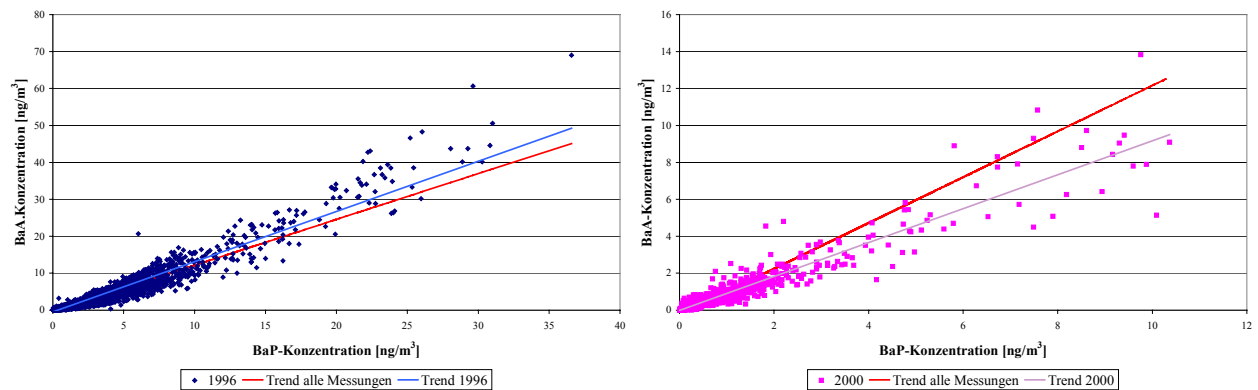
*Abbildung 7.3.4-3* zeigt, nun nicht mehr in der doppeltlogarithmischen Darstellung, weswegen die Wolke im unteren Wertebereich stark verdichtet ist, die Trends für die beiden Jahre im Vergleich zum Trend für alle Messungen über alle Jahre. Die Trendlinie ist hierbei der Ausdruck für das Verhältnis BaA/BaP. Der Trend von 1996 liegt über dem für alle Messungen, der für das Jahr 2000 deutlich darunter.

Das mittlere Verhältnis BaA/BaP für beide Jahre ist demzufolge unterschiedlich, es beträgt für 1996 1,36 und für das Jahr 2000 nur noch 0,92. Hierfür kommen zwei Möglichkeiten in Betracht:

- Da der Wertebereich sich zu niedrigeren Werten verschoben hat, bildet der näherungsweise lineare Ansatz, der für alle Wertepaare gilt, im unteren Wertebereich nicht ausreichend genau die Verhältnisse ab.
- Es besteht tatsächlich eine Jahresabhängigkeit, und das Verhältnis BaA zu BaP hat sich von 1996 bis 2000 verringert.



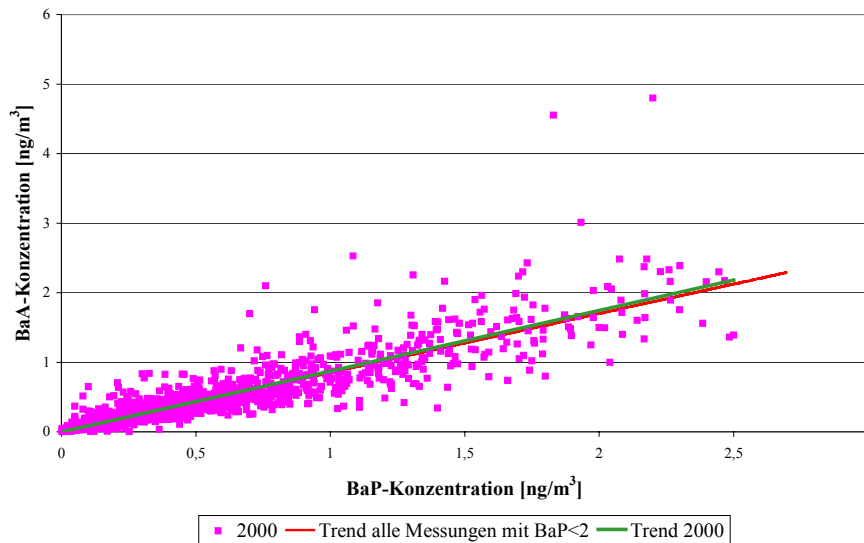
**Abb. 7.3.4-2:** Messwertpaare BaA/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996 und 2000



**Abb. 7.3.4-3:** Verhältnis BaA/BaP für die Jahre 1996 und 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen

Zur Untersuchung der ersten Annahme werden aus allen von 1996 bis 2002 gemessenen Wertepaaren diejenigen mit BaP-Werten  $< 2 \text{ ng/m}^3$  separiert und der Trend berechnet. Der nun folgende Vergleich der Werte aus dieser Auswahl mit denen für das Jahr 2000 ist legitim, da für 2000 immerhin 96% der Werte im Bereich  $< 2 \text{ ng/m}^3$  liegen. *Abbildung 7.3.4-4* zeigt das Ergebnis: die beiden Trendgeraden sind nahezu deckungsgleich, d.h. der Vergleich im definierten Wertebereich über alle Jahre mit einem diskreten Jahr liefert die gleichen Ergebnisse. Damit besteht also **für BaA keine Jahresabhängigkeit**, die zweite Annahme trifft nicht zu.

Diese Aussage wird auch durch den Vergleich der Werte von 1996 mit dem Gesamtbestand bestätigt: hier liegen beide Trendgeraden nahe beieinander, weil 1996 ein großer Wertebereich überstrichen wird, der auch fast die Grenzen des Gesamtbestandes erreicht.



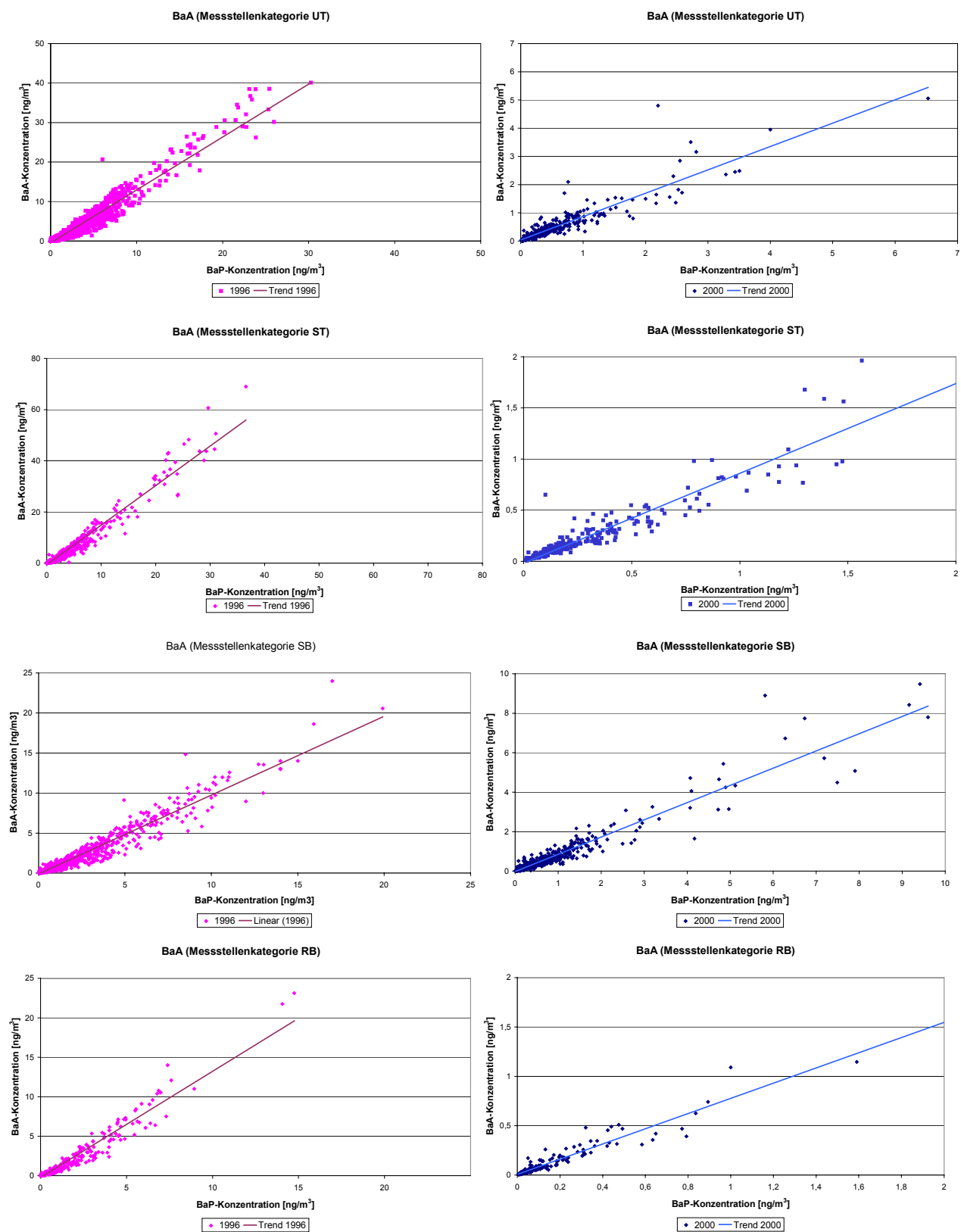
**Abb. 7.3.4-4:** *Verhältnis BaA/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten < 2 ng/m<sup>3</sup>*

Eine detailliertere Untersuchung gilt der Abhängigkeit der Trends von den Stationskategorien. *Abbildung 7.3.4-5* zeigt für verschiedene Stationskategorien die Darstellung des BaA/BaP-Verhältnisses für 1996 und 2000. Auch hier ist der Unterschied zwischen beiden Jahren zu erkennen. (Für die Achsen wurde der gleiche Wertebereich gewählt, so dass die Verhältnisse gut sichtbar sind.) Die Werte für 2000 liegen alle unter denen von 1996.

Weiterhin ist zu erkennen, dass die mittleren BaA/BaP-Verhältnisse zwischen den Stationskategorien verschieden sind. *Tabelle 7.3.4-1* zeigt die quantitativen Unterschiede.

**Tabelle 7.3.4-1:** *Mittlere BaA/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien*

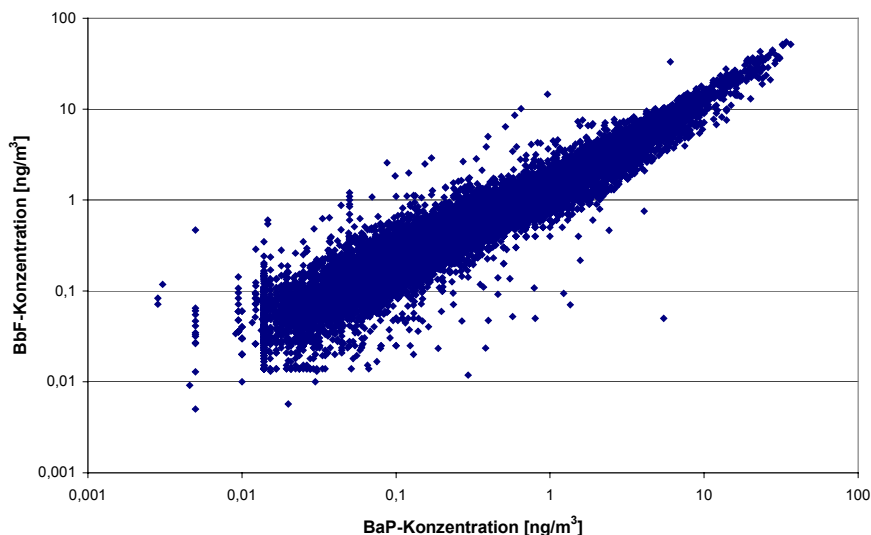
Auswahl	mittleres BaA/BaP-Verhältnis		Anzahl Messwerte	
	1996	2000	1996	2000
Messwerte von 1996 - 2002	1,24		28.632	
alle Messwerte	1,36	0,92	6.277	2.866
Stationskategorie UT	1,34	0,83	2.420	465
Stationskategorie ST	1,54	0,88	1.210	298
Stationskategorie SB	0,98	0,86	1.618	1.263
Stationskategorie RB	1,35	0,77	550	186



**Abb. 7.3.4-5: Mittlere BaA/BaP-Verhältnisse nach Stationskategorien und Jahren**

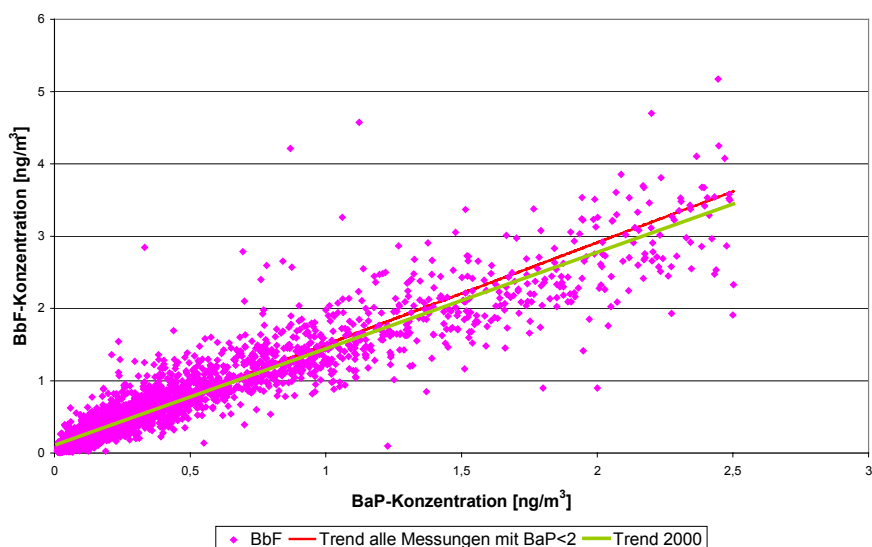
### **Benzo[b]fluoranthen**

Der Gesamtwertebestand für die Bestimmung des mittleren Verhältnisses BbF/BaP ist in *Abbildung 7.3.4-6* dargestellt. Es kommen etwa 24.000 Messwerte zur Auswertung.



**Abb. 7.3.4-6:** Messwertpaare BbF/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002

Entsprechend *Abbildung 7.3.4-7* besteht bei **Benzo[b]fluoranthen** eine **geringe Jahresabhängigkeit** im Verhältnis BbF/BaP. Das Limit für BaP wurde mit  $2 \text{ ng/m}^3$  angenommen, weil 92% der Werte des Jahres 2000 unter dieser Marke liegen. Der Trendwert für das Jahr 2000 liegt etwa 5% unter dem für „alle Messwerte  $< 2 \text{ ng/m}^3$ “. Der Median liegt bei einem BaP-Wert von  $0,228 \text{ ng/m}^3$ .



**Abb. 7.3.4-7:** Verhältnis BbF/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten  $< 2 \text{ ng/m}^3$

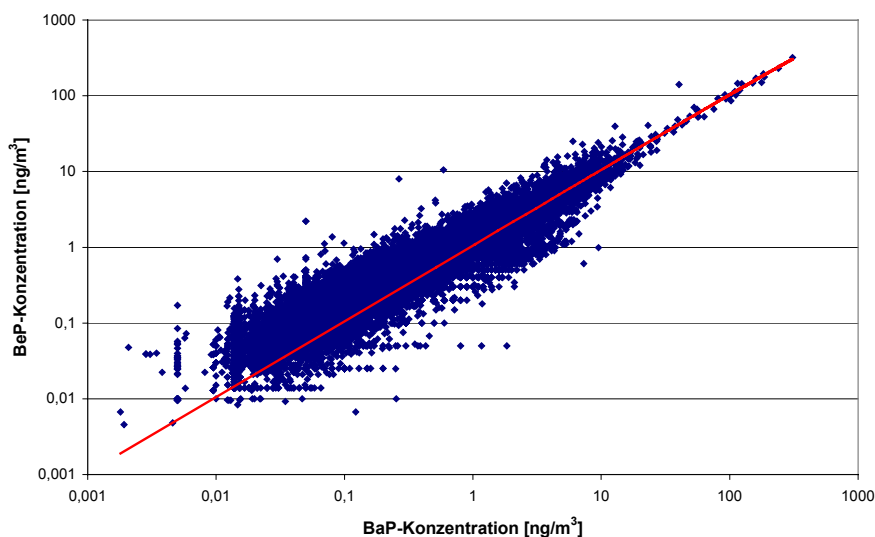
Innerhalb der Stationskategorien ist eine etwas größere Differenzierung als bei BaA zu beobachten (Tabelle 7.3.4-2), wobei die Stationskategorie SB auf Grund der schwachen Besetzung mit Vorbehalt zu betrachten ist.

**Tabelle 7.3.4-2: Mittlere BbF/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien**

Auswahl	mittleres BbF/BaP-Verhältnis		Anzahl Messwerte	
	1996	2000	1996	2000
Messwerte von 1996 - 2002	1,33		23.990	
alle Messwerte	1,18	1,27	4.219	3.226
Stationskategorie UT	1,25	0,94	2.336	1.782
Stationskategorie ST	1,33	1,15	934	360
Stationskategorie SB	0,79	0,94	304	94
Stationskategorie RB	0,95	0,97	405	763

### **Benzo[el]pyren**

Der Gesamtwertbestand für die Bestimmung des mittleren Verhältnisses BeP/BaP ist in *Abbildung 7.3.4-8* dargestellt. Es kommen etwa 23.600 Messwerte zur Auswertung. Die zugehörige Trendlinie hat einen sehr hohen Bestimmtheitsgrad (98%), woraus zu schlussfolgern ist, dass eine echte lineare Abhängigkeit vorliegt.

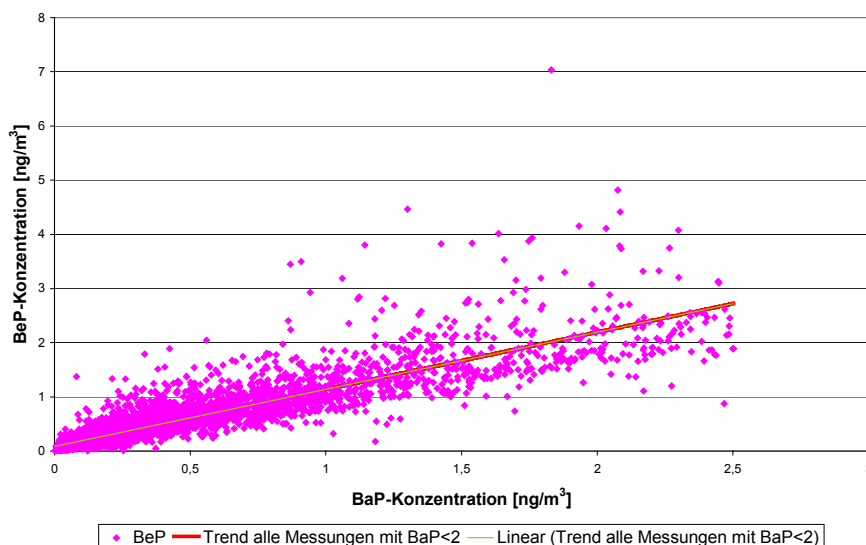


**Abb. 7.3.4-8: Messwertpaare BeP/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002**

Entsprechend *Abbildung 7.3.4-9* besteht bei **Benzo[el]pyren keine Jahresabhängigkeit** im Verhältnis BeP/BaP. Die Trendlinien sind deckungsgleich. Das Limit für BaP wurde mit 2 ng/m<sup>3</sup> angenommen. 90% der Werte des Jahres 2000 liegen unter dieser Marke.

Der Median für das Jahr 1996 liegt bei 0,44 ng/m<sup>3</sup> und für 2000 bei 0,21 ng/m<sup>3</sup>.





**Abb. 7.3.4-9:** Verhältnis BeP/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten  $< 2 \text{ ng/m}^3$

Innerhalb der Stationskategorien sind wiederum quantitative Unterschiede zu beobachten (Tabelle 7.3.4-3), wobei die Stationskategorien ST und RB auf Grund der schwachen Besetzung mit Vorbehalt zu betrachten sind. Da der Stationenmix laufenden Veränderungen unterworfen ist, werden die Mittelwerte durch hinzugekommene oder eingestellte Messstellen mit überdurchschnittlich hohen oder niedrigen Messwerten stark beeinflusst.

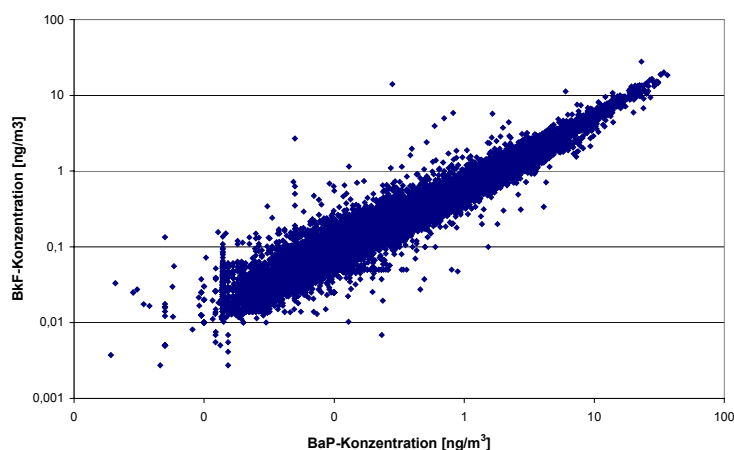
**Tabelle 7.3.4-3:** Mittlere BeP/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien

Auswahl	mittleres BeP/BaP-Verhältnis		Anzahl Messwerte	
	1996	2000	1996	2000
Messwerte von 1996 - 2002	1,05		23.605	
alle Messwerte	0,99	1,0	3.162	5.567
Stationskategorie UT	1,05	0,82	702	1.877
Stationskategorie ST	0,83	0,90	336	657
Stationskategorie SB	0,97	1,15	1.614	1.260
Stationskategorie RB	1,41	0,87	208	898

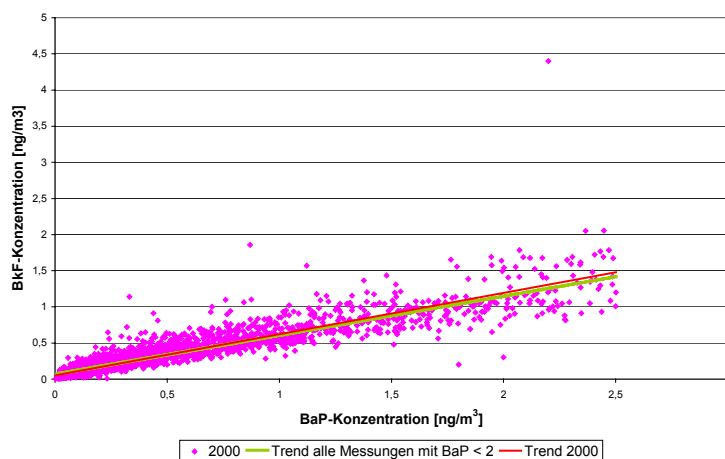
### Benzo[k]fluoranthen

In *Abbildung 7.3.4-10* ist der Gesamtwertbestand des mittleren Verhältnisses BkF/BaP dargestellt. Es liegen etwa 24.500 Messwerte vor. Die Korrelation beträgt 94%, die Abhängigkeit kann als linear angenommen werden.

Entsprechend *Abbildung 7.3.4-11* besteht bei Benzo[k]fluoranthen keine Jahresabhängigkeit im mittleren Verhältnis BkF/BaP, die Trendgeraden sind fast deckungsgleich. Das Limit für BaP wurde wiederum mit  $2 \text{ ng/m}^3$  angenommen; 97% der Werte des Jahres 2000 liegen unter dieser Marke. Der Median liegt bei einem BaP-Wert von  $0,189 \text{ ng/m}^3$ .



**Abb. 7.3.4-10:** Messwertpaare BkF/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002



**Abb. 7.3.4-11:** Verhältnis BkF/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten < 2 ng/m<sup>3</sup>

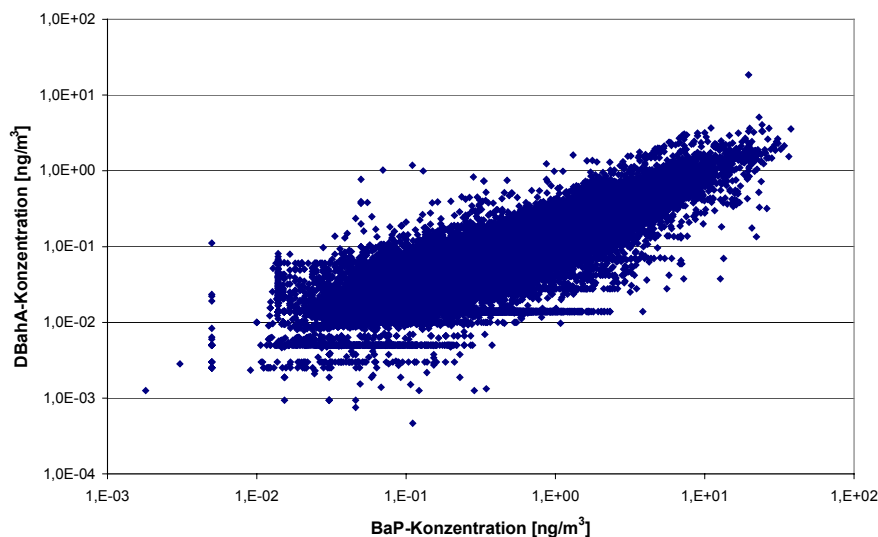
Innerhalb der Stationskategorien sind, bis auf die Werte im ländlichen Backgroundmilieu, **keine Unterschiede in den mittleren Verhältnissen BkF/BaP** festzustellen (Tabelle 7.3.4-4). SB ist auf Grund der geringen Datendichte nicht interpretierbar.

**Tabelle 7.3.4-4:** Mittlere BkF/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien

Auswahl	mittleres BkF/BaP-Verhältnis		Anzahl Messwerte	
	1996	2000	1996	2000
Messwerte von 1996 - 2002	0,54		24405	
alle Messwerte	0,52	0,48	4.214	3.368
Kategorie UT	0,52	0,47	2.331	1.782
Kategorie ST	0,51	0,48	934	360
Kategorie SB	0,51	0,36	304	94
Kategorie RB	0,62	0,54	405	763

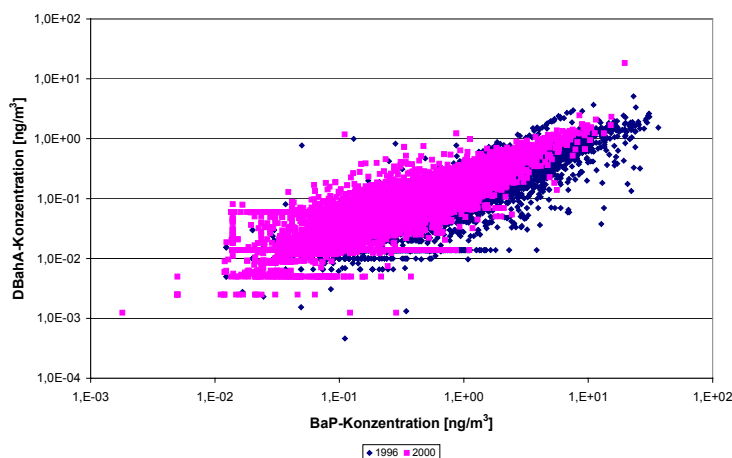
### Dibenz[ah]anthracen

Der Gesamtwertbestand für die Bestimmung des mittleren Verhältnisses DBahA/BaP ist in *Abbildung 7.3.4-12* dargestellt. Es kommen etwa 33.000 Messwerte zur Auswertung. Die Korrelation für den gesamten Wertebestand beträgt unter 50%, es liegt also keine lineare Abhängigkeit vor. Auch andere elementare Ansätze ergaben keine akzeptablen Lösungen.



**Abb. 7.3.4-12:** Messwertpaare DBahA/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002

Weiterhin liegt für verschiedene Ansätze der Bestimmtheitsgrad auch für einzelne Jahre durchgängig bei nur 70%, so dass hier ebenfalls keine Beziehung zwischen den Werten zu definieren ist. Die weitere Unterteilung in Stationskategorien ergab keine besseren Ergebnisse. *Abbildung 7.3.4-13* zeigt die Wolken der Wertepaare für 1996 und 2000. Es ist die Verringerung des Wertebereiches, sichtbar aber auch eine andere Ausrichtung der Wolke zu erkennen.

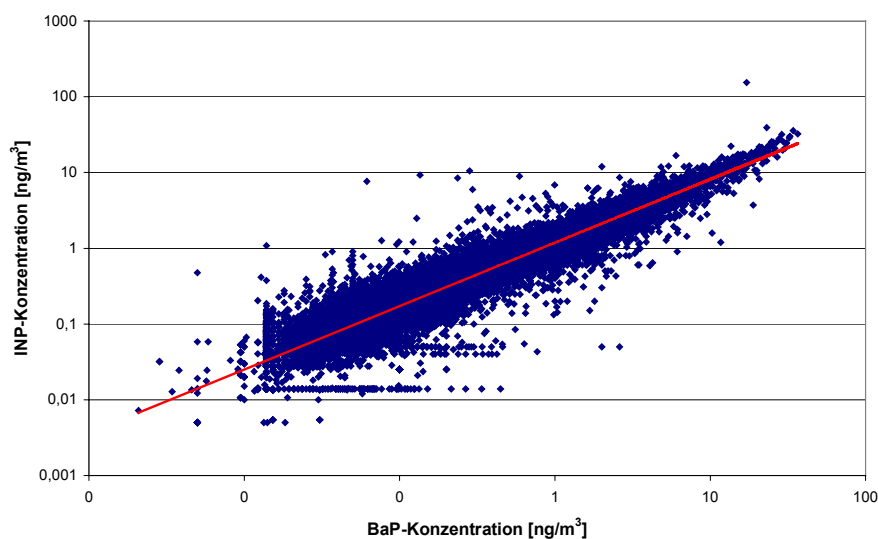


**Abb. 7.3.4-13:** Messwertpaare DBahA/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996 und 2000

### Indeno[1,2,3-cd]pyren

In *Abbildung 7.3.4-14* ist der Gesamtwertbestand für die Bestimmung des mittleren Verhältnisses INP/BaP dargestellt. Es werden etwa 22.400 Messwerte ausgewertet. Der Zusammenhang zwischen den Werten ist nicht linear (Bestimmtheitsgrad 75%), es liegt hier wie für Benzo[ghi]perylen eine potenzielle Abhängigkeit vor (Parameter: 1,183; 0,8307), für die die Bestimmtheit 93% beträgt.

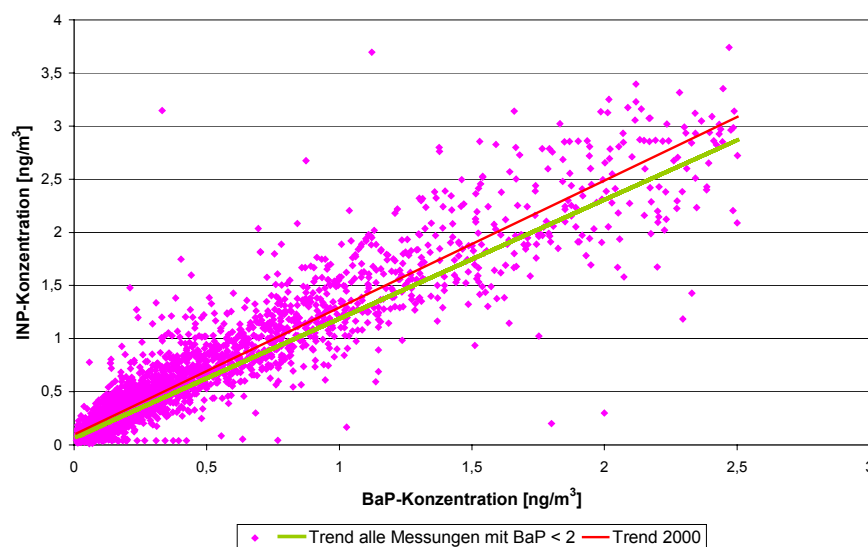
Der Bestimmtheitsgrad des linearen Ansatzes für einzelne Jahre jedoch liegt immer bei 95%, so dass hieraus zu schlussfolgern ist, dass für INP tatsächlich eine Jahresabhängigkeit vorliegt und sich das Verhältnis INP/BaP über den Messzeitraum verändert hat.



**Abb. 7.3.4-14:** Messwertpaare INP/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002

Entsprechend *Abbildung 7.3.4-15* besteht für Indeno[1,2,3-cd]pyren eine leichte Jahresabhängigkeit. Das Verhältnis INP/BaP hat sich etwas vergrößert (um etwa 8%). Das Limit für den Vergleich wurde für BaP = 2 ng/m<sup>3</sup> angenommen. 92% der Messwertpaare für 2000 liegen unter dieser Marke. Der Median für 1996 beträgt 0,83 ng/m<sup>3</sup> und für 2000 nur noch 0,22 ng/m<sup>3</sup>.

Zwischen den Stationskategorien sind wieder z.T. beträchtliche Unterschiede zu beobachten (*Tabelle 7.3.4-5*). Trotz der Verschiebung zu niedrigeren Werten hat das Verhältnis in allen Stationskategorien zugenommen, wobei die geringste Zunahme in der Stationskategorie SB zu verzeichnen ist.



**Abb. 7.3.4-15:** Verhältnis INP/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten  $< 2 \text{ ng/m}^3$

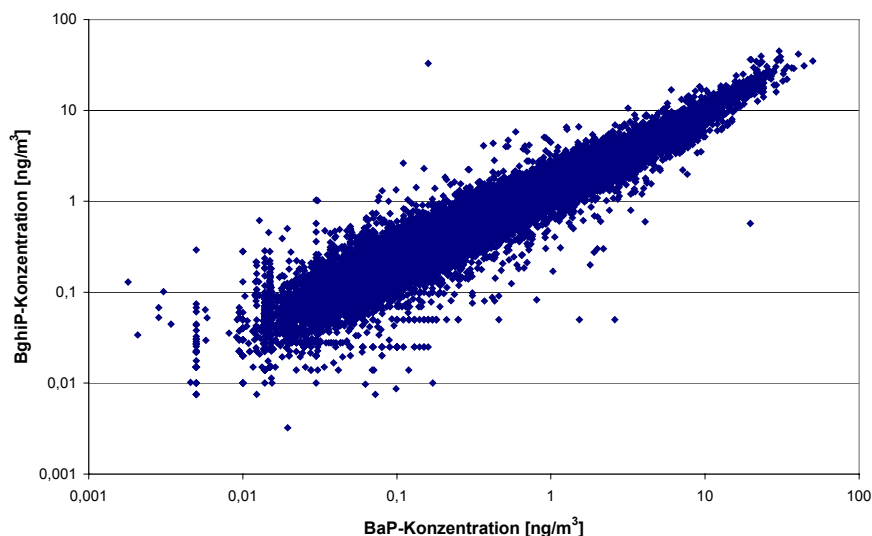
**Tabelle 7.3.4-5:** Mittlere INP/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien

Auswahl	mittleres INP/BaP-Verhältnis		Anzahl Messwerte	
	1996	2000	1996	2000
Messwerte von 1996 - 2002	potenzielle Abhängigkeit		22.348	
alle Messwerte	0,89	1,04	3.807	3.371
Stationskategorie UT	0,95	1,08	1.894	1.792
Stationskategorie ST	0,84	0,96	934	360
Stationskategorie SB	0,70	0,72	319	94
Stationskategorie RB	1,00	1,14	412	763

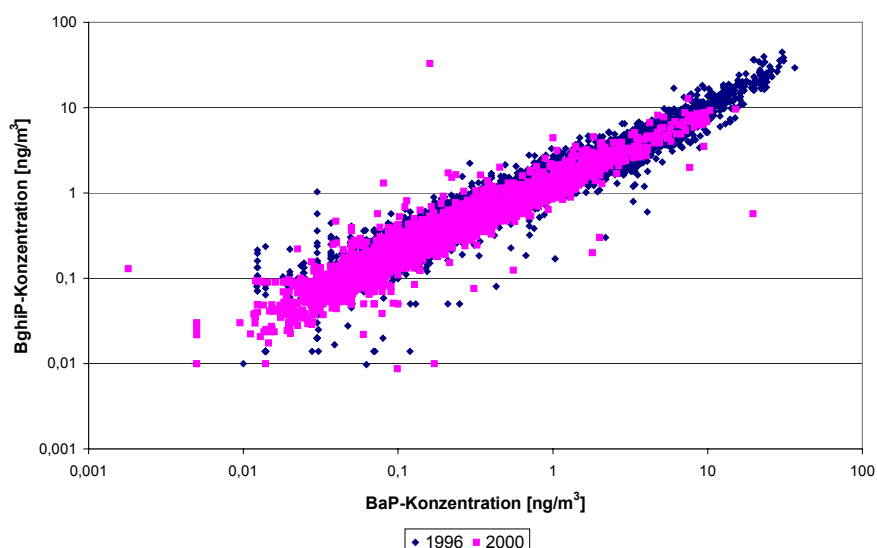
### **Benz[ghi]perylen**

Der Gesamtwertbestand für die Bestimmung des mittleren Verhältnisses BghiP/BaP ist in *Abbildung 7.3.4-16* dargestellt. Es kommen etwa 33.000 Messwerte zur Auswertung. Die lineare Trendlinie für den gesamten Wertebestand hat einen sehr niedrigen Bestimmtheitsgrad (75%), es liegt hier eine potenzielle Abhängigkeit vor (Parameter: 1,384; 0,8102), für die die Bestimmtheit 92% beträgt.

Der Bestimmtheitsgrad des linearen Ansatzes für einzelne Jahre jedoch liegt z.B. für 1996 bei 92% und für 2000 bei 88%, so dass hieraus zu schlussfolgern ist, dass für BghiP tatsächlich eine Jahresabhängigkeit vorliegt und sich das Verhältnis BghiP/BaP über den Messzeitraum verändert hat. Die Verschiebung der Messwertwolke hin zu niedrigeren Werten zeigt *Abbildung 7.3.4-17*.



**Abb. 7.3.4-16:** Messwertpaare BghiP/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002

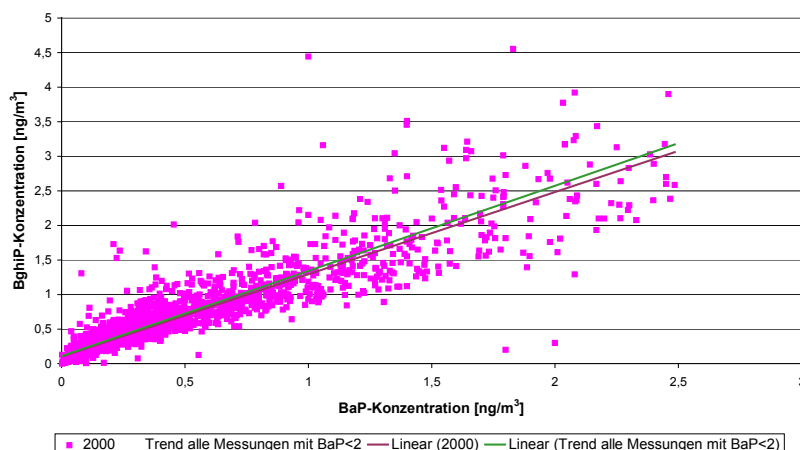


**Abb. 7.3.4-17:** Messwertpaare BghiP/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996 und 2000

Entsprechend den vorangegangenen Untersuchungen ergibt der Trendvergleich der Jahreswerte 2000 mit allen Wertepaaren  $\text{BaP} < 2 \text{ ng/m}^3$  entsprechend dem exponentiellen Ansatz für den reduzierten Wertebereich eine schlüssige Aussage (Abbildung 7.3.4-18).

Es liegen im Jahr 2000 etwa 95% der BghiP/BaP-Wertepaare unter einem BaP-Wert von  $2 \text{ ng/m}^3$  und der Median beträgt  $0,19 \text{ ng/m}^3$ .

Die Untersuchungen zu den einzelnen Stationskategorien enthält Tabelle 7.3.3-5. Der Bestimmtheitsgrad für alle Stationskategorien und die Jahre liegt für diese Trends zwischen 92 und 96%, was die Annahme der **Jahresabhängigkeit** weiterhin verstärkt.



**Abb. 7.3.4-18:** Verhältnis BghiP/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten  $< 2 \text{ ng/m}^3$

**Tabelle 7.3.4-5:** Mittlere BghiP/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien

Auswahl	mittleres BghiP/BaP-Verhältnis		Anzahl Messwerte	
	1996	2000	1996	2000
Messwerte von 1996 - 2002	potenzielle Abhängigkeit		32.951	
alle Messwerte	1,06	1,19	6.063	2.960
Stationskategorie UT	1,04	0,91	2.566	701
Stationskategorie ST	1,06	0,82	1.210	298
Stationskategorie SB	0,76	0,88	1.616	1.263
Stationskategorie RB	1,09	0,88	386	186

### Zusammenfassung

Aus den vorangegangenen Untersuchungen lassen sich hinsichtlich der Korrelationen zwischen der PAK-Indikatorverbindung BaP und weiteren PAKs für die Zeitkonstanz der mittleren Konzentrationsverhältnisse und deren Abhängigkeit von Stationenkategorien die in *Tabelle 7.3.4-6* zusammengefassten Ergebnisse ableiten.

**Tabelle 7.3.4-6:** Zusammenhänge zwischen den mittleren Konzentrationsverhältnissen verschiedener PAKs zur Leitkomponente BaP

PAK	Zeitstabilität (Vergleich 1996 zu 2000)	Stationskategorienabhängigkeit
Benz[a]anthracen	stabil	ja
Benzo[b]fluoranthren	leichte Jahresabhängigkeit; Verhältnis verringert sich	ja
Benzo[e]pyren	stabil	ja
Benzo[k]fluoranthren	stabil	nein
Dibenzo[ah]anthracen	unbestimmt	unbestimmt
Indeno[1,2,3-cd]perylene	leichte Jahresabhängigkeit; Verhältnis verringert sich	ja
Benzo[ghi]perylene	leichte Jahresabhängigkeit; Verhältnis vergrößert sich	gering

### 7.3.5 *PAK-Profil gemäß Entwurf der 4. Tochterrichtlinie vom 16.07.2003*

Der Richtlinienentwurf sieht neben der Messung von BaP als Indikator für die PAK-Belastung an einer geringen Anzahl von Messstationen auch die parallele Konzentrationsbestimmung von weiteren PAKs wie BaA, DbahA, BbF, BkF, BjF, INP, FLU vor, um diese Beiträge der Summe der PAKs zu überwachen.

Im vorigen Kapitel wurden verschiedene dieser PAKs hinsichtlich ihres Konzentrationsverhältnisses zu BaP untersucht. Es wurden bei einzelnen PAKs für das mittlere Konzentrationsverhältnis sowohl Veränderungen in längeren Zeiträumen als auch Abhängigkeiten von den Stationskategorien festgestellt.

Im Weiteren wird das **PAK-Profil** folgender Verbindungen auf Zeitstabilität und Stationskategorienabhängigkeit untersucht:

- Benzo[a]pyren
- Benz[a]anthracen
- Benzo[b]fluoranthren
- Benzo[k]fluoranthren
- Dibenzo[ah]anthracen
- Fluoranthren
- Indeno[1,2,3-cd]perylene

Dazu werden für jedes dieser PAKs alle zur Verfügung stehenden Stationen ausgewertet und die Jahresmittelwerte nach Stationenkategorien gebildet. Das bedeutet, dass nicht derselbe Stationenmix für alle PAK-Verbindungen des Profils ausgewertet wird, weil praktisch keine Station von 1995 bis 2001 alle diese Komponenten gemessen hat (siehe auch *Kapitel 5.3.6*). Das wirkt sich vor allem bei geringer Stationenanzahl u.U. negativ aus, weil dann nämlich Stationen mit überdurchschnittlich hohem oder niedrigem Belastungsniveau nur einen Teil der Komponenten beeinflussen und damit das Profil verfälschen. *Tabelle 7.3.5-1* gibt eine Übersicht zur Besetzung der einzelnen Summanden des Profils mit Stationenwerten.

Problematisch für die Homogenität der Ergebnisse sind zwei Faktoren, die aus der Stationenmatrix (*Tabelle 7.3.5-1*) ablesbar sind:

- die starke Abnahme von messenden Stationen im Zeitraum von 1996 bis 2001; das betrifft alle PAKs außer BaP und DBahA,
- die schwache Besetzung der Matrix für einzelne PAKs; das betrifft vor allem FLU.

Die Stationskategorie RB ist auf Grund der geringen Stationenanzahl immer etwas problematisch.

*Abbildung 7.3.5-1* und *7.3.5-2* zeigen die Entwicklung nach Jahren für die prozentualen Anteile der PAKs an der Gesamtumme, getrennt nach Stationskategorien.

#### **Benzo[a]pyren**

Für BaP ist zwar eine Abhängigkeit von den Stationskategorien aber keine zeitabhängige Veränderung der Anteile zu erkennen. Im Jahr 2000 ist der Wert niedrig, aber das betrifft alle Anteile außer FLU, das einen extrem hohen Wert hat. Fluoranthren wird 2000 nur an einer Station gemessen, die offensichtlich stark belastet ist!



Der Mittelwert über alle Jahre beträgt:

UT	ST	SB	RB
11,7%	13,9%	14,5%	12,7%

### **Benz[a]anthracen**

Für BaA gelten die gleichen Beobachtungen wie für BaP: es besteht keine zeitliche, aber eine Abhängigkeit von den Stationskategorien.

Der Mittelwert über alle Jahre beträgt:

UT	ST	SB	RB
9,2%	12,6%	10,6%	10,8%

### **Benzo[b]fluoranthen**

Für BbF ist von 1996 bis 2001 eine deutliche Erhöhung der Anteile in der Stationskategorie ST und eine mögliche für SB zu erkennen. Das deckt sich mit den Ergebnissen der Korrelationsuntersuchungen: dort verringert sich das Verhältnis BbF/BaP mit der Zeit. Dies bedeutet eine Erhöhung von BbF, da BaP zeitlich konstant ist.

Die Abhängigkeit von den Stationskategorien ist stark ausgeprägt.

Der Mittelwert über alle Jahre beträgt:

UT	ST	SB	RB
15,1%	21,8%	16,5%	23,2%

### **Benzo[k]fluoranthen**

BkF zeigt, auch entsprechend den Ergebnissen der Korrelationsuntersuchungen, eine schwach ausgeprägte Abhängigkeit von der Stationskategorie und keine zeitliche Abhängigkeit.

Der Mittelwert über alle Jahre beträgt:

UT	ST	SB	RB
7,0%	9,2%	8,9%	9,4%

### **Dibenz[ah]anthracen**

Für DBahA besteht keine zeitliche Abhängigkeit. Der Anteil insgesamt ist gering, wobei Backgroundstationen einen deutlich höheren Anteil haben.

Der Mittelwert über alle Jahre beträgt:

UT	ST	SB	RB
1,5%	1,6%	3,1%	2,0%

### **Fluoranthen**

FLU liefert in allen betrachteten Stationskategorien den höchsten Beitrag zur PAK-Summe.

Es ist durchgängig von 1996 bis 2001 mit durchschnittlich 42% in der PAK-Summe für die Stationenkategorie UT vertreten. (Der Wert für 2000 wurde bereits bei BaP diskutiert.).

Flouranthen zeigt für die Stationskategorien ST, SB und RB nach hohen Werten für 1996, die etwa denen von UT entsprachen, eine deutliche Abnahme bis 2001. Das führt dazu, dass die Beiträge ab 1999 etwa so hoch wie für BbF und INP sind.

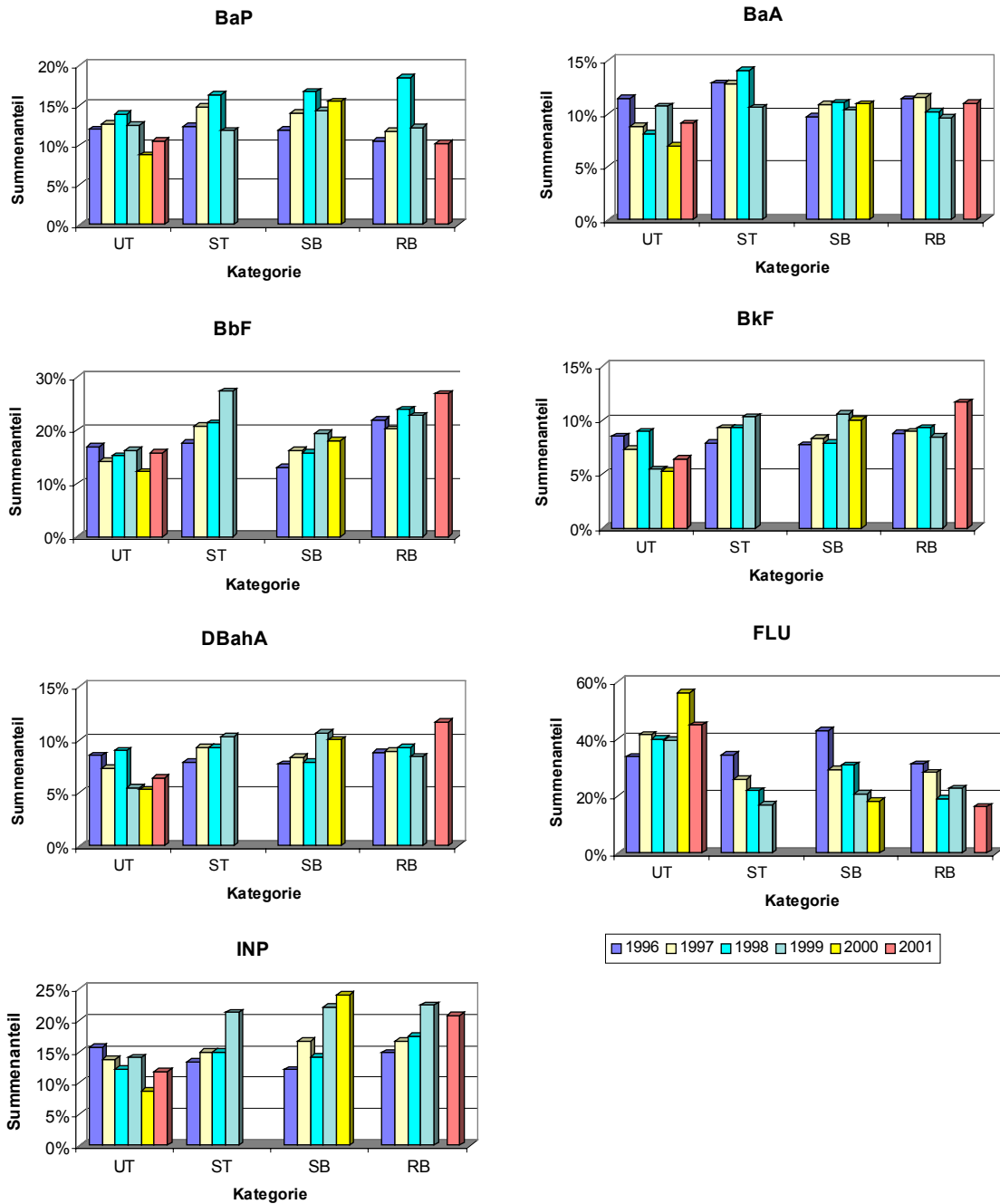
### Indenol/1,2,3-cd/perylen

Für INP ist von 1996 bis 2001 eine deutliche Erhöhung der Anteile in den Stationskategorien ST, SB und eine leichte auch in RB zu erkennen. Das deckt sich mit den Ergebnissen der Korrelationsuntersuchungen: dort verringert sich das Verhältnis INP/BaP mit der Zeit. Dies bedeutet eine Erhöhung von INP, da BaP zeitlich konstant ist.

Eine Abhängigkeit von den Stationskategorien ist 1996 noch nicht vorhanden, aber durch die Erhöhungen bis 2001 dann stark ausgeprägt.

**Tabelle 7.3.5-1: Stationenmatrix für das PAK-Profil**

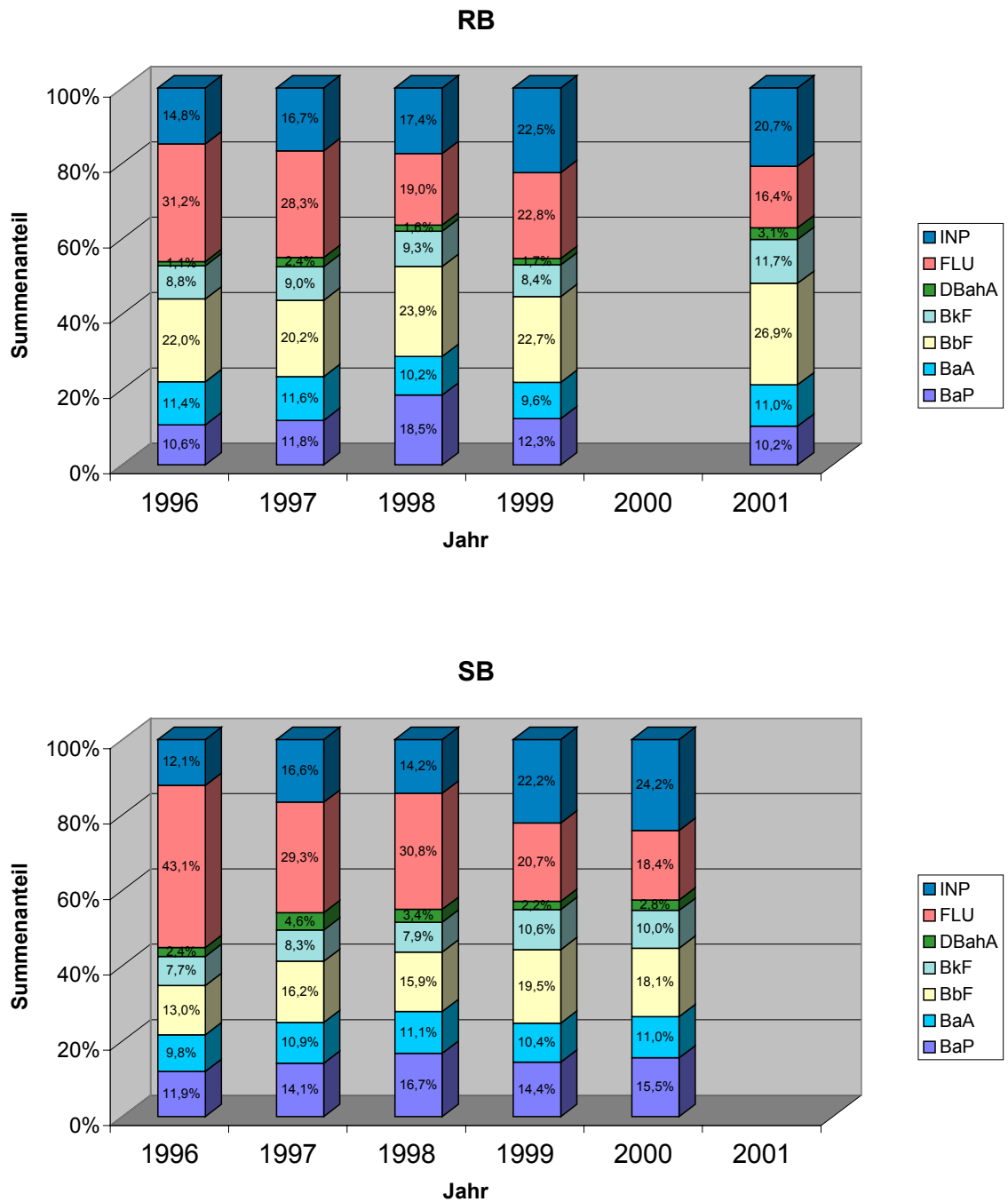
Stationen-kategorie	Jahr	BaP	BaA	BbF	Anzahl Messstationen		FLU	INP
					BkF	DBahA		
UT	1996	37	34	34	34	17	9	31
	1997	47	36	35	35	18	9	31
	1998	44	35	34	34	17	9	31
	1999	27	16	13	13	12	9	12
	2000	23	8	14	14	13	1	14
	2001	38	8	17	17	13	2	17
ST	1996	16	16	10	10	11	5	10
	1997	18	17	10	10	12	5	10
	1998	14	14	7	7	9	2	7
	1999	10	9	2	2	9	2	2
	2000	10	7	2	2	9	-	2
	2001	11	1	2	3	2	1	3
SB	1996	39	39	11	11	30	2	11
	1997	40	40	10	10	31	1	10
	1998	37	37	9	9	29	1	9
	1999	33	30	1	1	30	1	1
	2000	28	25	1	1	25	1	1
	2001	20	1	2	2	-	1	2
RB	1996	5	5	2	2	5	2	2
	1997	7	7	4	4	7	4	4
	1998	6	5	2	2	5	2	2
	1999	9	7	4	4	6	3	3
	2000	9	4	5	5	8	-	5
	2001	7	2	5	5	5	1	5



**Abb. 7.3.5-1:** Anteile der PAKs an der PAK-Summe nach PAKs und Stationenkategorien



**Abb. 7.3.5-2a:** Anteile der PAKs and der PAK-Summe nach Stationenkategorien und PAKs



**Abb. 7.3.5-2b: Anteile der PAKs and der PAK-Summe nach Stationenkategorien und PAKs**

## 8 Vergleich von PAK-Probenahmegeräten und Extraktionsmethoden

Zur Gewährleistung einer europaweiten Vergleichbarkeit von PAK-Messdaten wird die geplante EU-Tochtrichtlinie für PAKs einheitliche Methoden der Erfassung und Bewertung der PAK-Belastung vorschreiben. CEN arbeitet derzeit an der Normung einer Referenzmethode für die Messung der Immissionskonzentration von Benzo[a]pyren, die auf einer der EN 12341 /DIN 99/ gleichwertigen, manuellen PM<sub>10</sub>-Probenahme basieren wird. Solange keine genormte CEN-Methode für die Messung von Benzo[a]pyren oder die anderen, in Kapitel 7.2.1 erwähnten, polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe vorliegt, können die Mitgliedsstaaten genormte nationale Methoden oder genormte ISO-Methoden wie die ISO-Norm 12884 anwenden /DIN 00/. Die in Vorbereitung dieser Richtlinie im Rahmen der DIN/VDI-Arbeitsgruppe „Messen polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe“ und der Arbeitsgruppe CEN/TC 264 WG 21 geführten Diskussionen zeigten, dass es offene Probleme gibt, die einer experimentellen Klärung bedürfen. Dementsprechend wurden im Rahmen des Vorhabens folgende Aufgaben aufgenommen:

- Vergleich von PAK-Probenahmegeräten,
- Vergleich von Extraktionsmethoden,
- Untersuchung der Homogenität von Filterproben,
- Untersuchung des Einflusses der Filterlagerung.

Dieser Vergleich wurde 2001/02 im Rahmen des FE-Vorhabens vom Institut für Energetik und Umwelt am Standort Leipzig durchgeführt.

### 8.1 Experimentelle Methodik

#### 8.1.1 Messstandort

Die obengenannten Untersuchungen erfolgten mit in der Bundesrepublik hauptsächlich eingesetzten Filterprobenahmegeräten, die auf der Messwiese des Instituts für Energetik und Umwelt Leipzig installiert waren. Der Standort gehört zu den Außenbezirken im Nordosten der Stadt. Die einzige Straße (B 87) führt in etwa 100 m Entfernung am Messpunkt vorbei; die Wege des an die Messwiese angrenzenden Betriebsgeländes sind nur wenig befahren (Parkverkehr). In der unmittelbaren Nähe des Messpunktes befinden sich keine stationären Emissionsquellen.

Nach der in Kap. 3 beschriebenen Messstellenklassifikation ist der Messpunkt einzustufen unter:

- Gebietstyp: **S suburban** (vorstädtisch)
- Stationstyp: **B Background** (Grundbelastung)

Der Messpunkt dürfte repräsentativ sein für viele in den Ländermessnetzen existierenden PAK-Messstationen dieses Typs.

#### 8.1.2 Probenahmetechnik

Die Messungen dienten hauptsächlich dem Vergleich von Low Volume und High Volume Sammler mit PM<sub>10</sub> –Probenahmekopf. Einbezogen wurde jedoch auch ein hier als Medium Volume Sammler bezeichnetes Gerät zur Sammlung der TSP-Fraktion. Tabelle 8.1.2-1 zeigt die eingesetzten Gerätetypen und die realisierten Luftdurchsätze.

**Tabelle 8.1.2-1: Eingesetzte Filterprobenahmegeräte**

<i>Sammlertyp</i>	<i>Herstellerbezeichnung</i>	<i>Volumendurchsatz m<sup>3</sup>/h</i>	<i>Erfasste Fraktion</i>
Low Volume Sampler (LVS)	LECKEL SEQ47/50	4,0	PM <sub>10</sub>
Medium Volume Sampler (MVS)	DERENDA MVS6	5,1	TSP
High Volume Sampler (HVS)	DIGITEL DPM 10/30	30,7	PM <sub>10</sub>

Für die Probenahmen wurden bindemittelfreie Quarzfaserfilter (Munktell MK 350) mit 5 bzw. 15 cm Durchmesser eingesetzt.

### 8.1.3 *Sammelzeitraum und Messbedingungen*

Die PAK-Probenahmen erfolgten von Ende September bis November 2001 jeden 3. Tag und die Probenahmezeit betrug jeweils 24 Stunden (0 – 24 Uhr). Während der Probenahmen herrschte meist trockenes Herbstwetter mit Außentemperaturen zwischen 0 und 18 °C. Der Luftdruck erstreckte sich von 987 bis 1018 hPa.

### 8.1.4 *Filterbehandlung*

Filterkonditionierung vor Probenahme:

Die Filter wurden ca. 48 Std. bei 230 °C ausgeheizt und anschließend in einen Exsiccator (Silicagel) überführt. Nach Entnahme aus dem Exsiccator wurden die Filter gewogen (Mettler Mikrowaage d = 0,01 mg) und bis zur Bestückung der Filterhalter in Alu-Folie verpackt gelagert. Alle Manipulationen der Filter sind mit fusselfreien Baumwollhandschuhen und glatter Flachpinzette ausgeführt worden.

Filterbehandlung nach der Probenahme:

Nach Entnahme der Filter wurden sie zunächst mindestens 1 Tag im Exsiccator konditioniert (Abreicherung der Außenluftfeuchte) und nach Konditionierung in Wägeraumatmosphäre (8 Std.) zur Ermittlung der Staubmasse gewogen. Die Aufbewahrung der Filter bis zur Extraktion erfolgte gefaltet in Alu-Folie verpackt maximal bis 14 Tage bei 4 °C.

### 8.1.5 *Extraktion und Analyse*

Die Analysen wurden vom akkreditierten und ISO-9000-zertifizierten Labor der IfE-Analytik GmbH Leipzig durchgeführt.

Die Extraktion der Filterproben wurde im Soxhlet mit Toluol Suprasolv und 10 Zyklen/Std. durchgeführt; die Extraktionsdauer betrug 12 Std. Eine Aufreinigung war nicht erforderlich.

Die Analyse beinhaltete folgende Schritte:

- Einrotieren des Extraktes, Abblasen des Rest-Toluols mit Stickstoff, Aufnehmen mit 1ml Acetonitril Lichrosolv,
- Messung mit HPLC (Shimadzu), Gradientenverfahren mit Fluoreszenzdetektion,
- HPLC-6-Punkt-Kalibrierung gegen Flüssigstandard SRM NIST 1647a,
- Qualitätssicherung: 1-Punkt-Kontrolle mit Flüssigstandard SS EPA 610 PAK-Mix (supel-

- co) vor der Messserie,
- 6-Methylchrysen als interner Standard,
- Qualitätssicherung: In Abständen mit SRM NIST 1647a als Kontrollprobe,
- Durchführung von Feldblindwerten,
- Durchführung von Laborblindwerten über das Gesamtverfahren.

### 8.1.6 PAK-Komponenten

Der Sammlervergleich erfolgte für die Staubkonzentration ( $PM_{10}$ ) sowie für einzelne PAK-Komponenten und ihre Summe. Für die Untersuchung wurden PAKs ausgewählt, die mit am häufigsten gemessen werden /IFE 02/ und unter dem Verdacht stehen Krebs auslösen zu können. Insgesamt wurden 10 PAKs betrachtet, deren Merkmale aus *Tabelle 8.1.6-1* hervorgehen.

Das Benzo[a]pyren ist eine der bestuntersuchten Verbindungen der 16 EPA-PAKs und wird häufig als Leitkomponente bei der Erfassung der PAK-Belastung der Luft verwendet /CRE 02/. Es wird deshalb bei allen PAK-Messungen der Ländermessnetze bestimmt.

**Tabelle 8.1.6-1: Im Rahmen des Sammlervergleiches untersuchte PAKs und ihre Merkmale /DIN 00, VDI 96/**

Komponente	Symbol	Formel	Molekulargewicht	Siedepunkt °C	Dampfdruck Pa bei 25°C	Ringanzahl
Fluoranthren	FLU	$C_{16}H_{10}$	202,3	375	$6,5 \cdot 10^{-4}$	4
Benz[a]anthracen	BaA	$C_{18}H_{12}$	228,3	435	$1,5 \cdot 10^{-5}$	4
Chrysen	CHR	$C_{18}H_{12}$	228,3	448	$8,4 \cdot 10^{-5}$	4
Benzo[k]fluoranthren	BkF	$C_{20}H_{12}$	252,3	480	$2,1 \cdot 10^{-5}$	5
Benzo[b]fluoranthren	BbF	$C_{20}H_{12}$	252,3	481	$6,7 \cdot 10^{-5}$	5
Benzo[e]pyren	BeP	$C_{20}H_{12}$	252,3	493	$7,4 \cdot 10^{-7}$	5
Benzo[a]pyren	BaP	$C_{20}H_{12}$	252,3	496	$7,3 \cdot 10^{-7}$	5
Benzo[ghi]perylene	BghiP	$C_{22}H_{12}$	276,3	525	$1,3 \cdot 10^{-8}$	6
Indeno[1,2,3-cd]pyren	INP	$C_{22}H_{12}$	276,3	536	$1,3 \cdot 10^{-8}$	6
Dibenzo[ah]anthracen	DBaA	$C_{22}H_{14}$	278,3	524	$1,3 \cdot 10^{-8}$	5

## 8.2 Vergleich der Probenahmegeräte

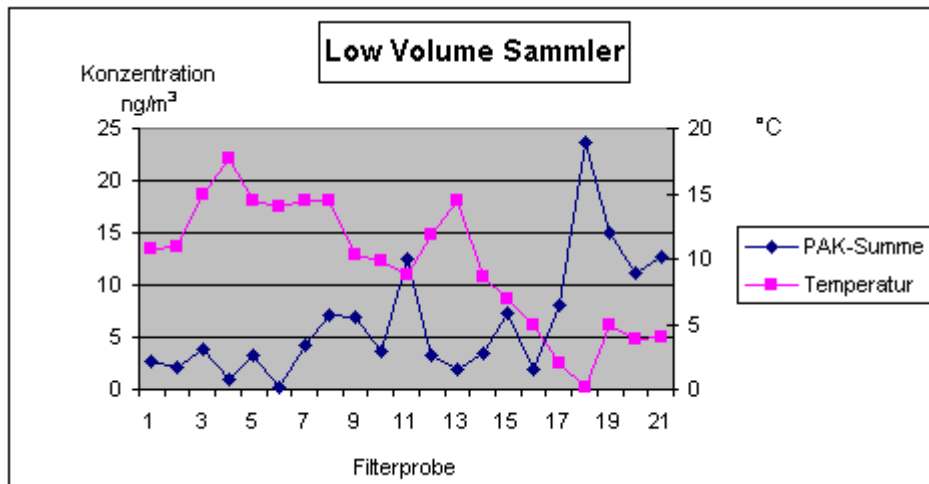
### 8.2.1 Temperaturabhängigkeit der PAK-Konzentration

Obwohl die Außentemperaturen im Messzeitraum nur innerhalb des Bereiches von 0 bis 18°C schwankten, zeigte sich eine starke Abhängigkeit der PAK-Summenkonzentration von der Temperatur. Mit sinkenden Temperaturen steigt die PAK-Belastung, was mit dem höheren Heizbedarf und den schlechteren Verbrennungsbedingungen, aber auch der verstärkten Kondensation der PAKs an Staubpartikel bei niedrigeren Temperaturen zu tun hat. Die Zunahme der PAK-Belastung bei kälteren Perioden geht auch aus anderen Untersuchungen hervor /KRE 00/.

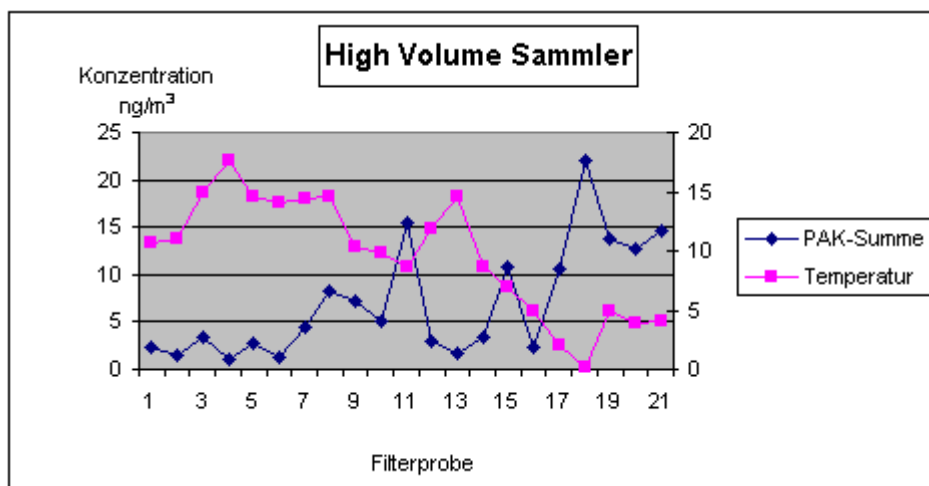
Die *Abbildungen 8.2.1-1* und *8.2.1-2* zeigen den Gang der PAK-Summenkonzentration in



Abhängigkeit von der Temperatur anhand der Ergebnisse von 21 Filterproben. Sowohl der Low Volume Sammler als auch der High Volume Sammler ergaben diese Abhängigkeit in guter Übereinstimmung.



**Abb. 8.2.1-1:** Abhängigkeit der PAK-Summenkonzentration von der Außentemperatur (Low Volume Sammler, Messstelle Leipzig)



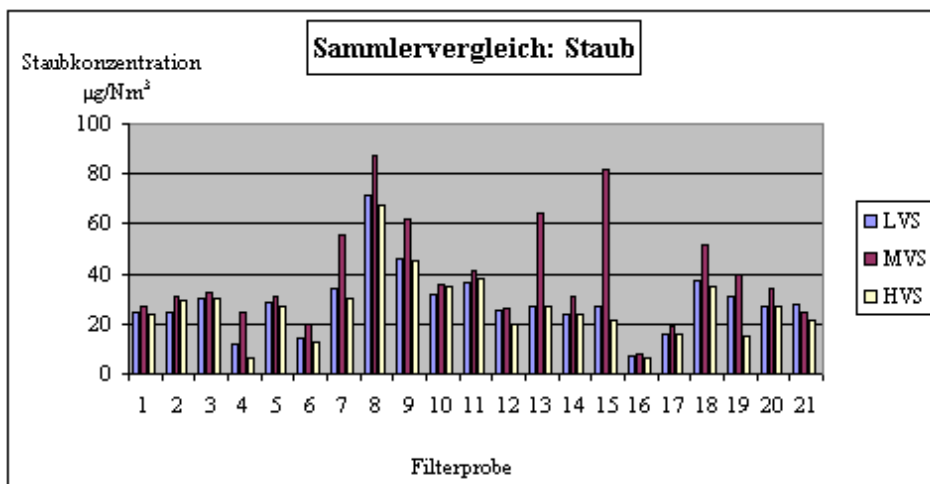
**Abb. 8.2.1-2:** Abhängigkeit der PAK-Summenkonzentration von der Außentemperatur (High Volume Sammler, Messstelle Leipzig)

## 8.2.2 Sammlervergleich Staub

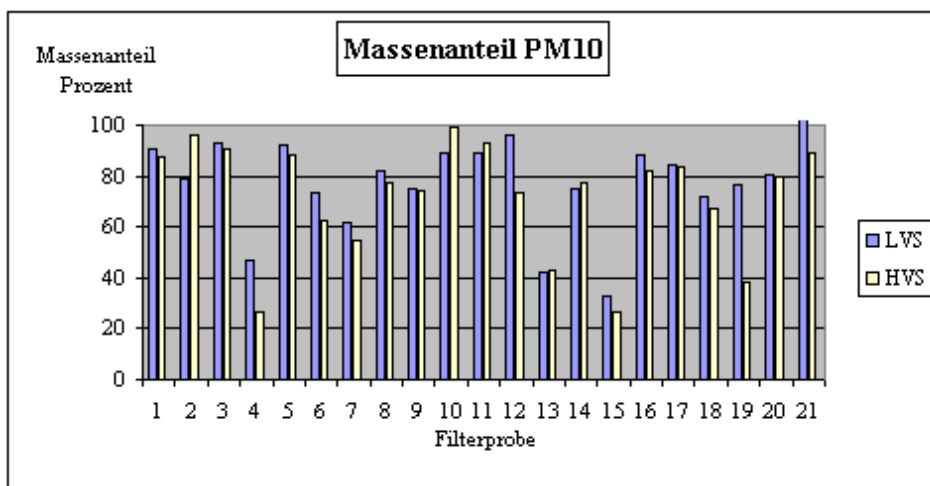
Wie Abb. 8.2.2-1 zeigt, besteht eine gute Übereinstimmung auch zwischen den ermittelten Staubkonzentrationen, die mit dem Low Volume Sammler (LVS) und dem High Volume Sammler (HVS) bestimmt wurden. Aus dieser Sicht ist keiner der beiden Sammlertypen zu favorisieren. Der Medium Volume Sammler (MVS) war mit einem TSP-Probenahmekopf ausgestattet, somit müssen die Staubkonzentrationen bei diesem Sammler höher sein als bei

den vorher genannten.

Bezieht man die mit LVS und HVS ermittelten Staubmengen auf das TSP-Ergebnis des MVS, so ergeben sich die im Abb. 8.2.2-2 dargestellten Massenanteile der  $PM_{10}$ -Fraktion. Bei 3 Proben erreichte dieser Anteil nur etwa 40%, aber im Mittel werden nahezu 80% erreicht. Der größte Teil des Luftstaubes enthält Partikel, die kleiner sind als  $10\ \mu m$ , und an diese Fraktion ist auch der größte Teil der PAKs gebunden /GER 02 , BRÜ 00/.



**Abb. 8.2.2-1:** Vergleich der an der Messstelle Leipzig mit verschiedenen Sammlern ermittelten Staubkonzentrationen (LVS:  $PM_{10}$ , MVS: TSP, HVS:  $PM_{10}$ )



**Abb. 8.2.2-2:** Vergleich der bestimmten Massenanteile der  $PM_{10}$ -Fraktion (LVS:  $PM_{10}$ , HVS:  $PM_{10}$ )

## 8.2.3 Sammlervergleich PAK

### 8.2.3.1 PAK-Konzentrationen

Die im Rahmen des Sammlervergleiches ermittelten Konzentrationen der ausgewählten 10 PAK-Komponenten sind im Anhang D *Tabellen D-I bis D-III* zusammengestellt. Als Beispiele sind in den *Abbildungen 8.2.3-1 und 8.2.3-2* die Ergebnisse von zwei Einzelproben dargestellt (Probe 7 bzw. Probe 12). Es ist ersichtlich, dass die mit PM<sub>10</sub>-Probenahmekopf ausgerüsteten Sammler Konzentrationen erbrachten, die diejenigen des mit TSP-Probenahmekopf ausgestatteten Sammlers (MVS) erreichten und zum Teil überschritten. Dies deutet auf eine überwiegende **Bindung der PAKs an die PM<sub>10</sub>-Fraktion** hin. Dies bestätigt die Untersuchungsergebnisse in /CEC 99/ mit im Mittel 90% an PM<sub>10</sub> gebundener PAKs (*Tabelle 8.2.3-1*).

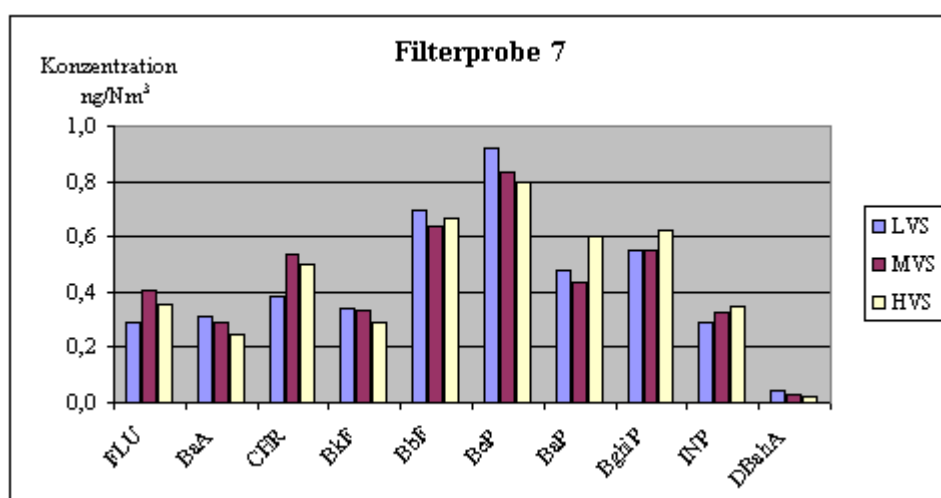


Abb. 8.2.3-1: An der Messstelle Leipzig ermittelte PAK-Konzentrationen; Probe 7: 06.10.2001 (LVS: PM<sub>10</sub>, MVS: TSP, HVS: PM<sub>10</sub>)

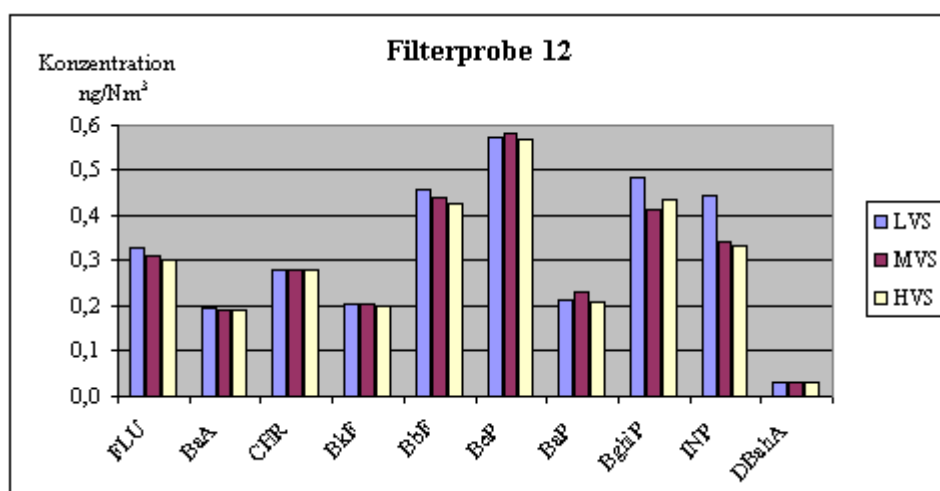
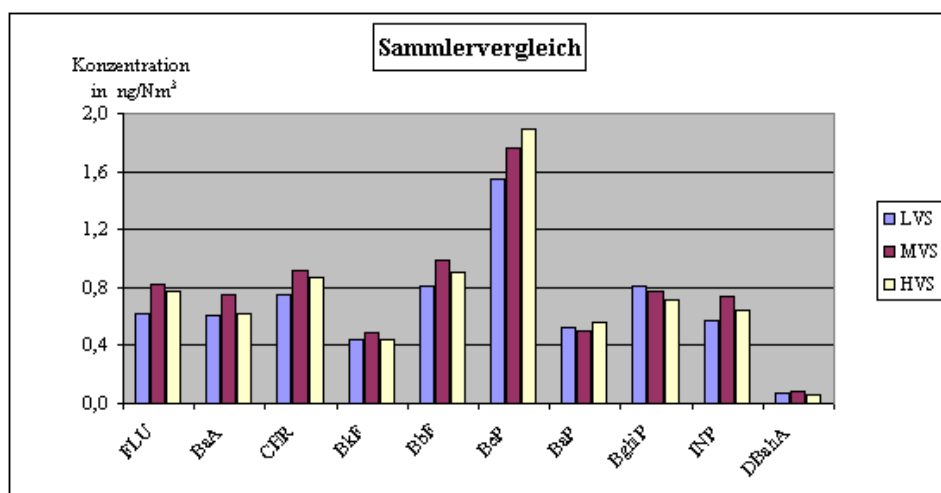


Abb. 8.2.3-2: An der Messstelle Leipzig ermittelte PAK-Konzentrationen; Probe 12: 27.10.2001 (LVS: PM<sub>10</sub>, MVS: TSP, HVS: PM<sub>10</sub>)

**Tabelle 8.2.3-1: Mittlerer prozentualer Anteil der  $PM_{10}$ -Fraktion an den PAKs nach /CEC 99/ (Messpunkt: Straße in Rom, Messzeitraum: Winter 1994 – 1997)**

PAK-Komponente	Anteil der $PM_{10}$ -Fraktion in Prozent
Fluoranthen	79
Pyren	79
Benz[a]anthracen	95
Chrysen	91
Benzo[b]fluoranthen	95
Benzo[k]fluoranthen	89
Benzo[e]pyren	96
Benzo[a]pyren	90
Indeno[1,2,3-cd]pyren	89
Dibenzo[ah]anthracen	91
Benzo[ghi]perylene	94

In Abb. 8.2.3-3 sind die Mittelwerte der PAK-Konzentrationen über alle Proben dargestellt. Die TSP-Proben ergaben, wenn überhaupt, nur wenig höhere Konzentrationen; die Übereinstimmung zwischen LVS und HVS ist im Mittel gut. Diese Aussage ist insofern von Bedeutung, da in der Praxis der Berichterstattung in der Regel mit Mittelwerten (z.B. Monats- oder Jahresmittel) gearbeitet wird. Nach diesen Ergebnissen kann die Messung auch einzelner PAK-Komponenten sowohl mit LVS als auch mit HVS erfolgen. Dieser Befund steht auch in Übereinstimmung mit den Ergebnissen, die bei einem Vergleich von High-Volume- und Low-Volume-Sammlung im Rahmen der OSPAR-PAK-Studie 1998 ermittelt wurden /KRE 00/.



**Abb. 8.2.3-3: Mittelwerte der mit verschiedenen Sammlern in Leipzig ermittelten PAK-Konzentrationen (LVS:  $PM_{10}$ , MVS: TSP, HVS:  $PM_{10}$ )**

### 8.2.3.2 PAK-Anteile

Abb. 8.2.3-4 zeigt die sich aus den Messungen ergebenden mittleren Massenanteile der einzelnen PAK-Komponenten an der PAK-Summe. Benzo[e]pyren ist mit etwa 25% die dominierende Komponente, während die anderen Stoffe nur Anteile von bis zu 10% erreichen. Lediglich der Anteil von Dibenzo[ah]anthracen (DbahA) ist mit unter 2% gering.

Da Benzo[a]pyren im allgemeinen als Leitsubstanz fungiert, sind in Abbildung 8.2.3-5 die mittleren relativen Konzentrationen bezogen auf BaP dargestellt. Bis auf Benzo[k]fluoranthren (BkF) und Dibenzo[ah]anthracen (DbahA) lagen die Werte aller Komponenten höher als die des BaP.

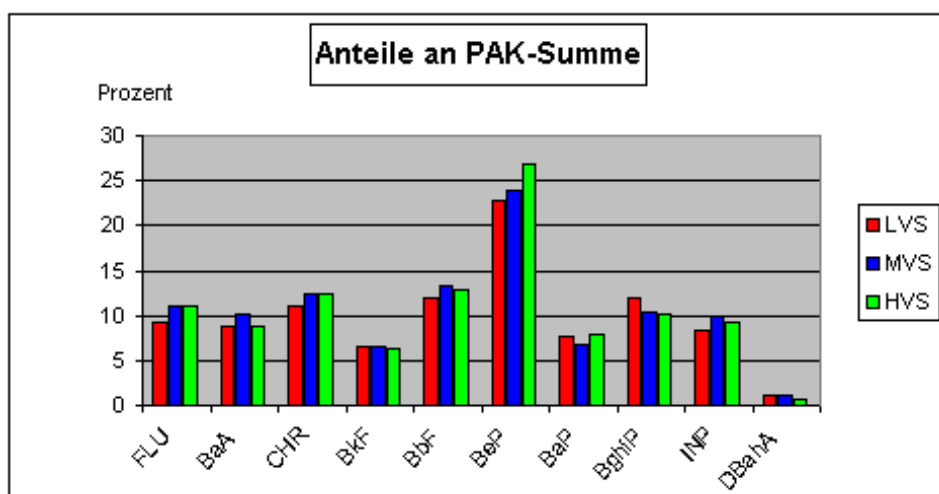


Abb. 8.2.3-4: Mittlere Massenanteile der einzelnen PAK-Komponenten im Messzeitraum (Messstelle Leipzig) (LVS:  $PM_{10}$ , MVS: TSP, HVS:  $PM_{10}$ ) (n=21)

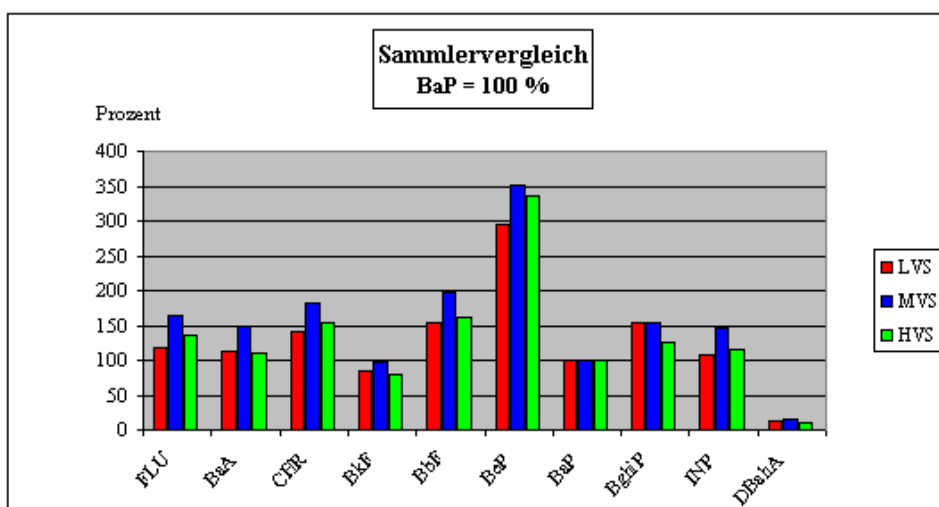


Abb. 8.2.3-5: Relative mittlere Konzentrationen der einzelnen PAK-Komponenten bezogen auf BaP (Messstelle Leipzig) (LVS:  $PM_{10}$ , MVS: TSP, HVS:  $PM_{10}$ )

### 8.2.3.3 Anteile der $PM_{10}$ -Fraktion

Unter der Annahme, dass mit dem MVS alle betrachteten PAKs vollständig und korrekt erfasst wurden (= 100%), ergibt sich durch Bezug auf die  $PM_{10}$ -Messungen mit LVS und HVS der Anteil der  $PM_{10}$ -Fraktion an den PAKs. Abb. 8.2.3-6 zeigt, dass der überwiegende Teil der PAKs auf die  $PM_{10}$ -Fraktion entfällt. Bei fast allen Komponenten erreicht der Anteil 80% und mehr. Besonders hoch mit 100% zeigt sich der Anteil des als Leitkomponente angesehenen BaP. LVS und HVS ergeben auch hierbei recht gut übereinstimmende Ergebnisse.

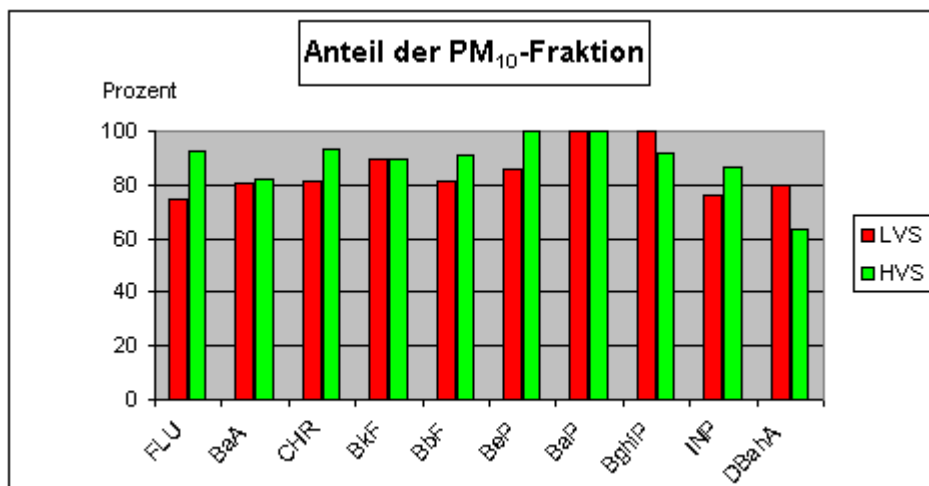
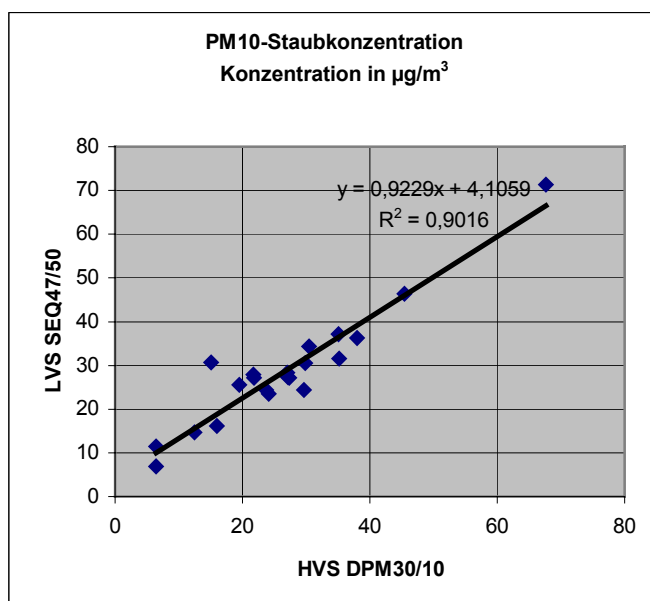


Abb. 8.2.3-6: Mittlere Anteile der an die  $PM_{10}$ -Fraktion gebundenen PAKs (LVS:  $PM_{10}$ , HVS:  $PM_{10}$ )

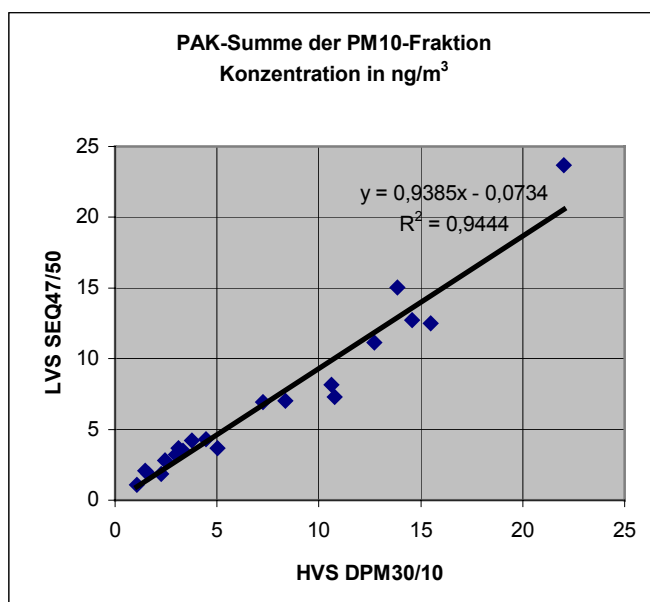
### 8.2.3.4 Korrelationen

Aus den Abbildungen 8.2.3-7 bis 8.2.3-18 geht die bei der Bestimmung der Staubkonzentration ( $PM_{10}$ ), der PAK-Summenkonzentration und der Konzentration der einzelnen PAK-Komponenten erreichte Übereinstimmung zwischen Low Volume Sammler und High Volume Sammler hervor.

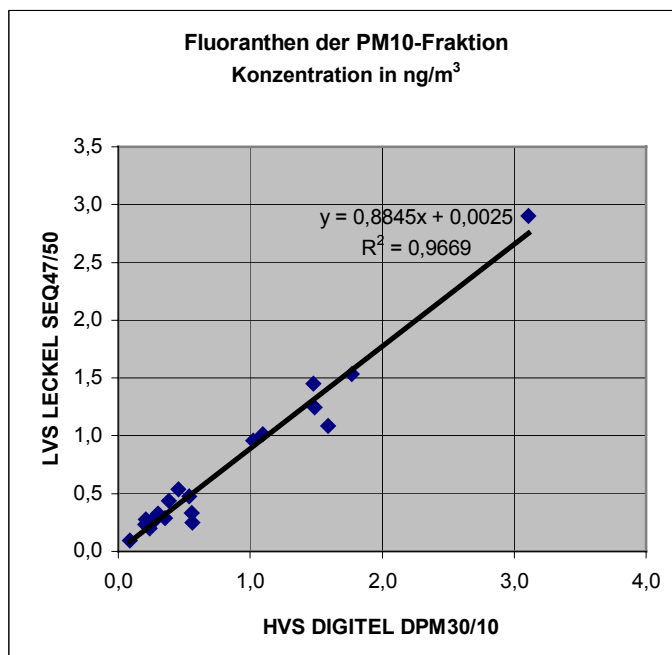
**Sowohl bei der Staubkonzentration als auch bei der PAK-Summenkonzentration erbrachten die Sammler eine gute Übereinstimmung.** Die Erfassung der einzelnen PAK-Komponenten ist jedoch von Unterschieden gekennzeichnet. Während die Messergebnisse für die Komponenten Benz[a]anthracen, Chrysen und Benzo[k]fluoranthren gut bis sehr gut übereinstimmen, war dies bei den übrigen Komponenten nicht gleichermaßen der Fall. In der Mehrheit ergab der High Volume Sammler bei hohen Konzentrationen etwas höhere Werte. Einschränkend muss jedoch bemerkt werden, dass für hohe Konzentrationen nur wenige Messwerte zur Verfügung stehen, da diese am Messort im Messzeitraum nicht auftraten. Im Rahmen von Feldversuchen an einem stark belasteten Messstandort sollte dieses noch geklärt werden.



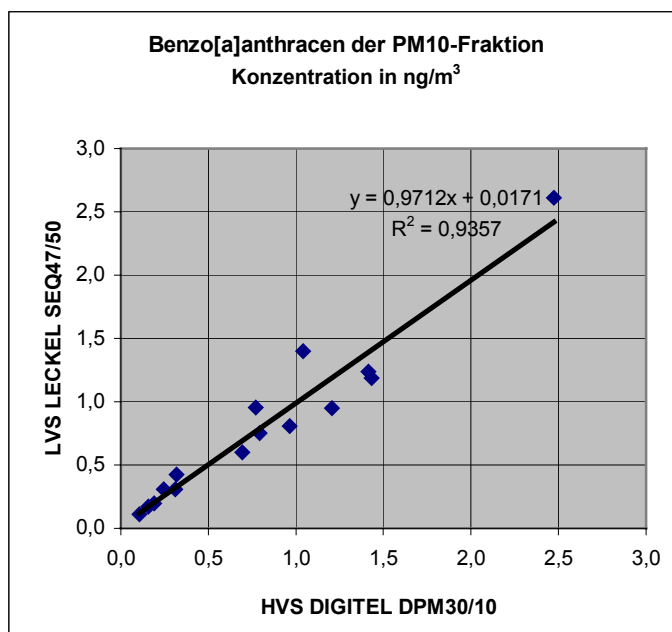
**Abb. 8.2.3-7:** *Ermittlung der PM<sub>10</sub>-Staubkonzentration: Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h)*



**Abb. 8.2.3-8:** *Ermittlung der PAK-Summenkonzentration der PM<sub>10</sub>-Fraktion: Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h) (PAK-Summe: FLU + BaA + CHR + BkF + BbF + BeP + BaP + BghiP + INP + DbahA)*

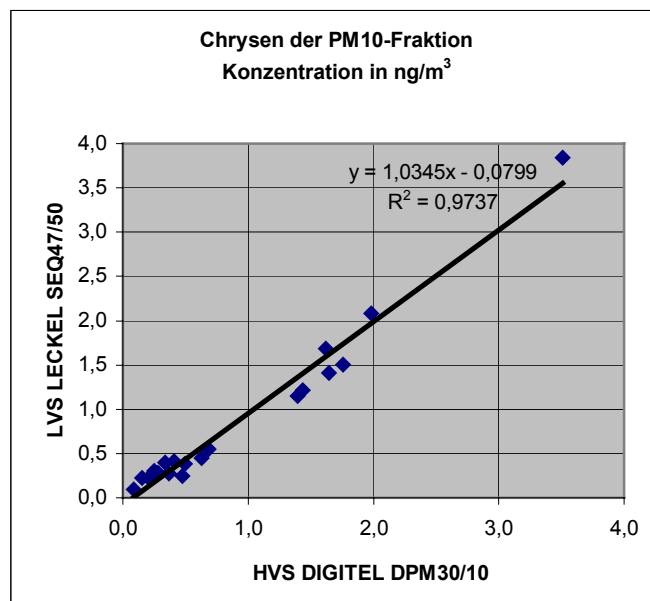


**Abb. 8.2.3-9:** Ermittlung der Fluoranthren\*-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h) \* PAK der 4. Tochterrichtlinie

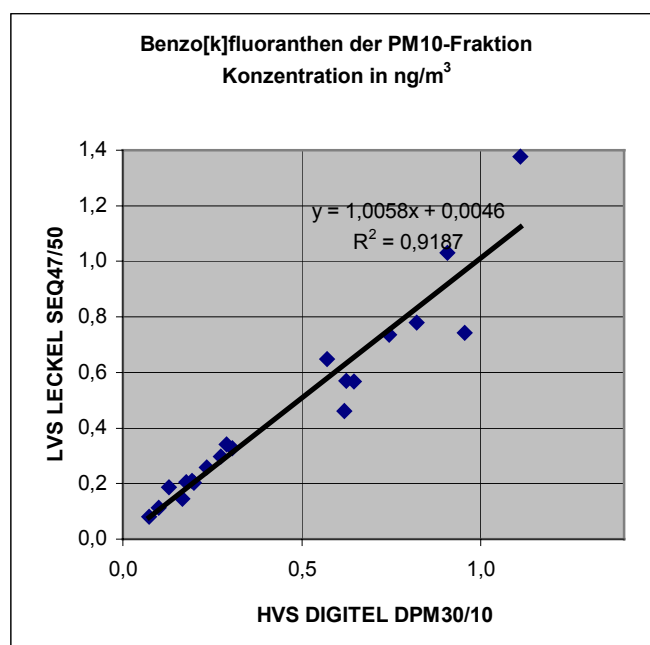


**Abb. 8.2.3-10:** Ermittlung der Benz[a]anthracen\*-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h) \* PAK der 4. Tochterrichtlinie

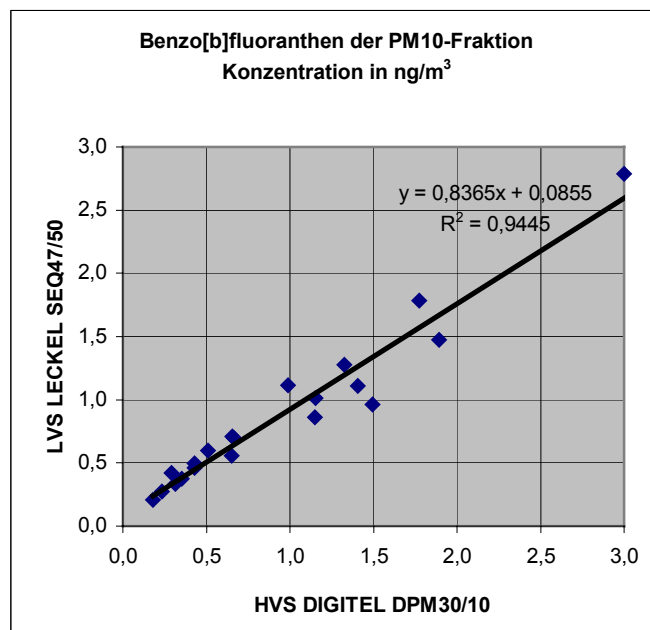




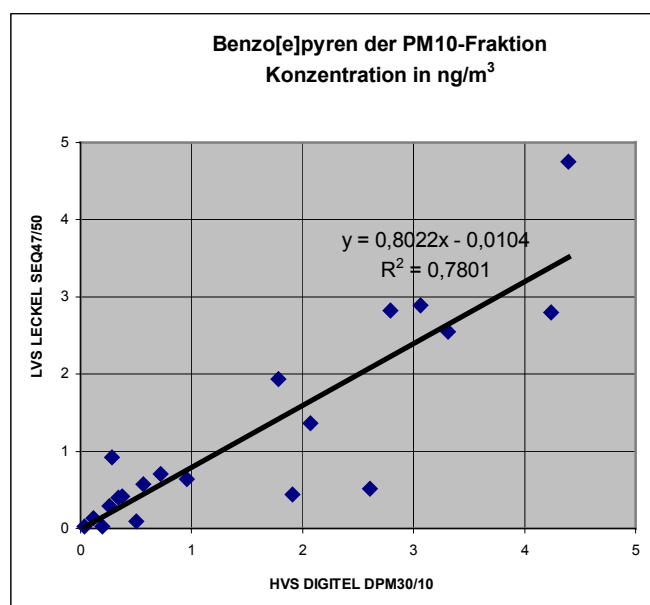
**Abb. 8.2.3-11:** Ermittlung der Chrysen-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h)



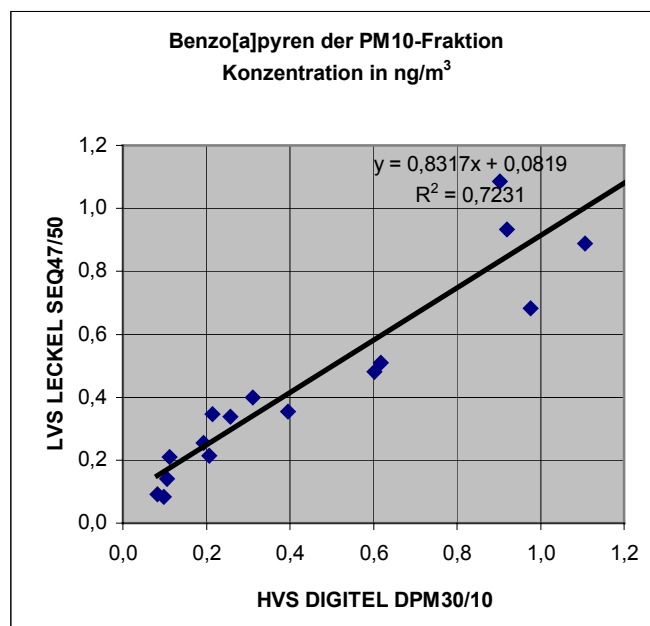
**Abb. 8.2.3-12:** Ermittlung der Benzo[k]fluoranthen\*-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h) \* PAK der 4. Tochterrichtlinie



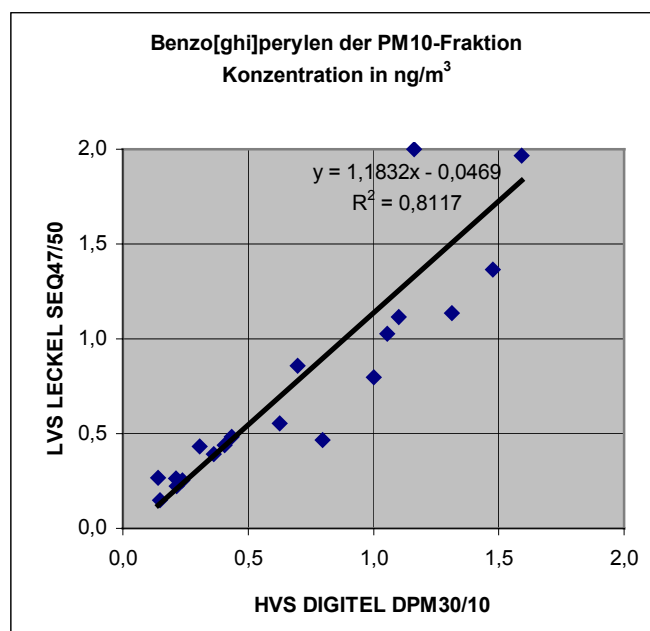
**Abb. 8.2.3-13:** Ermittlung der Benzo[b]fluoranthen\*-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h) \* PAK der 4. Tochterrichtlinie



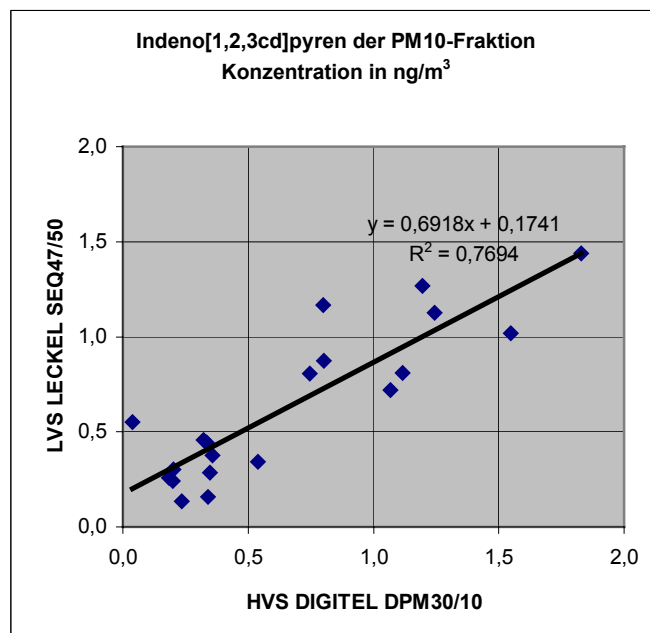
**Abb. 8.2.3-14:** Ermittlung der Benzo[e]pyren-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h)



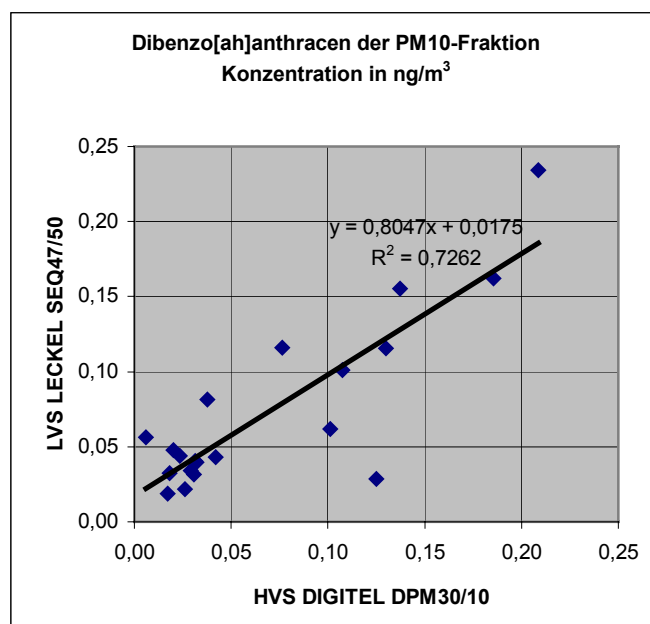
**Abb. 8.2.3-15:** Ermittlung der Benzo[a]pyren\*-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h) \* PAK der 4. Tochterrichtlinie



**Abb. 8.2.3-16:** Ermittlung der Benzo[ghi]perylene-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h)



**Abb. 8.2.3-17:** Ermittlung der Indeno[1,2,3-cd]pyren\*-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h) \* PAK der 4. Tochterrichtlinie



**Abb. 8.2.3-18:** Ermittlung der Dibenzo[ah]anthracen\*-Konzentration (PM<sub>10</sub>): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m<sup>3</sup>/h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m<sup>3</sup>/h) \* PAK der 4. Tochterrichtlinie

### 8.3 Vergleich Extraktionsverfahren

Entsprechend der Aufgabenstellung und aus der Mitwirkung in der CEN-Arbeitsgruppe für das Referenzmessverfahren für PAK der 4. Tochterrichtlinie resultierend waren im Rahmen des Vorhabens einige Sonderuntersuchungen zur Extraktion und Analyse von PAK-Filterproben durchzuführen, die von der IfE-Analytik GmbH Leipzig vorgenommen wurden.

In Abstimmung mit dem Auftraggeber und in Übereinstimmung mit CEN/TC 264 WG 21 wurde entschieden, diese Untersuchungen nicht an Filterproben, sondern mit dem zertifizierten Referenzmaterial SRM NIST 1649a Urban Dust jeweils als sechsfache Bestimmung durchzuführen. Dabei wurde in Kauf genommen, dass dieses SRM hinsichtlich seiner partikulären Beschaffenheit nicht PM<sub>10</sub> entspricht, sondern den Siebschnitt <125 µm darstellt. Ein anderes SRM ist nicht verfügbar - ein PM<sub>10</sub>-SRM ohnehin nicht. Eine alternative Vergleichsuntersuchung von Extraktionsvarianten mit n = 6 an realen PM<sub>10</sub>-Filterproben hätte den Einfluss zusätzlicher Fehler impliziert.

**Tabelle 8.3-1: Untersuchte Varianten der Extraktion von SRM 1649a**

Extraktionsmittel	Extraktionsverfahren	Extraktionszeit
Toluol	Kochen am Rückfluss	0,5 h
	Soxhlet ohne Filterhülse	8 h
	Soxhlet ohne Filterhülse	20 h
Dichlormethan (DCM)	Kochen am Rückfluss	0,5 h
	Soxhlet ohne Filterhülse	8 h

Je Variante wurden 6 Teilmengen à 20 mg von SRM 1649a extrahiert und mittels HPLC auf 13 PAK-Komponenten aus der Stoffauswahl EPA 610 untersucht (zusätzlich zu den in Kapitel 8.2.3 genannten Komponenten: Anthracen, Phenanthren und Pyren). Als Referenzmaterial diente SRM NIST 1649a, urban.

Die Ergebnisse für die einzelnen Verfahren sind in den Tabellen 8.3-2 bis 8.3-6 bzw. den Abbildungen 8.3-1 bis 8.3-5 zusammengefasst. Eine Gegenüberstellung der Methoden enthalten die Tabellen 8.3-7 und 8.3-8 bzw. die Abbildungen 8.3-6 und 8.3-7. Daraus sind folgende Schlussfolgerungen zu ziehen:

- Das Lösungsmittel Toluol hat hinsichtlich der Wiederfindung der PAKs die beste Eignung (Tabelle 8.3-7). Merkliche Abweichungen zwischen den zertifizierten und gefundenen Werten können auch durch die Partikelgröße des SRM 1649a verursacht sein (Tabellen 8.3-1 bis 8.3.6).
- Für die meisten Komponenten ist die relative Standardabweichung für Toluol kleiner als für Dichlormethan (Tabelle 8.3-8).
- Das Kochen am Rückfluss gewährleistet einheitlichere Bedingungen von Probe zu Probe als das Soxhletverfahren. Jede Soxhlet-Apparatur unterscheidet sich in ihrem Betrieb von einer anderen, vor allem durch unterschiedliche Anzahl von Zyklen über die Laufzeit. Folglich ist Soxhlet mit höheren Standardabweichungen verbunden als Rückfluss (Tabelle 8.3-8). Die Wiederfindung ist bei Soxhlet nicht entscheidend besser als bei Rückfluss (Tabelle 8.3-7). Das Kochen am Rückfluss ist einfacher, schneller und kostengünstiger und deshalb für Routinemessungen im Rahmen von Messnetzen besser einsetzbar.
- Dichlormethan ist polarer als Toluol und extrahiert mehr polare Komponenten mit dem

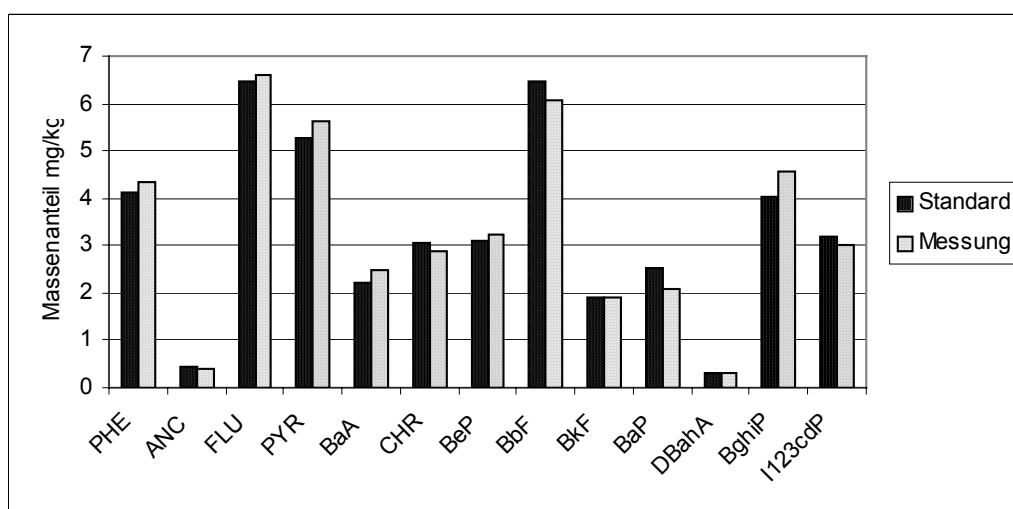
Risiko höherer Interferenzen in der Trennung durch HPLC. Bei Toluol ist eine Aufreinigung in den meisten Fällen nicht erforderlich.

Toluol ist im Vergleich zu Dichlormethan für Umwelt und Laboratmosphäre weniger schädlich.

Im Hinblick auf die Bestimmung einer Referenzmethode für PAK-Messungen für die bevorstehende Richtlinie sollte zur Vereinheitlichung der im Rahmen von PAK-Messnetzen anzuwendenden experimentellen Methoden das Rückflussverfahren mit Toluol aufgenommen werden /NIE 02/. Eine Standardmethode sollte so einfach und kostengünstig wie möglich sein, aber auch die erforderlichen Qualitätskriterien erfüllen. Letzteres wirft die Frage nach der Rückführbarkeit der Probenvorbereitung und Analytik von Inhaltsstoffen in  $PM_{10}$  auf (späterhin in  $PM_{2,5}$ ). Wenn sich auch SRM 1649a mit  $<125\ \mu m$  für den Zweck des Vergleichs von Extraktionsverfahren als ausreichend erwies, sollte im Interesse der Rückführbarkeit einer Referenzmethode für  $PM_{10}$  ( $PM_{2,5}$ ) die Schaffung entsprechender Referenzmaterialien erwogen bzw. angeregt werden.

**Tabelle 8.3-2: Extraktionstest: Rückfluss, Toluol, 0,5 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

PAK	Standard mg/kg	Standardabw. % *	Messung mg/kg	Standardabw. %	Wiederfindung %
PHE	4,14	8,9	4,33	3,5	104,6
ANC	0,432	19,0	0,41	12,2	94,9
FLU	6,45	2,8	6,59	4,8	102,2
PYR	5,29	4,7	5,64	2,7	106,6
BaA	2,208	3,3	2,47	4,0	112,0
CHR	3,049	2,0	2,87	5,9	94,1
BeP	3,09	6,1	3,25	4,6	105,2
BbF	6,45	9,9	6,08	4,9	94,3
BkF	1,913	1,6	1,89	5,3	98,8
BaP	2,509	3,5	2,07	8,7	82,5
DbahA	0,288	8,0	0,31	12,9	107,6
BghiP	4,01	23,0	4,56	4,6	113,7
I123cdP	3,18	23,0	3,02	6,3	95,0

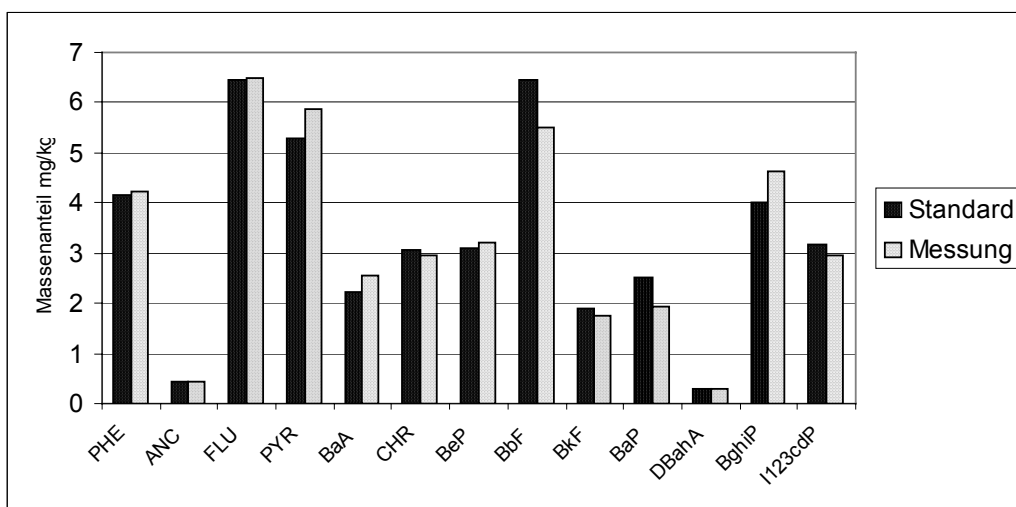


**Abb. 8.3-1: Extraktionstest: Rückfluss, Toluol, 0,5 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

\* Umgerechnet in % aus der zertifizierten Standardabweichung

**Tabelle 8.3-3: Extraktionstest: Soxhlet, Toluol, 8 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

PAK	Standard. mg/kg	Standardabw. % *	Messung mg/kg	Standardabw. %	Wiederfindung %
PHE	4,14	8,9	4,22	8,2	101,9
ANC	0,432	19,0	0,44	6,9	101,9
FLU	6,45	2,8	6,48	5,1	100,5
PYR	5,29	4,7	5,88	5,5	111,2
BaA	2,208	3,3	2,57	7,7	116,4
CHR	3,049	2,0	2,94	6,9	96,4
BeP	3,09	6,1	3,22	6,8	104,2
BbF	6,45	9,9	5,51	4,3	85,4
BkF	1,913	1,6	1,76	6,8	92,0
BaP	2,509	3,5	1,95	8,0	77,7
DBahA	0,288	8,0	0,30	20,0	104,2
BghiP	4,01	23,0	4,64	5,0	115,7
I123cdP	3,18	23,0	2,97	6,0	93,4



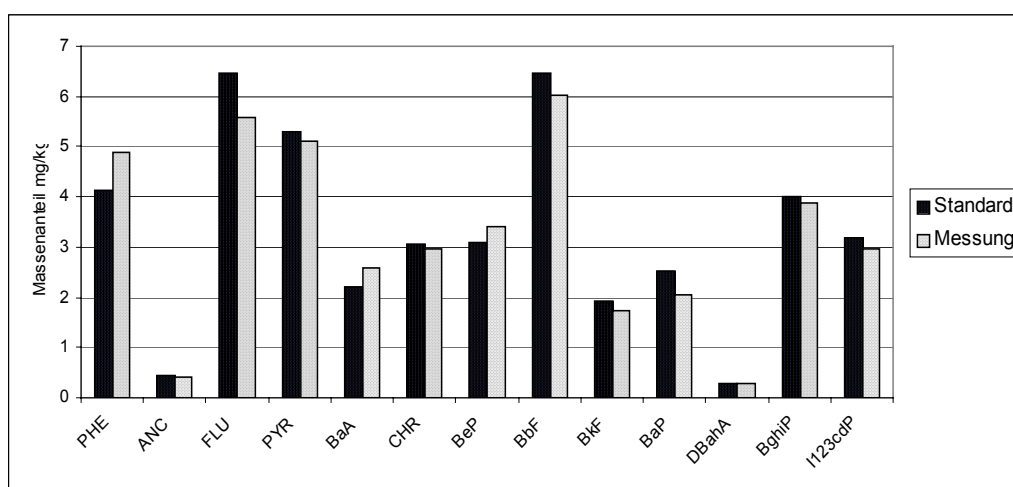
**Abb. 8.3-2: Extraktionstest: Soxhlet, Toluol, 8 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

\* Umgerechnet in % aus der zertifizierten Standardabweichung



**Tabelle 8.3-4: Extraktionstest: Soxhlet, Toluol, 20 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

PAK	Standard mg/kg	Standardabw. % *	Messung mg/kg	Standardabw. %	Wiederfindung %
PHE	4,14	8,9	4,88	16,0	117,9
ANC	0,432	19,0	0,41	8,8	94,9
FLU	6,45	2,8	5,57	9,5	86,4
PYR	5,29	4,7	5,12	9,2	96,8
BaA	2,208	3,3	2,60	32,0	117,8
CHR	3,049	2,0	2,95	16,0	96,8
BeP	3,09	6,1	3,42	17,0	110,7
BbF	6,45	9,9	6,01	23,0	93,2
BkF	1,913	1,6	1,73	13,0	90,0
BaP	2,509	3,5	2,06	11,0	82,1
DBahA	0,288	8,0	0,27	20,0	93,8
BghiP	4,01	23,0	3,88	8,8	97,0
I123cdP	3,18	23,0	2,95	21,0	92,8

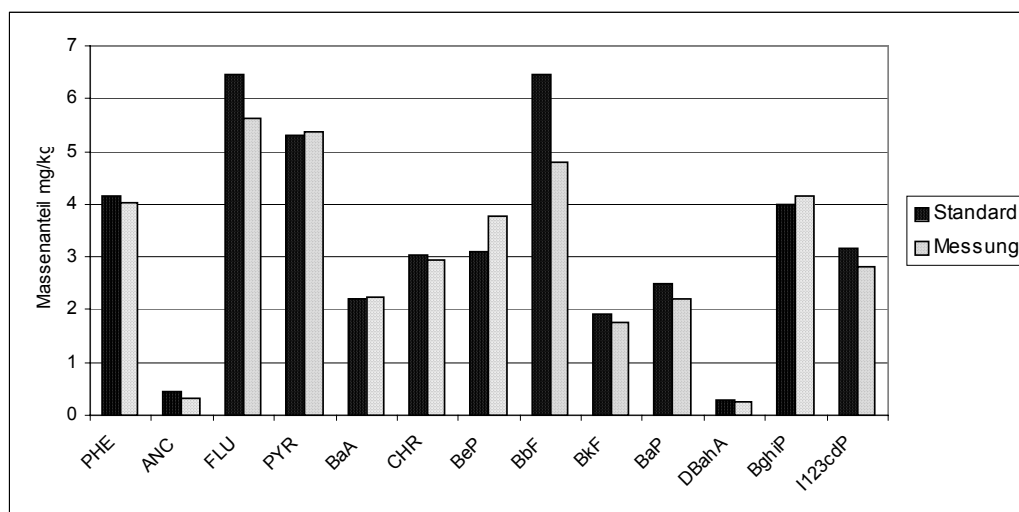


**Abb. 8.3-3: Extraktionstest: Soxhlet, Toluol, 20 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

\* Umgerechnet in % aus der zertifizierten Standardabweichung

**Tabelle 8.3-5: Extraktionstest: Rückfluss, Dichlormethan, 0,5 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

PAK	Standard mg/kg	Standardabw. % *	Messung mg/kg	Standardabw. %	Wiederfindung %
PHE	4,14	8,9	4,04	4,7	97,6
ANC	0,432	19,0	0,33	18,2	76,4
FLU	6,45	2,8	5,62	5,7	87,1
PYR	5,29	4,7	5,38	8,6	101,7
BaA	2,208	3,3	2,23	5,8	101,0
CHR	3,049	2,0	2,93	8,5	96,1
BeP	3,09	6,1	3,78	18,5	122,3
BbF	6,45	9,9	4,8	5,2	74,4
BkF	1,913	1,6	1,77	10,2	92,5
BaP	2,509	3,5	2,22	5,8	88,5
DBahA	0,288	8,0	0,26	11,5	90,3
BghiP	4,01	23,0	4,17	9,4	104,0
I123cdP	3,18	23,0	2,81	10,7	88,4

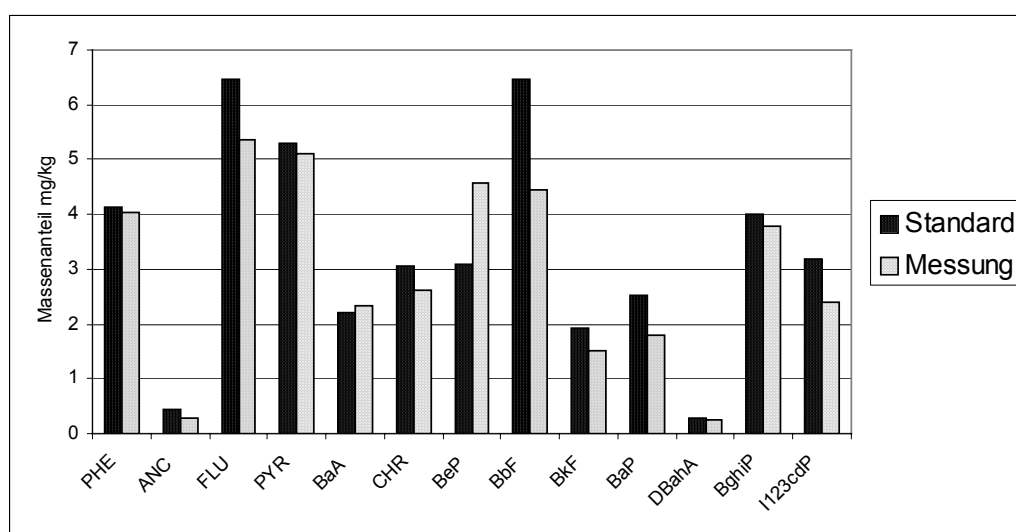


**Abb. 8.3-4: Extraktionstest: Rückfluss, Dichlormethan, 0,5 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

\* Umgerechnet in % aus der zertifizierten Standardabweichung

**Tabelle 8.3-6: Extraktionstest: Soxhlet, Dichlormethan, 8 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

PAK	Standard mg/kg	Standardabw. % *	Messung mg/kg	Standardabw. %	Wiederfindung %
PHE	4,14	8,9	4,04	14,4	97,6
ANC	0,432	19,0	0,29	17,2	67,1
FLU	6,45	2,8	5,35	13,8	82,9
PYR	5,29	4,7	5,12	9,8	96,8
BaA	2,208	3,3	2,33	13,3	105,5
CHR	3,049	2,0	2,61	14,9	85,6
BeP	3,09	6,1	4,56	8,6	147,6
BbF	6,45	9,9	4,46	6,3	69,1
BkF	1,913	1,6	1,52	11,2	78,8
BaP	2,509	3,5	1,79	7,8	71,3
DBaH	0,288	8,0	0,26	15,4	90,3
BghiP	4,01	23,0	3,77	11,7	94,0
I123cdP	3,18	23,0	2,41	14,5	75,8



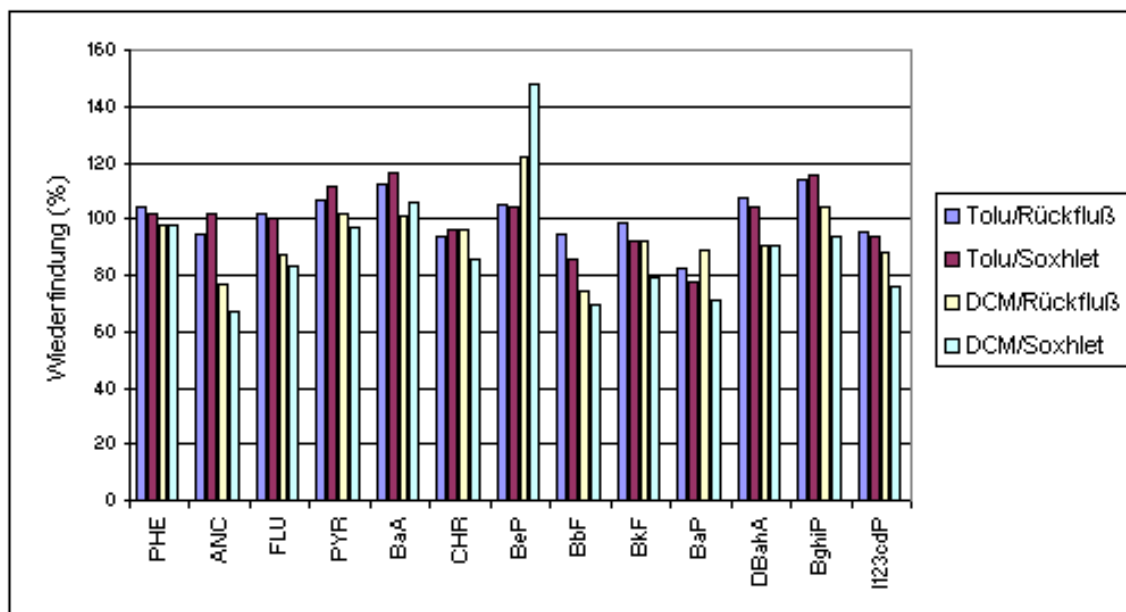
**Abb. 8.3-5: Extraktionstest: Soxhlet, Dichlormethan, 8 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6**

\* Umgerechnet in % aus der zertifizierten Standardabweichung

**Tabelle 8.3-7: Vergleich Extraktionsverfahren und Lösungsmittel: Wiederfindung (Rückfluss 0,5 Std., Soxhlet 8 Std.), SRM 1649a, n = 6**

PAK	Toluol/Rückfluss	Toluol/Soxhlet	DCM/Rückfluss	DCM/Soxhlet
	Wiederfindung %	Wiederfindung %	Wiederfindung %	Wiederfindung %
PHE	104,6	101,9	97,6	97,6
ANC	94,9	101,9	76,4	67,1
FLU *	102,2	100,5	87,1	82,9
PYR	106,6	111,2	101,7	96,8
BaA *	112	116,4	101,0	105,5
CHR	94,1	96,4	96,1	85,6
BeP	105,2	104,2	122,3	147,6
BbF *	94,3	85,4	74,4	69,1
BkF *	98,8	92	92,5	78,8
BaP *	82,5	77,7	88,5	71,3
DbahA *	107,6	104,2	90,3	90,3
BghiP	113,7	115,7	104,0	94,0
I123cdP	95	93,4	88,4	75,8

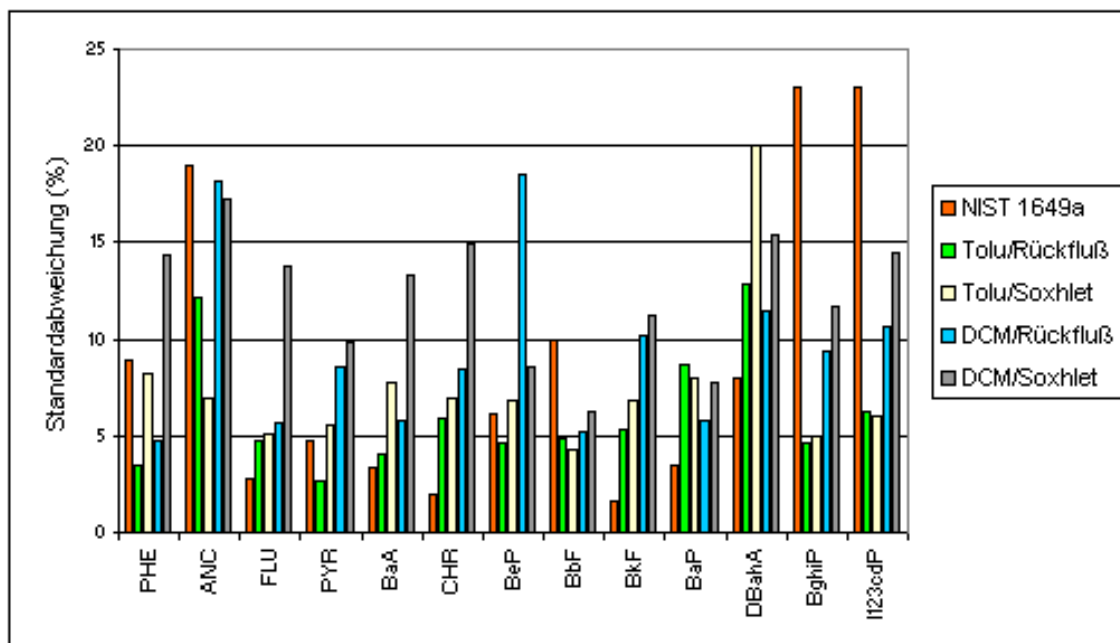
\* PAK der 4. Tochterrichtlinie



**Abb. 8.3-6: Vergleich Extraktionsverfahren und Lösungsmittel: Wiederfindung (Rückfluss 0,5 Std., Soxhlet 8 Std.), SRM 1649a, n = 6**

**Tabelle 8.3-8:** Vergleich Extraktionsverfahren und Lösungsmittel: Relative Standardabweichungen der Verfahrenstests (Rückfluss 0,5 Std., Soxhlet 8 Std.), SRM 1649a, n= 6

PAK	NIST 1649a	Toluol/Rückfluss	Toluol/Soxhlet	DCM/Rückfluss	DCM/Soxhlet
	Standardabw. % *	Standardabw. %	Standardabw. %	Standardabw. %	Standardabw. %
PHE	8,9	3,5	8,2	4,7	14,4
ANC	19,0	12,2	6,9	18,2	17,2
FLU	2,8	4,8	5,1	5,7	13,8
PYR	4,7	2,7	5,5	8,6	9,8
BaA	3,3	4,0	7,7	5,8	13,3
CHR	2,0	5,9	6,9	8,5	14,9
BeP	6,1	4,6	6,8	18,5	8,6
BbF	9,9	4,9	4,3	5,2	6,3
BkF	1,6	5,3	6,8	10,2	11,2
BaP	3,5	8,7	8,0	5,8	7,8
DbahA	8,0	12,9	20,0	11,5	15,4
BghiP	23,0	4,6	5,0	9,4	11,7
I123cdP	23,0	6,3	6,0	10,7	14,5



**Abb. 8.3-7:** Vergleich Extraktionsverfahren und Lösungsmittel: Relative Standardabweichungen der Verfahrenstests (Rückfluss 0,5 Std., Soxhlet 8 Std.), SRM 1649a, n = 6

\* Umgerechnet in % aus der zertifizierten Standardabweichung

#### 8.4 Homogenität der Filterbelegung

Im Hinblick auf die Nutzung von Mehrfachbestimmungen der PAK anhand einer Filterprobe besteht die Frage nach der Homogenität der Filterbelegung. Diese wurde an 6 Filterproben untersucht, die im Januar 2002 in Leipzig mit dem Probenahmegerät DIGITEL DPM30/10 genommen wurden (Filterdurchmesser 150 mm). Aus jedem Filter wurden 5 kreisförmige Filterausschnitte (Durchmesser 40 mm) gestanzt, die auf 10 PAK-Komponenten untersucht wurden (Extraktion: Toluol / Rückflussverfahren); Analyse: HPLC).

Wie aus *Tabelle 8.4-1* ersichtlich ist, liegen die relativen Standardabweichungen der anhand von Filterausschnitten ermittelten PAK-Werte im Durchschnitt über alle Komponenten bei 11%. Dies liegt in der gleichen Größenordnung wie andere in CEN/TC 264 WG 21 mitgeteilte Erfahrungswerte zur Homogenität der Filterbelegung. Unter Berücksichtigung der aus Extraktion und Analyse darin enthaltenen Streuung kann damit weitgehende Homogenität geschlußfolgert werden. Mehrfachbestimmungen mit einer Filterprobe sind daher möglich und im Interesse der Qualitätssicherung zu empfehlen.

**Tabelle 8.4-1: Relative Standardabweichungen in Prozent für die anhand von Filterausschnitten ermittelten PAK-Werte,  $n = 30$**

PAK Filter	PHE	ANC	FLU	PYR	BaA	BeP	BbF	BkF	BaP	DbahA	BghiP	INP
1	18,3	10,8	4,1	12,0	28,1	4,6	15,0	13,0	9,1	18,0	14,0	5,6
2	22,6		19,6	18,2	22,5	14,5	21,6	23,2	18,2	8,4	18,6	20,1
3	3,8	2,3	5,0	4,5	4,9	3,9	8,4	5,0	3,3	5,9	16,8	5,9
4	10,6	7,8	15,7	14,3	23,7	19,0	26,9	28,4	17,6	14,2	20,5	16,7
5	10,6	11,8	8,6	10,1	11,8	10,4	4,2	7,0	7,8	20,3	9,0	15,6
6	4,5	5,3	1,1	4,9	6,2	8,4	4,1	5,2	4,5	7,3	7,4	3,9
Durchschnittl. Standardabw.	11,7	7,6	9,0	10,7	16,2	10,1	13,4	13,6	10,1	12,3	14,4	11,3

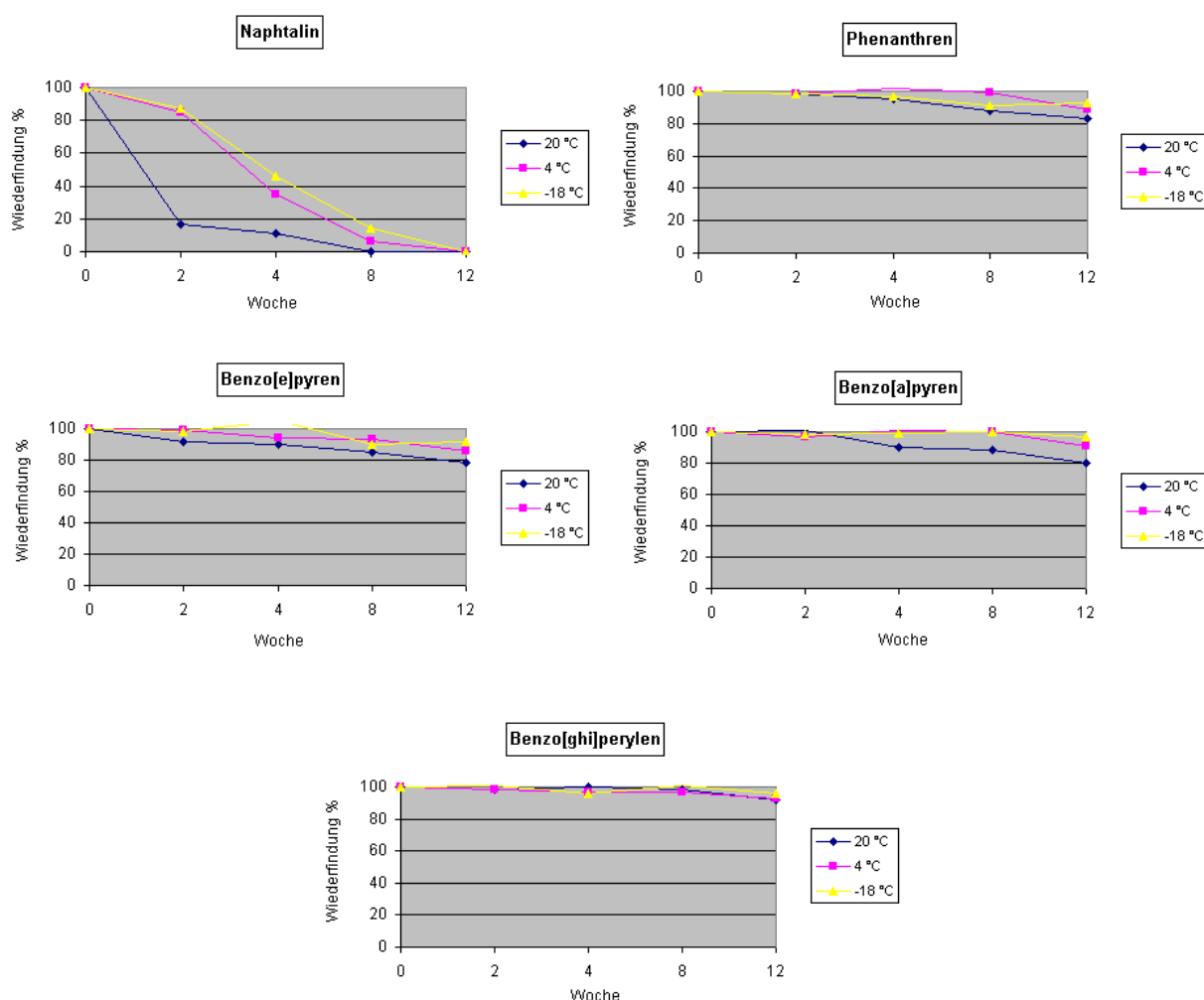
#### 8.5 Lagerungstests

Aufbewahrungszeit und Lagerbedingungen können die PAK-Filterproben beeinflussen. Deshalb wurde im Rahmen des Vorhabens anhand von 6 exponierten Filtern, die von der UMEG Karlsruhe zur Verfügung gestellt wurden, der Einfluss dieser Parameter untersucht.

Jeweils zwei Proben wurden im Sommer mit Hilfe zweier nebeneinanderstehender High Volume Sammler DIGITEL mit PM<sub>10</sub>-Probenahmekopf zum gleichen Zeitpunkt gewonnen; zwei weitere Doppel-Probenahmen schlossen sich an. Jeweils 5 Filterausschnitte (Durchmesser 40 mm) wurden in Alu-Folie verpackt in Methacryl-Boxen bei 20 °C, 4 °C und –18 °C bis zu 12 Wochen gelagert. Untersuchte Komponenten waren: Naphtalin, Phenanthren, Benzo[e]pyren, Benzo[a]pyren und Benzo[ghi]perylen.

Die Abhängigkeit der gemessenen PAK-Werte von der Lagerungszeit und der Lagertemperatur verdeutlicht die *Abbildung 8.5-1*. Während die Menge des leichtflüchtigen Naphtalins sehr schnell abnimmt, sind die übrigen Stoffe bei allen gewählten Temperaturen einige Wochen

relativ stabil. Wenn die Lagerung der Proben zwischen Probenahme und Analyse im Kühlschrank (4 °C) erfolgt, dürften nach diesen Befunden keine Verluste eintreten, wenn die Analyse innerhalb von 4 Wochen durchgeführt wird. Eine Unterbrechung der Probenkühlung während des Postversandes der Proben zum Labor, der in der Regel nur 1 – 2 Tage dauert, sollte ebenfalls keinen markanten Einfluss auf das Ergebnis haben. Dies vereinfacht die Probenhandhabung im Routinebetrieb eines PAK-Messnetzes. Da zwischen Stabilität und Flüchtigkeit ein Zusammenhang besteht, kann dies für alle in *Tabelle 8.1.6-1* aufgeführten PAKs gelten.



**Abb. 8.5-1:**      *Abhängigkeit der Filterbelegung von der Lagerungszeit und Lagerungstemperatur*

## 9 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

In Vorbereitung auf die 4. Tochterrichtlinie der EU, die die Anforderungen hinsichtlich der zulässigen Belastung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in der Außenluft

regelt, wurde vom Umweltbundesamt eine begleitende Untersuchung initiiert, die die allgemeine Entwicklung und den gegenwärtigen Stand der Luftbelastung durch PAKs untersuchen soll, einschließlich der Praxis bei Probenahme und Analyse sowie der Auswertung von PAK-Messdaten mit Hilfe einer bundesweiten PAK-Datenbank. Schwerpunkte dieses Vorhaben waren:

- Erhebung zu derzeit in den Ländermessnetzen angewendeten Probenahmeverfahren,
- Erhebung zu derzeit angewendeten Extraktions- und Analysenmethoden,
- Klassifizierung und Dokumentation der PAK-Messstellen in Deutschland nach einheitlichen Kriterien,
- Entwicklung einer bundesweiten PAK-Datenbank,
- Charakterisierung der PAK-Belastung in der Bundesrepublik Deutschland durch Auswertung verfügbarer Messdaten auf der Basis einer Datenstatistik unter Berücksichtigung der aktuellen Entwurfsversionen für die 4. TRL,
- Experimentelle Vergleiche von Probenahmegeräten,
- Sonderuntersuchungen zu Extraktions- und Analysenmethoden.

Die Untersuchung der PAK-Belastung der Luft erfolgte anhand von bisher verfügbaren Messwerten, die nicht flächendeckend von 10 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 1996 bis 2001 Jahresmittelwerte, Jahresganglinien, Messwertverteilungen, Häufigkeiten nach Schwellenwerten und Überschreitungshäufigkeiten von Grenzwerten bestimmt werden konnten. Neben dem als Leitsubstanz betrachteten **Benzo[a]pyren** wurden folgende PAKs in die Auswertung einbezogen: **Benz[a]anthracen**, **Benzo[b]fluoranthren**, **Benzo[k]fluoranthren**, **Benzo[e]pyren**, **Benzo[ghi]perylen**, **Chrysen**, **Coronen**, **Dibenzo[ah]anthracen** und **Indeno[1,2,3-cd]pyren**. Für Fluoranthren konnte keine Auswertung erfolgen, da nicht hinreichend Messwerte verfügbar waren.

Zur Berücksichtigung der standortspezifischen Immissionsbelastungen war eine Klassifizierung der PAK-Messstellen nach Gebietstypen (urban, suburban, rural) und Stationstypen (traffic, industrial, rural) notwendig, für die Bild- und Textdokumentationen nach Bundesländern erarbeitet wurden. 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 ausgewertet unter Berücksichtigung begründeter Vergleichsfaktoren.

Die Entwicklung der PAK-Belastung in der Bundesrepublik Deutschland wird durch folgende Befunde charakterisiert:

- **Jahresmittel:** Die BaP-Jahresmittelwerte haben im Mittel über alle Messstellen im Zeitraum 1996 bis 2001 stark abgenommen. Während 1996 die Werte für die städti-



sche Stationskategorie urban/traffic (UT) bei  $2,2 \text{ ng/m}^3$  und bei den beiden vorstädtischen Stationskategorien suburban/traffic (ST) und suburban/background (SB) um  $1,5 \text{ ng/m}^3$  lagen, liegen die Jahresmittelwerte hier seit der Jahrtausendwende nur noch bei etwa  $0,5 \text{ ng/m}^3$ , was Abnahmen um bis zu 70% bedeutet. Im ländlichen Background-Bereich (RB) verringerten sich die mittleren Konzentrationen von  $0,75 \text{ ng/m}^3$  auf etwa  $0,2 \text{ ng/m}^3$ , eine ebenso große Absenkung der BaP-Belastung. Dies bedeutet im Mittel ein etwa gleichmäßiges Absinken der Belastung für alle Stationskategorien. Betrachtet man die Stationskategorien mit der höchsten und der niedrigsten Belastung (urban/traffic und rural/background), so ist festzustellen, dass das ländliche Background-Mittel (RB) in den Untersuchungsjahren nur 30 bis 40% so hoch war wie das Jahresmittel der städtischen, verkehrsbeeinflussten Stationen (UT). Die Verminderungen erfolgten im Wesentlichen noch in den neunziger Jahren; nach der Jahrtausendwende sind die Jahresmittel der Stationskategorien fast konstant geblieben. Ein abnehmender Trend kann für alle betrachteten PAKs konstatiert werden und es bestehen Korrelationen zwischen Benzo[a]pyren und den übrigen PAKs, die die Verwendung des bisher am häufigsten gemessenen BaP als Leitsubstanz unterstützt.

- **Jahresgang:** Die PAK-Belastung verzeichnet einen starken Jahresgang, der vor allem durch die Verbrennungsprozesse in der kalten Jahreszeit bedingt ist. Das Verhältnis von Wintermonatsmittel zu Sommermonatsmittel betrug für urban/traffic 1996 im Durchschnitt 14,7 und im Jahr 2001 waren es 19,4, für den Stationstyp rural/background betrug dieses Verhältnis in diesen Jahren 23,7 bzw. 20,5. Das Verhältnis hängt offensichtlich stark vom Witterungsverlauf eines Jahres ab; ein Trend über die Jahre war nicht nachweisbar.
- **Häufigkeit von Konzentrationswerten:** Die Untersuchung nach Grenzwerten, Beurteilungsschwellen und Toleranzmargen zeigt, dass sich die Häufigkeit der Monatsmittel zu niedrigeren Konzentrationswerten hin verschoben hat. Entsprechend hat sich die Häufigkeit der Monatsmittel, die unterhalb des niedrigsten betrachteten Wertes von  $0,1 \text{ ng/m}^3$  liegen, deutlich erhöht. Am stärksten ist dieser Trend für die ländlichen Background-Gebiete, in denen die Häufigkeit der BaP-Monatsmittel 1996 diesen Wert nur in 25% der Fälle unterschritt, wobei jetzt etwa 50% aller Monatsmittel unter  $0,1 \text{ ng/m}^3$  liegen.
- **Überschreitungshäufigkeit:** Die Überschreitungshäufigkeiten haben im Untersuchungszeitraum 1996 bis 2001 für alle betrachteten Schwellenwerte abgenommen; logischerweise ist die Abnahme umso größer, je höher der Schwellenwert ist. Die Überschreitungshäufigkeit der Schwellenwerte hängt in hohem Maße von der Stationskategorie ab: je weniger städtisch und verkehrsbeeinflusst und je mehr Background-Niveau, desto geringer die Häufigkeit von Schwellenwertüberschreitungen (UT > ST > SB > RB). Dies bestätigt auch die Notwendigkeit einer differenzierten Messstelleneinschätzung nach Klassen und zeigt, dass die im Vorhaben durchgeführte, nicht immer einfache Einstufung der Messstellen im Wesentlichen mit gutem Ergebnis durchgeführt wurde. Nicht nur die Überschreitungshäufigkeiten selbst, sondern auch ihre

Entwicklung (Abnahme) ist von der Stationskategorie abhängig. So ist in ländlichen Background-Gebieten eine stärkere Abnahme der Überschreitungen zu verzeichnen als in den anderen Gruppen. Im 1. Entwurf der 4. TRL wurde als Grenzwert  $1 \text{ ng/m}^3$  vorgeschlagen, der bis zum Jahr 2010 erreicht werden sollte. Der letzte Entwurf vom 16.07.2003 /KOM 03/ definiert diesen Wert als Zielwert ohne Angabe eines Zieldatums. Dieser vorgeschlagene Zielwert von  $1 \text{ ng/m}^3$  im Jahresmittel wurde 1996 an städtischen verkehrsbeeinflussten Orten noch zu 49% überschritten, während es 2001 nur noch 24% waren. An ländlichen Background-Stationen sank die Überschreitungshäufigkeit von 1996 zu 2001 von 27% auf 6%.

Es kann eingeschätzt werden, dass heute die Überschreitung des Grenzwertes von  $1 \text{ ng/m}^3$  für die Stationskategorien etwa wie folgt beträgt:

Stationskategorie UT (urban, traffic)	25%
Stationskategorie ST (suburban, traffic)	20%
Stationskategorie SB (suburban, background)	10%
Stationskategorie RB (rural, background)	5%

Diese Werte sind ein Durchschnitt über die PAK-Messstellen der Bundesrepublik; an einzelnen Messstellen können erhebliche Abweichungen hiervon auftreten.

Im Rahmen des Vorhabens „Erfassung der Luftbelastung durch polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in der Bundesrepublik Deutschland anhand von Messdaten“ wurden angeregt durch Diskussionen, die in Vorbereitung einer EU-Tochterrichtlinie für PAKs in der DIN/VDI-Arbeitsgruppe „Messen polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe“ und der Arbeitsgruppe CEN/TC 264 WG 21 geführt wurden, einige experimentelle Untersuchungen zum Vergleich von PAK-Probenahmegeräten und Extraktionsmethoden sowie zur Homogenität von Filterproben und des Einflusses der Filterlagerung durchgeführt.

Für den Vergleich von Probenahmegeräten wurde jeweils ein Low Volume Sammler ( $\text{PM}_{10}$ ), Medium Volume Sammler (TSP) und High Volume Sammler ( $\text{PM}_{10}$ ) eingesetzt und 10 PAK-Komponenten aus der EPA-Liste gemessen. **Die Ergebnisse von Low Volume Sammler und High Volume Sammler stimmen gut überein**, so dass aus dieser Sicht keiner der beiden Sammler favorisiert werden kann. Der Vergleich mit dem Medium Volume Sammler (TSP) zeigt, dass die  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion am Messstandort (Leipzig) im Mittel einen Massenanteil von 80% am Gesamtstaub ausmacht. Der Anteil der an die  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion gebundenen PAK-Komponenten betrug im Durchschnitt auch etwa 80%; bei einigen Komponenten jedoch bis zu 100%, wie z.B. bei dem meist als Leitkomponente verwendeten Benzo[a]pyren.

Rückflussverfahren und Soxhlet mit den Lösungsmitteln Toluol und Dichlormethan wurden für den Vergleich von Extraktionsmethoden untersucht. **Das Rückflussverfahren mit Toluol ergab etwas bessere Ergebnisse und sollte bei Routinemessungen im Rahmen von Messnetzen auch deshalb eingesetzt werden**, weil es einfacher, schneller und kostengünstiger ist.

Für Mehrfachbestimmungen einer Probe anhand von Filterausschnitten ist die Homogenität der Filterbelegung eine unbedingte Voraussetzung. **Tests an mit einem High Volume Sammler gewonnenen Quarzfilterproben haben eine ausreichende Homogenität der Filter bestätigt.**

Lagerungszeit und Lagerungsbedingungen der gewonnenen PAK-Filterproben bis zum Zeitpunkt der Analyse können die Wiederfindung der PAKs beeinflussen. Anhand von 5 PAK-Komponenten wurde der Einfluss von bis zu 12 Wochen Lagerung bei unterschiedlichen Temperaturen untersucht. Mit Ausnahme von Naphtalin, das wegen seiner Flüchtigkeit schnell abnimmt, waren bei den übrigen PAK-Komponenten innerhalb von 4 Wochen Lagerung keine merklichen Verluste festzustellen, wenn die Lagerung der Filterproben bei 4°C erfolgte. **Für den routinemäßigen Messbetrieb sind somit eine Lagerung im Kühlschrank und die Analyse in Monatsfrist zu empfehlen.**

Angesichts der im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Erhebung zur gegenwärtigen Praxis der PAK-Probenahme und -analyse, die sehr unterschiedliche Verfahrensweisen in den derzeit in der Bundesrepublik Deutschland betriebenen Messnetzen ergeben hat, können die Ergebnisse einen Beitrag zur Vereinheitlichung der Erfassung der PAK-Belastung leisten.

Im Hinblick auf die Umsetzung der zukünftigen EU-Tochterrichtlinie und dem Monitoring der PAK-Belastung lassen sich aus den Untersuchungen folgende Schlussfolgerungen ziehen:

- In der Bundesrepublik Deutschland ist zur Zeit noch keine flächendeckende Überwachung der PAK-Belastung realisiert. Entsprechend den Anforderungen der 4. TRL (nach Inkrafttreten) müssen in der Zukunft in allen Bundesländern weitere Messstellen eingerichtet und betrieben werden. Nur so kann die zur Zeit noch unzureichende Datenbasis zur flächendeckenden Beurteilung der Luftqualität verbessert werden.
- Untersuchungen der PAK-Profile zeigen, dass BaP durchaus als Leitsubstanz fungieren kann, da sein Anteil an dem zu messenden PAK-Profil (BaA, BaP, BbF, BkF, INP, DbahA, FLU) im Mittel über den betrachteten Zeitraum 13% beträgt. Damit kann die Forderung, dass neben der Messung von BaP als Leitsubstanz an einer Untermenge der Stationen zusätzlich das PAK-Profil kontinuierlich mit gemessen werden soll, unterstützt werden.
- Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die PAK-Belastung stark von der Stationskategorie abhängig ist. Bei Auswahl der Messstellenstandorte muss in allen Ländern von den gleichen Prioritäten ausgegangen werden, um die Belastungen in den Ländern vergleichbar zu machen.
- Neue Messstellen sollten hinsichtlich ihrer Standortkriterien eingestuft und in die erarbeitete Messstellendokumentation aufgenommen werden.
- Die im Rahmen des Vorhabens entwickelte bundesweite PAK-Datenbank wird in das Luftqualitätssystem des Umweltbundesamtes integriert und bedarf einer laufenden Aktualisierung. Nach Inkrafttreten der 4. Tochterrichtlinie sind die für PAKs anstehenden Berichtspflichten direkt erfüllbar.
- Darüber hinaus ist die Datenbank europaweit anwendbar. Für eine solche Verwendung ist jedoch eine englische Version des Benutzerhandbuches erforderlich.
- Die Ergebnisse des Vorhabens belegen, dass die Belastung durch BaP und die weiteren PAK seit Mitte der neunziger Jahre deutlich abgenommen hat. Allerdings wird der Zielwert von 1 ng/m<sup>3</sup> für Benzo[a]pyren vor allem noch an städtischen verkehrsbeeinflussten Messstationen überschritten. Somit sind weitere Anstrengungen erforder-

lich, die zu einer baldigen Einhaltung dieses Wertes führen. Insgesamt sollte die Einhaltung des Zielwertes von 1 ng/m<sup>3</sup> im Jahresmittel bis zum Jahr 2010 jedoch realistisch sein.

- In den Bundesländern kommen zur Zeit noch verschiedene Verfahren für die Probenahme, Extraktion und Analyse von PAK in der PM<sub>10</sub>-Fraktion zur Anwendung. Eine Vereinheitlichung dieser Methoden ist notwendig im Hinblick auf die Überprüfung der eingesetzten Probenahme- und Analysenverfahren mit dem im Rahmen der Richtlinie geplanten Referenzverfahren. Dies wird zu einer besseren Vergleichbarkeit der Belastungsdaten führen. Im Zuge der Datenauswertung zeigte sich, dass der Einsatz von Low- und High-Volume-Sammlern zu vergleichbaren Ergebnissen führt. Im Interesse der Rückführbarkeit einer zu bestimmenden Referenzmethode wird die Schaffung eines entsprechenden Referenzmaterials für PM<sub>10</sub> angeregt.

Die Ergebnisse des FE-Vorhabens werden den Bundesländern übergeben.

## **Literatur**

- /BAE 91/ BAEK, S.O. ; FIELD, R.A. ; GOLDSTONE, M.E. u.a.: A review of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons: sources, fate and behavior ; Water, Air and Soil Pollution 60 (1991), S. 279 - 300
- /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
- /CEC 99/ CECINATO, A.: Experience and concentration level, Istituto sull' Inquinamento Atmosferico. CNR, Montevotondo Scalo, Roma, Italy; Beitrag zum Workshop „State of the Art of PAH's Analysis in Ambient Air“, Ispra 22.-23. März 1999, European Commission. Joint Research Centre Environment Institute, Air Quality Unit, EUR 18751 EN
- /CRE 02/ CREUTZNACHER, H. ; HUBER, K. : Ozon-Querempfindlichkeit bei der Immissionsmessung von schwebstaubbakumuliertem Benzo[a]pyren, Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft 62 (2002) Nr. 7/8 S. 319-324
- /DET 98/ DETZEL, A. ; PATYK, A. ; FEHRENBACH, H. u.a.: Ermittlung von Emissionen und Minderungsmaßnahmen für persistente organische Schadstoffe in der Bundesrepublik Deutschland, Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA FKZ 295 44 365, 1998, Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit
- /DIN 00/ DIN ISO 12884: Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe, Dez. 2000
- /DIN 99/ DIN EN 12341: Ermittlung der PM<sub>10</sub>-Fraktion von Schwebstaub, März 1999
- /GER 02/ GERWIG, H.: PAK-Messungen im Immissions-Luftmessnetz des Freistaates Sachsen, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2002
- /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 03/ INSTITUT FÜR ENERGETIK UND UMWELT gGmbH: Handbuch zur Datenbank PAKStat, Leipzig 2003
- /IMM 03/ IMMISSIONSKATASTER HESSEN: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, 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
- /LEW 96/ LEWIS, R.G.; GORDON, S.M.: Sampling for Organic Chemicals in Air, in: L.H. KEITH, Ed., Principles of Environmental Sampling, ACS Professional Reference Book, American Chemical Society, Washington, D.C., USA, 1996 pp. 401-470
- /MAR 98/ MARBACH, G. ; BAUMBACH, G.: Organische Belastung von Emissions- und Immissionsstäuben aus der Holzverbrennung, Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 58 (1998) Nr. 6, S 257-261
- /NIE 02/ NIEBERGALL, K.: Vortrag auf dem CEN/TC 264 WG 21 Meeting , Madrid 18./19. April 2002
- /UBA 92/ UMWELTBUNDESAMT: Jahresbericht 1992
- /VDI 96/ VDI 3875 Blatt 1 / Part 1: Messen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH), Gaschromatographische Analyse, Dez. 1996

### **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 3.2-1:	Bilddokumentation einer PAK-Messstelle und ihrer Umgebung (Beispiel Messstelle Pforzheim-Mitte) .....	13
Abb. 5.2.3-1:	Verteilung der PAK-Messstationen nach Gebietstypen (PM <sub>10</sub> - und TSP - Messstationen) .....	23
Abb. 5.2.3-2:	Verteilung der PAK-Messstationen nach Stationstypen (PM <sub>10</sub> - und TSP - Messstationen) .....	24
Abb. 5.3.2-1:	Stationskategorien der TSP- und PM <sub>10</sub> – Messstationen von 1996 bis 2001 .....	27
Abb. 5.3.3-1:	Territoriale Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf gesamtes Bundesgebiet) .....	30
Abb. 5.3.3-2a:	PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1996 (nach Stationenkategorien) .....	31
Abb. 5.3.3-2b:	PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1997 (nach Stationenkategorien) .....	32
Abb. 5.3.3-2c:	PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1998 (nach Stationenkategorien) .....	33
Abb. 5.3.3-2d:	PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 1999 (nach Stationenkategorien) .....	34
Abb. 5.3.3-2e:	PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2000 (nach Stationenkategorien) .....	35
Abb. 5.3.3-2f:	PAK-Messnetz in der Bundesrepublik Deutschland im Jahr 2001 (nach Stationenkategorien) .....	36
Abb. 6.2.2-1:	Häufigkeit der Tageswerte für BaP nach Stationskategorien, verteilt auf Wochentage .....	45
Abb. 6.2.2-2:	Wochentagesmittelwerte für BaP nach Stationskategorien, gebildet aus allen Tagesmittelwerten .....	46
Abb. 6.2.3-1:	Prozentuale Anteile der Monatsmittel an der Jahresgesamtanzahl für BaP, bezogen auf Stationskategorien .....	47
Abb. 6.4.1-1:	Verhältnis Monatsmittel PM <sub>10</sub> /TSP für parallel gemessene Stationen Sachsens (Stationskategorie UT – urban traffic) und verschiedene PAKs .....	50
Abb. 6.4.1-2:	Verhältnis Monatsmittel PM <sub>10</sub> /TSP für parallel gemessene Stationen Nordrhein-Westfalens für BaP und BghiP .....	50
Abb. 6.4.2-1:	Jahresgang des Verhältnisses der PM <sub>10</sub> -Fraktion zu den TSP-Werten aus Staubbmessungen (zu Tabelle 6.4.2-1) .....	51
Abb. 7.1.1-1:	Eingangsmenü der Datenbank PAK-Stat .....	55
Abb. 7.1.2-1:	Menü Statistikauswahl .....	56
Abb. 7.1.2-2:	Beispielhaftes Menü für Parameterauswahl (hier Messwerthäufigkeiten) .....	57
Abb. 7.1.2-3:	Bildschirmabbild Ganglinienstatistik .....	58
Abb. 7.1.2-4:	Bildschirmabbild Häufigkeitsverteilung/Quantile .....	59



Abb. 7.1.2-5:	Bildschirmabbild Überschreitungshäufigkeiten .....	60
Abb. 7.1.2-6:	Bildschirmabbild Verteilungsstatistik .....	61
Abb. 7.1.2-7:	Bildschirmabbild Schwellenwertüberschreitung .....	62
Abb. 7.1.2-8:	Bildschirmabbild Mittelwert- und Extremwertstatistik .....	63
Abb. 7.2.2-1:	BaP-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle Messwerte .....	65
Abb. 7.2.2-2:	BaP-Jahresmittelwerte nach Stationskategorien und Jahren für alle messenden Länder .....	66
Abb. 7.2.2-3:	Vergleich nach Stationskategorien und Jahren zwischen Jahresmittel für alle zwischen 1996 und 2000 messenden und permanent messenden Stationen .....	67
Abb. 7.2.2-4:	Punktverteilung der BaP-Jahresmittelwerte für alle im Jahr 2000 messenden Stationen .....	68
Abb. 7.2.2-5:	Verhältnis der BaP-Jahresmittelwerte der Stationskategorien zum Bezugsjahr 2000 .....	68
Abb. 7.2.2-6:	Jahresganglinien für Benzo[a]pyren nach Stationskategorien und Jahren für alle Messwerte .....	70
Abb. 7.2.2-7:	Jahresganglinien für Benzo[a]pyren nach Stationskategorien und Jahren für Nordrhein-Westfalen und Sachsen .....	71
Abb. 7.2.2-8:	Verteilung der Häufigkeiten nach Richt- und Schwellenwerten für Benzo[a]pyren nach Stationskategorien und Jahren (alle Messwerte) .....	72
Abb. 7.2.2-9:	Überschreitungshäufigkeit der Monatsmittelwerte für verschiedene Richt- und Schwellenwerte nach Stationskategorien und Jahren .....	74
Abb. 7.2.2-10:	Abnahme der Überschreitungshäufigkeit zwischen 1996 und 2000 für verschiedene Richt- und Schwellenwerte .....	74
Abb. 7.2.2-11:	Verteilung der Monatsmittelwerte für das Jahr 2001 nach Stationskategorien .....	75
Abb. 7.2.2-12:	Verteilung der BaP-Jahresmittelwerte und ihre Entwicklung 1996 - 2001 in allen Stationskategorien .....	76
Abb. 7.2.2-13:	Verteilung der BaP-Jahresmittelwerte und ihre Entwicklung 1996 –2001 für Stationskategorie UT und die Bundesländer .....	78
Abb. 7.2.2-14:	Verteilung der BaP-Jahresmittelwerte und ihre Entwicklung 1996 –2001 für Stationskategorie SB und die Bundesländer .....	79
Abb. 7.3.1-1:	Jahresmittelwerte einzelner PAKs für die Stationskategorien UT und RB nach Jahren .....	81
Abb. 7.3.2-1:	Ganglinien der Monatsmittelwerte von Benz[a]anthracen .....	82
Abb. 7.3.2-2:	Ganglinien der Monatsmittelwerte von Benzo[b]fluoranthen .....	82
Abb. 7.3.2-3:	Ganglinien der Monatsmittelwerte von Benzo[k]fluoranthen .....	83
Abb. 7.3.2-4:	Ganglinien der Monatsmittelwerte von Dibenzo[ah]anthracen .....	83
Abb. 7.3.2-5:	Ganglinien der Monatsmittelwerte von Indeno[1,2,3-cd]pyren .....	84
Abb. 7.3.2-6:	Ganglinien der Monatsmittelwerte von Coronen .....	84
Abb. 7.3.3-1:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Benz[a]anthracen (alle Stationen) .....	85
Abb. 7.3.3-2:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzo[b]fluoranthen (alle Stationen) .....	86

---

Abb. 7.3.3-3:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzo[e]pyren (alle Stationen) .....	86
Abb. 7.3.3-4:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzo[ghi]perylene (alle Stationen) .....	87
Abb. 7.3.3-5:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Benzo[k]fluoranthene (alle Stationen) .....	87
Abb. 7.3.3-6:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Chrysen (alle Stationen) .....	88
Abb. 7.3.3-7:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Coronene (alle Stationen) .....	88
Abb. 7.3.3-8:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Dibenzo[ah]anthracene (alle Stationen) .....	89
Abb. 7.3.3-9:	Verteilung der Jahresmittelwerte für Indeno[1,2,3-cd]pyrene (alle Stationen) .....	89
Abb. 7.3.4-1:	Messwertpaare BaA/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002 .....	91
Abb. 7.3.4-2:	Messwertpaare BaA/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996 und 2000 .....	92
Abb. 7.3.4-3:	Verhältnis BaA/BaP für die Jahre 1996 und 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen .....	92
Abb. 7.3.4-4:	Verhältnis BaA/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten $< 2 \text{ ng/m}^3$ .....	93
Abb. 7.3.4-5:	Mittlere BaA/BaP-Verhältnisse nach Stationskategorien und Jahren .....	94
Abb. 7.3.4-6:	Messwertpaare BbF/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002 .....	95
Abb. 7.3.4-7:	Verhältnis BbF/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten $< 2 \text{ ng/m}^3$ .....	95
Abb. 7.3.4-8:	Messwertpaare BeP/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002 .....	96
Abb. 7.3.4-9:	Verhältnis BeP/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten $< 2 \text{ ng/m}^3$ .....	97
Abb. 7.3.4-10:	Messwertpaare BkF/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002 .....	98
Abb. 7.3.4-11:	Verhältnis BkF/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten $< 2 \text{ ng/m}^3$ .....	98
Abb. 7.3.4-12:	Messwertpaare DBahA/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002 .....	99
Abb. 7.3.4-13:	Messwertpaare DBahA/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996 und 2000 .....	99
Abb. 7.3.4-14:	Messwertpaare INP/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996-2002 .....	100
Abb. 7.3.4-15:	Verhältnis INP/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten $< 2 \text{ ng/m}^3$ .....	101
Abb. 7.3.4-17:	Messwertpaare BghiP/BaP für alle Stationskategorien und die Jahre 1996 und 2000 .....	102
Abb. 7.3.4-18:	Verhältnis BghiP/BaP für das Jahr 2000 im Vergleich zum Trend für alle Messungen mit BaP-Werten $< 2 \text{ ng/m}^3$ .....	103
Abb. 7.3.5-1:	Anteile der PAKs an der PAK-Summe nach PAKs und Stationenkategorien .....	107
Abb. 7.3.5-2a:	Anteile der PAKs and der PAK-Summe nach Stationenkategorien und PAKs .....	108
Abb. 7.3.5-2b:	Anteile der PAKs and der PAK-Summe nach Stationenkategorien und PAKs .....	109
Abb. 8.2.1-1:	Abhängigkeit der PAK-Summenkonzentration von der Außentemperatur (Low Volume Sammler, Messstelle Leipzig) .....	113

---



Abb. 8.2.1-2:	Abhängigkeit der PAK-Summenkonzentration von der Außentemperatur (High Volume Sammler, Messstelle Leipzig).....	113
Abb. 8.2.2-1:	Vergleich der an der Messstelle Leipzig mit verschiedenen Sammlern ermittelten Staubkonzentrationen (LVS: PM <sub>10</sub> , MVS: TSP, HVS: PM <sub>10</sub> ).....	114
Abb. 8.2.2-2:	Vergleich der bestimmten Massenanteile der PM <sub>10</sub> -Fraktion (LVS: PM <sub>10</sub> , HVS: PM <sub>10</sub> ) .....	114
Abb. 8.2.3-1:	An der Messstelle Leipzig ermittelte PAK-Konzentrationen; Probe 7: 06.10.2001 (LVS: PM <sub>10</sub> , MVS: TSP , HVS: PM <sub>10</sub> ).....	115
Abb. 8.2.3-2:	An der Messstelle Leipzig ermittelte PAK-Konzentrationen; Probe 12: 27.10.2001 (LVS: PM <sub>10</sub> , MVS: TSP , HVS: PM <sub>10</sub> ).....	115
Abb. 8.2.3-3:	Mittelwerte der mit verschiedenen Sammlern in Leipzig ermittelten PAK-Konzentrationen (LVS: PM <sub>10</sub> , MVS: TSP , HVS: PM <sub>10</sub> ).....	116
Abb. 8.2.3-4:	Mittlere Massenanteile der einzelnen PAK-Komponenten im Messzeitraum (Messstelle Leipzig) (LVS: PM <sub>10</sub> , MVS: TSP , HVS: PM <sub>10</sub> )(n=21) .....	117
Abb. 8.2.3-5:	Relative mittlere Konzentrationen der einzelnen PAK-Komponenten bezogen auf BaP (Messstelle Leipzig) (LVS: PM <sub>10</sub> , MVS: TSP , HVS: PM <sub>10</sub> ).....	117
Abb. 8.2.3-6:	Mittlere Anteile der an die PM <sub>10</sub> -Fraktion gebundenen PAKs (LVS: PM <sub>10</sub> , HVS: PM <sub>10</sub> ) .....	118
Abb. 8.2.3-7:	Ermittlung der PM <sub>10</sub> -Staubkonzentration: Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) ....	119
Abb. 8.2.3-8:	Ermittlung der PAK-Summenkonzentration der PM <sub>10</sub> -Fraktion: Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> ) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h).....	119
Abb. 8.2.3-9:	Ermittlung der Fluoranthen*-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h).....	120
Abb. 8.2.3-10:	Ermittlung der Benz[a]anthracen*-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	120
Abb. 8.2.3-11:	Ermittlung der Chrysen-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	121
Abb. 8.2.3-12:	Ermittlung der Benzo[k]fluoranthen*-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	121
Abb. 8.2.3-13:	Ermittlung der Benzo[b]fluoranthen*-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	122
Abb. 8.2.3-14:	Ermittlung der Benzo[e]pyren-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	122
Abb. 8.2.3-15:	Ermittlung der Benzo[a]pyren*-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	123

Abb. 8.2.3-16:	Ermittlung der Benzo[ghi]perylen-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	123
Abb. 8.2.3-17:	Ermittlung der Indeno[1,2,3-cd]pyren*-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> /h) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	124
Abb. 8.2.3-18:	Ermittlung der Dibenzo[ah]anthracen*-Konzentration (PM <sub>10</sub> ): Vergleich Low Volume Sammler LECKEL SEQ47/50 (4 m <sup>3</sup> ) mit High Volume Sammler DIGITEL DPM30/10 (30 m <sup>3</sup> /h) .....	124
Abb. 8.3-1:	Extraktionstest: Rückfluss, Toluol, 0,5 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	127
Abb. 8.3-2:	Extraktionstest: Soxhlet, Toluol, 8 Std., SRM 1649a (Standard), n= 6 .....	128
Abb. 8.3-3:	Extraktionstest: Soxhlet, Toluol, 20 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	129
Abb. 8.3-4:	Extraktionstest: Rückfluss, Dichlormethan, 0,5 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	130
Abb. 8.3-5:	Extraktionstest: Soxhlet, Dichlormethan, 8 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	131
Abb. 8.3-6:	Vergleich Extraktionsverfahren und Lösungsmittel: Wiederfindung (Rückfluss 0,5 Std., Soxhlet 8 Std.), SRM 1649a, n = 6 .....	132
Abb. 8.3-7:	Vergleich Extraktionsverfahren und Lösungsmittel: Relative Standardabweichungen der Verfahrenstests (Rückfluss 0,5 Std., Soxhlet 8 Std.), SRM 1649a, n = 6 .....	133
Abb. 8.5-1:	Abhängigkeit der Filterbelegung von der Lagerungszeit und Lagerungstemperatur .....	135

### **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1-1:	In Deutschland häufig gemessene PAK und deren Eigenschaften /DIN 00, LEW 96, VDI 96/ .....	4
Tabelle 2.1-1:	Angewendete Probenahmeverfahren bei der Messung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: Juni 2002) .....	5
Tabelle 2.2-1:	Angewendete Analysenverfahren bei der Messung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Bundesrepublik Deutschland (Stand: Juni 2002) .....	7
Tabelle 3.1-1:	Einstufung der PAK-Messstellen nach Gebietstyp (Klassifizierungslevel 1) .....	8
Tabelle 3.1-2:	Einstufung von „rural“-Messstellen hinsichtlich des Abstandes zu Hauptemissionsgebieten .....	9
Tabelle 3.1-3:	Einstufung der PAK-Messstellen nach Stationstyp (Klassifizierungslevel 2) .....	9
Tabelle 3.1-4:	Kriterien für die Klassifizierung der PAK-Messstellen .....	10
Tabelle 3.2-1:	Textdokumentation einer PAK-Messstelle (Beispiel Leipzig-Mitte) .....	12
Tabelle 4.2-1:	Zusammenstellung aller erfassten PAKs .....	15
Tabelle 4.2-2:	Datengrundlage PAK-Messungen – Anzahl der messenden Stationen nach Jahren ...	16
Tabelle 5.1-1:	PAKs des reduzierten Datenpools .....	17
Tabelle 5.2.1-1:	Charakter und Datendichten der Urdaten (nach Ländern) .....	18

Tabelle 5.2.2-1: PAK-Messungen der Länder - Anzahl der Messstationen für jedes PAK (reduzierter Datenpool) .....	19
Tabelle 5.2.3-1: Einstufung der PAK-Messstellen nach Gebietstyp .....	21
Tabelle 5.2.3-2: Einstufung der PAK-Messstellen nach Stationstyp .....	21
Tabelle 5.2.3-3: Anzahl der Messstationen der Länder für jede Stationskategorie .....	22
Tabelle 5.2.3-4: Prozentualer Anteil der Länder an der Gesamtanzahl Stationen nach Gebiets- und Stationstypen .....	25
Tabelle 5.2.3-5: Prozentuale Anteile aller Messstationen nach Gebiets- und Stationstypen .....	26
Tabelle 5.3.3-1: Anzahl der Messstationen von 1996-2001 .....	28
Tabelle 5.3.3-2: Stationen- und Gebietsanteile der beteiligten Länder jahresweise .....	29
Tabelle 5.3.5-3: Über- bzw. Unterrepräsentanz der Messstationenanzahl (bezogen auf beteiligte Länder).....	29
Tabelle 5.3.4-1: Messstationenkategorien der ANC-Messreihen (Anthracen) .....	37
Tabelle 5.3.4-2: Messstationenkategorien der ANT-Messreihen (Anthanthren) .....	37
Tabelle 5.3.4-3: Messstationenkategorien der BaA-Messreihen (Benz[a]anthracen)* .....	37
Tabelle 5.3.4-4: Messstationenkategorien der BaP-Messreihen (Benzo[a]pyren)* .....	37
Tabelle 5.3.4-5: Messstationenkategorien der BbF-Messreihen (Benzo[b]fluoranthren)* .....	38
Tabelle 5.3.4-6: Messstationenkategorien der BeP-Messreihen (Benzo[e]pyren).....	38
Tabelle 5.3.4-7: Messstationenkategorien der BghiP-Messreihen (Benzo[ghi]perylene) .....	38
Tabelle 5.3.4-8: Messstationenkategorien der BkF-Messreihen (Benzo[k]fluoranthren)* .....	38
Tabelle 5.3.4-9: Messstationenkategorien der CHR-Messreihen (Chrysen).....	38
Tabelle 5.3.4-10: Messstationenkategorien der COR-Messreihen (Coronen) .....	39
Tabelle 5.3.4-11: Messstationenkategorien der DBahA-Messreihen (Dibenzo[a,h]anthracen)* ...	39
Tabelle 5.3.4-12: Messstationenkategorien der FLN-Messreihen (Fluoren) .....	39
Tabelle 5.3.4-13: Messstationenkategorien der FLU-Messreihen (Fluoranthren)* .....	39
Tabelle 5.3.4-14: Messstationenkategorien der INP-Messreihen (Indeno[1,2,3-cd]pyren)* .....	39
Tabelle 5.3.4-15: Messstationenkategorien der PHE-Messreihen (Phenanthren).....	40
Tabelle 5.3.4-16: Messstationenkategorien der PYR-Messreihen (Pyren) .....	40
Tabelle 5.3.5-1: Anzahl der langzeitmessenden Stationen im Zeitfenster 1996 bis 2001 in Abhängigkeit von der Stationskategorie und vom PAK.....	41
Tabelle 5.3.6-1: Möglichkeiten für PAK-Summenauswertungen beispielhaft für das Jahr 2001 .....	41
Tabelle 5.3.7-1: Messungen der PAKs der künftigen EU-Tochterraichtlinie in Deutschland.....	42
Tabelle 6.4.1-1: Vergleich TSP- und PM <sub>10</sub> -Werte verschiedener PAKs von parallel gemessenen Stationen .....	49
Tabelle 6.4.2-1: Verhältniswerte PM <sub>10</sub> zu TSP aus Staubbmessungen.....	51
Tabelle 6.4.3-1: Umrechnungsfaktoren für die Auswertungen mit der Datenbank PAKStat .....	52
Tabelle 7.2.2-1: Anzahl der messenden Stationen in den Stationskategorien .....	69

---

Tabelle 7.2.2-2: Verhältnis der Wintermonatsmittel (Nov.-Febr.) zu den Sommermonatsmitteln (Juni-Aug.) nach Stationstypen .....	70
Tabelle 7.2.2-3: Überschreitungshäufigkeiten des BaP-Zielwertes 1 ng/m <sup>3</sup> nach Stationskategorien und Jahren .....	75
Tabelle 7.2.2-4: Anzahl der Stationen von 1996 bis 2001 (Anzahl der gemessenen Monate >8) .....	77
Tabelle 7.3.1-1: PAK-Komponenten und Stationskategorien für Ermittlung von Jahresmittelwerten (x: ausreichender Datenpool; (x): Auswertung mit Einschränkung möglich) .....	80
Tabelle 7.3.1-2: Jahresmittelwerte weiterer PAKs in ng/m <sup>3</sup> .....	80
Tabelle 7.3.4-1: Mittlere BaA/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien .....	93
Tabelle 7.3.4-2: Mittlere BbF/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien .....	96
Tabelle 7.3.4-3: Mittlere BeP/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien .....	97
Tabelle 7.3.4-4: Mittlere BkF/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien .....	98
Tabelle 7.3.4-5: Mittlere INP/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien .....	101
Tabelle 7.3.4-5: Mittlere BghiP/BaP-Verhältnisse nach Jahren und Stationskategorien .....	103
Tabelle 7.3.4-6: Zusammenhänge zwischen den mittleren Konzentrationenverhältnissen verschiedener PAKs zur Leitkomponente BaP .....	103
Tabelle 7.3.5-1: Stationenmatrix für das PAK-Profil .....	106
Tabelle 8.1.2-1: Eingesetzte Filterprobenahmegeräte .....	111
Tabelle 8.1.6-1: Im Rahmen des Sammlervergleiches untersuchte PAKs und ihre Merkmale /DIN 00, VDI 96/ .....	112
Tabelle 8.2.3-1: Mittlerer prozentualer Anteil der PM <sub>10</sub> -Fraktion an den PAKs nach /CEC 99/ (Messpunkt: Straße in Rom, Messzeitraum: Winter 1994 – 1997) .....	116
Tabelle 8.3-1: Untersuchte Varianten der Extraktion von SRM 1649a .....	125
Tabelle 8.3-2: Extraktionstest: Rückfluss, Toluol, 0,5 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	127
Tabelle 8.3-3: Extraktionstest: Soxhlet, Toluol, 8 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	128
Tabelle 8.3-4: Extraktionstest: Soxhlet, Toluol, 20 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	129
Tabelle 8.3-5: Extraktionstest: Rückfluss, Dichlormethan, 0,5 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	130
Tabelle 8.3-6: Extraktionstest: Soxhlet, Dichlormethan, 8 Std., SRM 1649a (Standard), n = 6 .....	131
Tabelle 8.3-7: Vergleich Extraktionsverfahren und Lösungsmittel: Wiederfindung (Rückfluss 0,5 Std., Soxhlet 8 Std.), SRM 1649a, n = 6 .....	132
Tabelle 8.3-8: Vergleich Extraktionsverfahren und Lösungsmittel: Relative Standardabweichungen der Verfahrenstests (Rückfluss 0,5 Std., Soxhlet 8 Std.), SRM 1649a, n = 6 .....	133
Tabelle 8.4-1: Relative Standardabweichungen in Prozent für die anhand von Filterausschnitten ermittelten PAK-Werte, n = 30 .....	134
Tabelle A-1: Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren .....	A-I
Tabelle A-2: Anzahl Messstationen nach Ländern und Stationskategorien ab 1986 .....	A-IX
Tabelle B-1: Stationsdaten der PAK-Messstellen (alle Fraktionen) .....	B-I

---



---

Tabelle C-1:	Alle Stationen mit dem Zeitpunkt der Umstellung auf PM <sub>10</sub> (Stand: 2001).....	C-I
Tabelle D-I:	Messung Low Volume Sammler SEQ 47/50.....	D-I
Tabelle D-II:	Messung Medium Volume Sammler DERENDA MVS6 .....	D-III
Tabelle D-III:	Messung High Volume Sammler DIGITEL DPM 10/30 .....	D-V

---

**Abkürzungen**

ACN	Acenaphten
ACNY	Acenaphtylen
ANC	Anthracen
ANT	Anthanthren
BaA	Benz[a]anthracen
BaC	Benzo[a]chrysen
BaP	Benzo[a]pyren
BB	Brandenburg
BbC	Benzo[b]chrysen
BbF	Benzo[b]fluoranthren
BbFLN	Benzo[b]fluoren
BbjkF	Benzo[b+j+k]fluoranthren
BcPH	Benzo[c]phenantren
BE	Berlin
BeP	Benzo[e]pyren
BghiF	Benzo[ghi]fluoranthren
BghiP	Benzo[ghi]perylene
BkF	Benzo[k]fluoranthren
BNT	Benzo[b]naphto[2,1-d]thiophen
BW	Baden-Württemberg
CHR	Chrysen
COR	Coronen
CPP	Cyclopenta[cd]pyren
DbacahA	Dibenzo[a,c+a,h]anthracen
DbahA	Dibenzo[a,h]anthracen
DbahP	Dibenzo[a,h]pyren
DbajA	Dibenzo[a,j]anthracen
DbalP	Dibenzo[a,l]pyren
DMBaA	7,12-Dimethylbenz[a]anthracen
FLN	Fluoren
FLU	Fluoranthren
GIS	Geografisches Informationssystem
HE	Hessen
HH	Hamburg
HVS	High Volume Sampler
INP	Indeno[1,2,3-cd]pyren
Kfz	Kraftfahrzeug
LAT	Lower Assessment Threshold
LTO	Long Time Object
LVS	Low Volume Sampler
MbaA	2-MethylBenz[a]anthracen
MV	Mecklenburg-Vorpommern
MW	Mittelwert
NAP	Naphtalin
NW	Nordrhein-Westfalen
OSPAR	Oslo and Paris Convention for the Prevention of Marine Pollution from Land Based Sources

---

PAH	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
PAK	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PER	Perylen
PHE	Phenanthren
PM <sub>10</sub>	Particulate Matter 10 µm
PUR	Polyurethan
PYR	Pyren
SH	Schleswig-Holstein
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
TH	Thüringen
TRI	Triphenylen
TRL	Tochterrichtlinie
TSP	Total Suspended Particles
UAT	Upper Assessment Threshold
UMEG	Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen mbH
UV	Ultraviolett
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	Volatile Organic Compounds
WG	Working Group

### ***Maßeinheiten***

%	Prozent
°C	Grad Celsius
µm	Mikrometer
A	Jahr
D	Tag
H	Stunde
hPa	Hektopascal
Kg	Kilogramm
Km	Kilometer
M	Meter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
Mg	Milligramm
Min	Minute
Mm	Millimeter
Ng	Nanogramm (= 10 <sup>-9</sup> Gramm)
Pa	Pascal

**Kooperationspartner**

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

<b>Baden-Württemberg</b>	UMEG GmbH Großoberfeld 3 76135 Karlsruhe
<b>Berlin</b>	Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Brückenstrasse 6 10179 Berlin
<b>Brandenburg</b>	Landesumweltamt Brandenburg Berliner Strasse 21-25 14467 Potsdam
<b>Hamburg</b>	Umweltbehörde Hamburg Billstrasse 84 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>Nordrhein-Westfalen</b>	Landesumweltamt Nordrhein-Westfalen Wallneyer Strasse 6 45133 Essen
<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: Messstationen nach PAK und Stationskategorien

**Tabelle A-1:** Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren

Jahr	Land	Verfahren	ACN	ACNY	ANC	ANT	BaA	BaC	BaP	BbC	BbF	BbFLN	BbjkF	BeP	BghiF	BghiF +BcPh	BghiP	BkF	BNT
1986	Hessen	TSP	-	-	9	9	9	-	9	-	-	9	9	9	9	-	8	-	9
1987	Hessen	TSP	-	-	13	13	13	-	13	-	-	13	13	13	13	-	12	-	13
1988	Hessen	TSP	-	-	4	4	4	-	4	-	-	4	4	4	4	-	4	-	4
1989	Hansestadt Hamburg	TSP	-	-	-	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8
1989	Hansestadt Hamburg	GAS	-	-	-	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8
1990	Hansestadt Hamburg	TSP	-	-	-	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8
1990	Hansestadt Hamburg	GAS	-	-	-	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8
1991	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1991	Hessen	TSP	-	-	3	3	3	-	3	-	-	3	3	3	3	-	3	-	3
1991	Hessen	GAS	-	-	1	1	1	-	1	-	-	1	1	1	1	-	1	-	1
1991	Hessen	G+P	-	-	3	3	3	-	3	-	-	3	3	3	3	-	3	-	3
1992	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1993	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1993	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
1993	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2
1994	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1994	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	2	-	3	-	2	-	-	2	-	-	3	2	-
1994	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
1994	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	5	-	5	-	5	-	-	5	-	-	5	5	-
1994	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-
1994	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2
1994	Thüringen	TSP	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
1995	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1995	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	3	-	5	-	3	-	-	3	-	-	5	3	-
1995	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
1995	Hessen	TSP	-	-	6	6	6	-	6	-	-	6	6	6	6	-	6	-	6
1995	Hessen	GAS	-	-	6	6	6	-	6	-	-	6	6	6	6	-	6	-	6
1995	Hessen	G+P	-	-	6	6	6	-	6	-	-	6	6	6	6	-	6	-	6

**Fortsetzung Tabelle A-1: Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren**

Jahr	Land	Verfahren	CHR	CHR+ TRI	COR	CPP	DBac ahA	DBah A	DBahP	DBajA	DBalP	DMBaA	FLN	FLU	INP	MBaA	NAP	PER	PHE	PYR
1986	Hessen	TSP	-	9	9	9	9	1	9	-	-	9	9	9	9	9	-	9	9	9
1987	Hessen	TSP	-	13	13	13	9	5	13	-	4	13	13	13	13	13	-	13	13	13
1988	Hessen	TSP	-	4	4	4	-	4	4	-	4	4	4	4	4	4	-	4	4	4
1989	Hansestadt Hamburg	TSP	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	8	8	-	-	8	-	8
1989	Hansestadt Hamburg	GAS	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	8	8	-	-	8	-	8
1990	Hansestadt Hamburg	TSP	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	8	8	-	-	8	-	8
1990	Hansestadt Hamburg	GAS	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-	8	8	-	-	8	-	8
1991	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2
1991	Hessen	TSP	-	3	3	3	3	-	-	-	-	-	3	3	3	-	-	3	3	3
1991	Hessen	GAS	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	1	1	1	-	-	1	1	1
1991	Hessen	G+P	-	3	3	3	3	-	-	-	-	-	3	3	3	-	-	3	3	3
1992	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2
1993	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2
1993	Brandenburg	TSP	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1
1993	Sachsen-Anhalt	G+P	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2
1994	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2
1994	Brandenburg	TSP	2	-	3	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	2
1994	Brandenburg	PM10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	5	-	5	-	-	5	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	5
1994	Sachsen-Anhalt	TSP	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	Sachsen-Anhalt	G+P	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2
1994	Thüringen	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1
1995	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1995	Brandenburg	TSP	3	-	5	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	3
1995	Brandenburg	PM10	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	Hessen	TSP	-	6	6	6	6	-	-	-	-	-	6	6	6	-	-	6	6	6
1995	Hessen	GAS	-	6	6	6	6	-	-	-	-	-	6	6	6	-	-	6	6	6
1995	Hessen	G+P	-	6	6	6	6	-	-	-	-	-	6	6	6	-	-	6	6	6



**Fortsetzung Tabelle A-1:** Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren

Jahr	Land	Verfahren	ACN	ACNY	ANC	ANT	BaA	BaC	BaP	BbC	BbF	BbFLN	BbjkF	BeP	BghiF	BghiF +BcPh	BghiP	BkF	BNT
1995	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4	-	-	4	4	-
1995	Sachsen	TSP	-	-	-	-	16	-	16	-	16	-	-	-	-	-	16	16	-
1995	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-
1995	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	3	3	-	3	-	-	-	3	3	-	3	3	-	3
1995	Thüringen	TSP	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
1996	Baden-Württemberg	TSP	-	-	-	-	38	-	38	-	38	-	-	38	-	-	38	38	-
1996	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	2	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1996	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1996	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4	-	-	4	4	-
1996	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
1996	Hessen	TSP	-	-	6	6	6	-	6	-	-	6	6	6	6	-	6	-	6
1996	Hessen	GAS	-	-	6	6	6	-	6	-	-	6	6	6	6	-	6	-	6
1996	Hessen	G+P	-	-	6	6	6	-	6	-	-	6	6	6	6	-	6	-	6
1996	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4	-	-	4	4	-
1996	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	-	-	44	-	44	-	-	-	-	44	-	-	44	-	-
1996	Sachsen	TSP	-	-	-	-	16	-	16	-	16	-	-	-	-	-	15	16	-
1996	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-
1996	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2
1996	Thüringen	TSP	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
1997	Baden-Württemberg	TSP	-	-	-	-	36	-	36	-	36	-	-	36	-	-	36	36	-
1997	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	8	-	8	-	8	-	-	8	-	-	8	8	-
1997	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1997	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	3	-	4	-	3	-	-	3	-	-	4	3	-
1997	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-
1997	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4	-	-	4	4	-
1997	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	-	-	49	-	49	-	-	-	-	49	-	-	49	-	-
1997	Sachsen	TSP	-	-	-	-	16	-	16	-	16	-	-	-	-	-	15	16	-
1997	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-

**Fortsetzung Tabelle A-1: Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren**

Jahr	Land	Verfahren	CHR	CHR+ TRI	COR	CPP	DBac ahA	DBah A	DBahP	DBajA	DBalP	DMBa A	FLN	FLU	INP	MBaA	NAP	PER	PHE	PYR
1995	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	4	-	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	4
1995	Sachsen	TSP	16	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	-	-
1995	Sachsen-Anhalt	TSP	2	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	Sachsen-Anhalt	G+P	-	3	3	-	3	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	3	-	3
1995	Thüringen	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1
1996	Baden-Württemberg	TSP	38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	-	-	-	-	-
1996	Baden-Württemberg	PM10	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1996	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1996	Brandenburg	TSP	4	-	4	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	4
1996	Brandenburg	PM10	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	Hessen	TSP	-	6	6	6	6	-	-	-	-	-	6	6	6	-	-	6	6	6
1996	Hessen	GAS	-	6	6	6	6	-	-	-	-	-	6	6	6	-	-	6	6	6
1996	Hessen	G+P	-	6	6	6	6	-	-	-	-	-	6	6	6	-	-	6	6	6
1996	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	4	-	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	4
1996	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	44	-	-	44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	Sachsen	TSP	16	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	-	-
1996	Sachsen-Anhalt	TSP	2	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1996	Sachsen-Anhalt	G+P	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2
1996	Thüringen	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1
1997	Baden-Württemberg	TSP	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-
1997	Baden-Württemberg	PM10	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-
1997	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1997	Brandenburg	TSP	3	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	3
1997	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	4	-	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	4
1997	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	49	-	-	49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1997	Sachsen	TSP	16	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-	16	16	-	-	-	-	-
1997	Sachsen-Anhalt	TSP	2	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

**Fortsetzung Tabelle A-1:**      **Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren**

<b>Jahr</b>	<b>Land</b>	<b>Verfahren</b>	<b>ACN</b>	<b>ACNY</b>	<b>ANC</b>	<b>ANT</b>	<b>BaA</b>	<b>BaC</b>	<b>BaP</b>	<b>BbC</b>	<b>BbF</b>	<b>BbFLN</b>	<b>BbjkF</b>	<b>BeP</b>	<b>BghiF</b>	<b>BghiF+BcPh</b>	<b>BghiP</b>	<b>BkF</b>	<b>BNT</b>
1997	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2
1997	Thüringen	TSP	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
1998	Baden-Württemberg	TSP	-	-	-	-	29	-	29	-	29	-	-	29	-	-	29	29	-
1998	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	11	-	11	-	11	-	-	11	-	-	11	11	-
1998	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	2	-	-	2	2	-
1998	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	1	-	2	-	1	-	-	1	-	-	2	1	-
1998	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-
1998	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	3	-	3	-	3	-	-	3	-	-	3	3	-
1998	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	-	-	53	-	53	-	-	-	-	53	-	-	53	-	-
1998	Sachsen	TSP	-	-	-	-	17	-	17	-	17	-	-	-	-	-	16	17	-
1998	Sachsen	PM2,5	-	-	-	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-
1998	Sachsen	PM10	-	-	-	-	10	-	10	-	10	-	-	-	-	-	10	10	-
1998	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	3	-	3	-	3	-	-	-	-	-	3	3	-
1998	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	1	3	-	3	-	2	-	1	1	1	1	3	3	1
1998	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	2	2	-	2	-	-	-	2	2	-	2	2	-	2
1998	Thüringen	TSP	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
1999	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	1	-	2	-	1	-	-	1	-	-	2	1	-
1999	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-
1999	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	5	-	5	-	5	-	-	5	-	-	5	5	-
1999	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	-	-	48	-	48	-	-	-	-	48	-	-	48	-	-
1999	Sachsen	TSP	-	-	-	-	6	-	6	-	6	-	-	-	-	-	5	6	-
1999	Sachsen	PM2,5	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	-	-	-	4	4	-
1999	Sachsen	PM10	-	-	-	-	14	-	14	-	14	-	-	-	-	-	14	14	-
1999	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	1	2	-	2	-	1	-	1	1	1	1	2	2	1
1999	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	1	3	-	3	-	2	-	1	1	1	1	3	3	1
1999	Schleswig-Holstein	TSP	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4	-	-	4	4	-
1999	Thüringen	TSP	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-

**Fortsetzung Tabelle A-1: Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren**

Jahr	Land	Verfahren	CHR	CHR+ TRI	COR	CPP	DBac ahA	DBah A	DBahP	DBajA	DBalP	DMBa A	FLN	FLU	INP	MBaA	NAP	PER	PHE	PYR
1997	Sachsen-Anhalt	G+P	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2
1997	Thüringen	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1
1998	Baden-Württemberg	TSP	29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-	-	-
1998	Baden-Württemberg	PM10	11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-
1998	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
1998	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1
1998	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	3	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	3
1998	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	53	-	-	53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	Sachsen	TSP	17	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	17	17	-	-	-	-	-
1998	Sachsen	PM2,5	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	-	-
1998	Sachsen	PM10	10	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-
1998	Sachsen-Anhalt	TSP	3	-	3	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1998	Sachsen-Anhalt	PM10	2	1	3	1	1	2	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1
1998	Sachsen-Anhalt	G+P	-	2	2	-	2	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	2	-	2
1998	Thüringen	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1
1999	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1
1999	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	5	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	5
1999	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	48	-	-	48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1999	Sachsen	TSP	6	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	6	6	-	-	-	-	-
1999	Sachsen	PM2,5	4	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-
1999	Sachsen	PM10	14	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	14	14	-	-	-	-	-
1999	Sachsen-Anhalt	TSP	1	1	2	1	1	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1
1999	Sachsen-Anhalt	PM10	2	1	3	1	1	2	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1
1999	Schleswig-Holstein	TSP	4	-	4	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4
1999	Thüringen	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1



**Fortsetzung Tabelle A-1:**      **Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren**

<b>Jahr</b>	<b>Land</b>	<b>Verfahren</b>	<b>ACN</b>	<b>ACNY</b>	<b>ANC</b>	<b>ANT</b>	<b>BaA</b>	<b>BaC</b>	<b>BaP</b>	<b>BbC</b>	<b>BbF</b>	<b>BbFLN</b>	<b>BbjkF</b>	<b>BeP</b>	<b>BghiF</b>	<b>BghiF+BcPh</b>	<b>BghiP</b>	<b>BkF</b>	<b>BNT</b>
2000	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
2000	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
2000	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-
2000	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	3	-	3	-	3	-	-	3	-	-	3	3	-
2000	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	-	-	52	-	52	-	-	-	-	52	-	-	52	-	-
2000	Sachsen	PM10	-	-	-	-	-	-	15	-	15	-	-	15	-	-	-	15	-
2000	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
2000	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	1	1	-	1	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1
2000	Schleswig-Holstein	TSP	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4	-	-	4	4	-
2000	Schleswig-Holstein	PM10	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
2000	Thüringen	TSP	1	1	1	-	1	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-
2001	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	-	-	36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
2001	Brandenburg	TSP	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	1	-
2001	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	6	-	3	-	-	6	-	-	6	3	-
2001	Hessen	G+P	-	-	8	8	8	-	8	-	-	8	8	8	-	8	8	-	8
2001	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	4	-	4	-	4	-	-	4	-	-	4	4	-
2001	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-
2001	Nordrhein-Westfalen	PM10	-	-	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-
2001	Sachsen	PM10	-	-	-	-	-	-	14	-	14	-	-	14	-	-	-	14	-
2001	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1
2001	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1
2001	Schleswig-Holstein	PM10	-	-	-	-	7	-	7	-	7	-	-	7	-	-	7	7	-
2001	Thüringen	PM10	2	2	2	-	2	-	2	-	2	-	-	-	-	-	2	2	-
2002	Sachsen	PM10	-	-	-	-	-	-	13	-	13	-	-	13	-	-	-	13	-
2002	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1
2002	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	1	1	1	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1

**Fortsetzung Tabelle A-1: Anzahl der messenden Stationen für 35 in Deutschland gemessene PAK und PAK-Summen nach Jahren**

<b>Jahr</b>	<b>Land</b>	<b>Verfahren</b>	<b>CHR</b>	<b>CHR+ TRI</b>	<b>COR</b>	<b>CPP</b>	<b>DBac ahA</b>	<b>DBah A</b>	<b>DBahP</b>	<b>DBajA</b>	<b>DBalP</b>	<b>DMBa A</b>	<b>FLN</b>	<b>FLU</b>	<b>INP</b>	<b>MBaA</b>	<b>NAP</b>	<b>PER</b>	<b>PHE</b>	<b>PYR</b>
2000	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2000	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	1
2000	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	3	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3
2000	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	52	-	-	52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	Sachsen	PM10	-	-	15	-	-	15	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-
2000	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1
2000	Sachsen-Anhalt	PM10	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1
2000	Schleswig-Holstein	TSP	4	-	4	-	-	4	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4
2000	Schleswig-Holstein	PM10	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
2000	Thüringen	TSP	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	1	-	1	-	1	1
2001	Baden-Württemberg	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
2001	Brandenburg	TSP	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
2001	Brandenburg	PM10	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	-	-
2001	Hessen	G+P	-	8	8	8	8	-	-	-	-	-	8	8	8	-	-	8	8	8
2001	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4
2001	Nordrhein-Westfalen	TSP	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	Nordrhein-Westfalen	PM10	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2001	Sachsen	PM10	-	-	14	-	-	14	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-
2001	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1
2001	Sachsen-Anhalt	PM10	-	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1
2001	Schleswig-Holstein	PM10	7	-	7	-	-	7	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	7
2001	Thüringen	PM10	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	2	2	-	2	-	2	2
2002	Sachsen	PM10	-	-	13	-	-	13	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-
2002	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1
2002	Sachsen-Anhalt	PM10	-	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	1	1	-	-	1	-	1



**Tabelle A-2: Anzahl Messstationen nach Ländern und Stationskategorien ab 1986**

Jahr	Land	Verfahren	SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT	Summe
1986	Hessen	TSP	3	1	1	1	-	2	1	-	-	9
1987	Hessen	TSP	4	1	1	3	-	3	1	-	-	13
1988	Hessen	TSP	1	-	-	2	-	1	-	-	-	4
1989	Hansestadt Hamburg	TSP	3	1	-	1	-	2	-	-	1	8
1989	Hansestadt Hamburg	GAS	3	1	-	1	-	2	-	-	1	8
1990	Hansestadt Hamburg	TSP	3	1	-	1	-	2	-	-	1	8
1990	Hansestadt Hamburg	GAS	3	1	-	1	-	2	-	-	1	8
1991	Hessen	TSP	1	-	1	-	-	1	-	-	-	3
1991	Hessen	GAS	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1991	Hessen	G+P	1	-	1	-	-	1	-	-	-	3
1991	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1992	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1993	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1993	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
1993	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1994	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
1994	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
1994	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1994	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	-	3	1	-	1	5
1994	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	1	1	-	-	3
1994	Brandenburg	PM10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
1994	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1995	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
1995	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1995	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	1	-	2	-	-	-	3
1995	Sachsen	TSP	-	1	5	-	-	8	2	-	-	16
1995	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
1995	Hessen	TSP	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
1995	Hessen	GAS	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
1995	Hessen	G+P	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
1995	Brandenburg	TSP	2	-	-	-	-	2	1	-	-	5
1995	Brandenburg	PM10	-	-	1	-	-	1	-	-	-	2
1995	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1996	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
1996	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1996	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	1	-	1	-	-	-	2
1996	Sachsen	TSP	-	1	5	-	-	8	2	-	-	16
1996	Baden-Württemberg	TSP	9	3	5	3	-	18	-	-	-	38
1996	Baden-Württemberg	PM10	-	1	1	-	-	-	-	-	-	2
1996	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1996	Brandenburg	TSP	2	-	-	-	-	-	2	-	-	4
1996	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1996	Hessen	TSP	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
1996	Hessen	GAS	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
1996	Hessen	G+P	2	-	-	1	-	2	1	-	-	6
1996	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
1996	Nordrhein-Westfalen	TSP	28	2	6	2	1	2	3	-	-	44
1997	Baden-Württemberg	TSP	9	2	4	3	-	18	-	-	-	36
1997	Baden-Württemberg	PM10	-	1	1	-	-	6	-	-	-	8
1997	Berlin	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1997	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	1	2	-	-	4
1997	Brandenburg	PM10	-	-	1	-	-	9	-	-	-	10
1997	Mecklenburg-Vorpommern	TSP	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
1997	Nordrhein-Westfalen	TSP	30	2	7	2	1	3	3	-	1	49
1997	Sachsen	TSP	-	1	5	-	-	8	2	-	-	16
1997	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1997	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1997	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1



**Fortsetzung Tabelle A-2: Anzahl Messstationen nach Ländern und Stationskategorien ab 1986**

Jahr	Land	Verfahren	SB	SI	ST	UB	UI	UT	RB	RI	RT	Summe
1998	Baden-Württemberg	TSP	8	2	4	3	-	12	-	-	-	29
1998	Baden-Württemberg	PM10	-	2	2	1	-	6	-	-	-	11
1998	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1998	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2
1998	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8
1998	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3
1998	Nordrhein-Westfalen	TSP	33	2	7	3	1	3	3	-	1	53
1998	Sachsen	TSP	-	1	5	-	-	9	2	-	-	17
1998	Sachsen	PM2.5	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2
1998	Sachsen	PM10	-	-	1	-	-	8	1	-	-	10
1998	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	-	-	-	2	-	-	-	3
1998	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	1	3
1998	Sachsen-Anhalt	G+P	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
1998	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
1999	Baden-Württemberg	PM10	3	1	1	-	-	4	1	-	-	10
1999	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	-	1	-	-	2
1999	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	8	-	-	-	8
1999	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	-	3	-	-	2	5
1999	Nordrhein-Westfalen	TSP	29	2	7	2	1	3	3	-	1	48
1999	Sachsen	TSP	-	1	1	-	-	2	2	-	-	6
1999	Sachsen	PM2.5	-	-	-	-	-	3	1	-	-	4
1999	Sachsen	PM10	-	1	2	-	-	8	3	-	-	14
1999	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	-	-	-	-	-	-	1	2
1999	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	1	3
1999	Schleswig-Holstein	TSP	-	-	-	-	-	2	1	1	-	4
1999	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
2000	Baden-Württemberg	PM10	3	1	1	-	-	4	1	-	-	10
2000	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
2000	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2000	Brandenburg	PM10	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4
2000	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3
2000	Nordrhein-Westfalen	TSP	29	2	7	2	5	3	3	-	1	52
2000	Sachsen	PM10	-	1	2	-	-	8	4	-	-	15
2000	Sachsen-Anhalt	TSP	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
2000	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
2000	Schleswig-Holstein	TSP	-	-	-	-	-	2	1	1	-	4
2000	Schleswig-Holstein	PM10	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
2000	Thüringen	TSP	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
2001	Baden-Württemberg	PM10	9	2	6	2	-	14	1	-	2	36
2001	Berlin	PM10	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
2001	Brandenburg	TSP	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
2001	Brandenburg	PM10	-	-	-	2	-	4	-	-	-	6
2001	Hessen	G+P	-	-	-	-	-	7	1	-	-	8
2001	Mecklenburg-Vorpommern	PM10	1	-	-	-	-	3	-	-	-	4
2001	Nordrhein-Westfalen	TSP	3	1	1	1	5	1	1	-	-	13
2001	Nordrhein-Westfalen	PM10	7	-	2	-	-	3	-	-	-	12
2001	Sachsen	PM10	-	-	2	1	-	8	3	-	-	14
2001	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
2001	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
2001	Schleswig-Holstein	PM10	-	-	-	-	-	5	1	1	-	7
2001	Thüringen	PM10	-	-	-	-	-	1	1	-	-	2
2002	Sachsen	PM10	-	-	2	-	-	8	3	-	-	13
2002	Sachsen-Anhalt	TSP	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
2002	Sachsen-Anhalt	PM10	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1



## Anhang B: Daten der PAK-Messstationen (alle Fraktionen)

**Tabelle B-1: Stationsdaten der PAK-Messstellen (alle Fraktionen)**

Code	Stationsname	PLZ	Ort	Straße	Haus-Nr	Höhe ü NN	Rechts-wert	Hoch-wert	Gebiets-TYP1	Gebiets-TYP2	Stations-TYP1	Stations-TYP2
DEBB004	Cottbus-LUA	03044	Cottbus	Am Nordrand	45	68	4660700	5740700	S		B	
DEBB008	Finsterwalde	03238	Finsterwalde	Bahnhofstr.		110	4618500	5723800	U		T	
DEBB018	Oranienburg	16515	Oranienburg	Bernauer Str.	59	35	4584300	5847800	U		T	
DEBB020	Potsdam-Hermannswerder	14473	Potsdam	Tornowstr.	38	32	4570800	5806400	R	NC	B	
DEBB021	Potsdam-Zentrum	14467	Potsdam	Hebbelstr.	1	31	4572500	5808100	U		T	
DEBB044	Cottbus, Bahnhofstr.	03046	Cottbus	Bahnhofstr.	55	70	4660800	5738300	U		T	I
DEBB045	Frankfurt (Oder), Leipziger Str.	15232	Frankfurt	Leipziger Str.	20	45	4673140	5803500	U		T	
DEBB046	Potsdam, Hans-Thoma-Str.	14467	Potsdam	Hans-Thoma-Str.	3	32	4572800	5808300	U		T	
DEBB047	Potsdam, Zeppelinstr. (alt)	14471	Potsdam	Zeppelinstr.	151/152	31	4570500	5807200	U		T	
DEBB049	Brandenburg, Neuendorfer Str.	14770	Brandenburg	Neuendorfer Str.		33	4537400	5808600	U		T	
DEBB057	Schwedt/Oder	16303	Schwedt/Oder	F-Krumbach-Str.	15	5	4653500	5884000	U		B	
DEBB058	Frankfurt (Oder)-LUA	15236	Frankfurt (Oder)	Müllroser Chaussee	50	86	4671400	5802000	U		B	
DEBB059	Nauen	14641	Nauen	Berliner Str.	3	32	4559400	5830600	U		T	
DEBB904	Spremberg CM5	03130	Spremberg	Karl-Marx-Str.	80	100	4664700	5717200	S		B	
DEBB911	Gielsdorf	15345	Gielsdorf	Dorfstr.	51a		4626300	5832500	R	REG	B	
DEBB912	Michendorf	14552	Michendorf	Potsdamer Str.			4570000	5798000	S		T	
DEBB913	Potsdam	14480	Potsdam	Sternstr.			4577000	5804000	U		T	
DEBB914	Wustermark/Verkehr	14641	Wustermark	Berliner Str.	9		4565000	5824000	S		T	
DEBE010	B Wedding-Amrumer Str.	13353	Berlin	Amrumer Str./Limburger Str.		35	4591630	5824150	U		T	
DEBE014	B Charlottenburg-Stadtautobahn	14059	Berlin	Lerschpfad (Stadtautobahn)	17	50	4587140	5821250	U		T	
DEBE034	B Neukölln-Nansenstraße	12047	Berlin	Nansenstr.	10	35	4597510	5818180	U		T	
DEBE065	B Friedrichshain-Frankfurter Allee	12047	Berlin	Frankfurter Allee	86b	40	4599851	5821035	U		T	
DEBW001	Karlsruhe-Mitte	76131	Karlsruhe	Durlachertor/Kinderklinik		115	3457500	5430520	U		T	
DEBW002	Karlsruhe-West	76185	Karlsruhe	Vogesenstr./Karl-Metz-Brücke		115	3452800	5430400	S		T	
DEBW005	Mannheim-Nord	68305	Mannheim	Gew Steinweg		95	3461425	5489825	S		I	
DEBW006	Mannheim-Mitte	68165	Mannheim	Reichskanzler-/Müllerstr		95	3462250	5482225	U		T	
DEBW007	Mannheim-Süd	68219	Mannheim	Mutterstädter Platz		95	3465660	5477375	S		B	
DEBW008	Weinheim	69469	Weinheim	Händlerstraße		101	3475175	5490775	U		B	

**Fortsetzung Tabelle B-1: Stationsdaten der PAK-Messstellen (alle Fraktionen)**

Code	Stationsname	PLZ	Ort	Straße	Haus-Nr	Höhe ü NN	Rechts-wert	Hoch-wert	Gebiets-TYP1	Gebiets-TYP2	Stations-TYP1	Stations-TYP2
DEBW009	Heidelberg	69120	Heidelberg	Ecke Berliner-/Blumenthalstr		110	3476625	5475900	U		T	
DEBW010	Wiesloch	69168	Wiesloch	In der Hessel		160	3478250	5462670	S		B	
DEBW011	Stuttgart-Zuffenhausen	70435	Stuttgart	Ludwigsburger-/Frankenstr		260	3512740	5409800	U		T	
DEBW012	Stuttgart-Mitte	70174	Stuttgart	Hegel-/Lerchenstr		260	3512190	5404275	U		T	
DEBW013	Stuttgart Bad Cannstatt	70374	Stuttgart	Gnesenerstr-/Seuberstr		235	3516950	5407950	S		T	
DEBW014	Stuttgart-Hafen	70327	Stuttgart	Am Mittelkai		235	3519600	5401670	S		T	
DEBW015	Heilbronn	74076	Heilbronn	Hans-Rießer-Straße	2109	152	3516475	5447615	U		T	I
DEBW016	Neckarsulm	74172	Neckarsulm	Hetzenbergstraße	238/9	160	3516675	5451350	S		I	T
DEBW020	Rastatt	76437	Rastatt	Grenzstraße		117	3443175	5413010	S		B	
DEBW021	Kehl-Süd	77694	Kehl	Vogesenallee/Einsteingymnasium		137	3413500	5381150	S		B	
DEBW022	Kehl-Hafen	77694	Kehl	Rheindamm/Yachthafen		135	3411700	5382825	S		B	
DEBW023	Weil am Rhein	79576	Weil am Rhein	Zwölfthauen	3	275	3397275	5273100	S		B	
DEBW024	Ludwigsburg	71636	Ludwigsburg	Weimar-/Schweizerstr		300	3512750	5418000	S		B	
DEBW025	Esslingen	73730	Esslingen	Fritz-Müller-Str.		240	3524650	5398925	U		T	
DEBW026	Plochingen	73207	Plochingen	Deizisauerstr		250	3530600	5396850	S		T	
DEBW027	Reutlingen	72770	Reutlingen	Ebertstraße/ Gelände "Pomologie"		385	3515400	5372370	U		T	
DEBW031	Schwarzwald Süd	79244	Münstertal	Nähe Kälbelescheuer/Kl. Kaibenkopf		920	3407525	5297430	R		B	
DEBW032	Pforzheim-Mitte	75175	Pforzheim	Deimlingstraße/Parkhaus (obere Park-E)		250	3478450	5417060	U		T	
DEBW033	Pforzheim-West	75179	Pforzheim	Dietlinger-/Wildbaderstr		260	3475550	5416900	U		T	
DEBW034	Waiblingen	71332	Waiblingen	Steinbeisstraße/Berufsschulzentrum		275	3522175	5410600	S		B	
DEBW035	Böblingen	71032	Boeblingen	Galgenbergstraße	11-15	445	3501100	5394840	S		B	
DEBW036	Tübingen	72076	Tübingen	Silcherstraße/Alter Bot. Garten		330	3504400	5376300	U		T	
DEBW041	Rheinfelden	79713	Rheinfelden	Hardtstraße/Jahn-Stadion		285	3408950	5270125	U	S	B	
DEBW042	Bernhausen	70794	Bernhausen	Heubergstr./Nürtinger Str.		370	3516835	5393425	S		T	
DEBW080	Karlsruhe-Straße	75185	Karlsruhe	Reinhold-Frank-Straße	27	115	3455220	5430250	U		T	
DEBW081	Karlsruhe-Nordwest	76185	Karlsruhe	Daimlerstraße	17	113	3452950	5432580	S		I	
DEBW083	Freiburg-Nord	79098	Freiburg	Karlstr./Bernhardstr.		260	3414625	5318590	U		T	
DEBW084	Freiburg-Mitte	79106	Freiburg	Fehrenbachallee	11	240	3412900	5318815	U		B	
DEBW096	Ulm-Straße	89077	Ulm	Zinglerstraße Martin-Luther-Kirche		490	3572655	5362150	U		T	
DEBW097	Freiburg-Straße	79098	Freiburg	Friedrichsring Siegesdenkmal		260	3414460	5318435	U		T	



**Fortsetzung Tabelle B-1: Stationsdaten der PAK-Messstellen (alle Fraktionen)**

Code	Stationsname	PLZ	Ort	Straße	Haus-Nr	Höhe ü NN	Rechts-wert	Hoch-wert	Gebiets-TYP1	Gebiets-TYP2	Stations-TYP1	Stations-TYP2
DEBW098	Mannheim-Straße	68165	Mannheim	Friedrichsring	U2	95	3461750	5484100	U		T	
DEBW099	Stuttgart-Mitte-Straße	70174	Stuttgart	Arnulf-Klett-Platz		245	3513250	5405160	U		T	
DEBW100	Stuttgart-Vaihingen-Straße	70563	Stuttgart	Möhringer Landstraße		410	3508410	5399175	U		T	
DEBW104	Holzhausen BAB	79232	March	Bundesautobahn Neufeld		200	3411425	5326235	R		T	
DEBW105	Kenzingen BAB	79341	Kenzingen	Bundesautobahn Nonnenhölzle		174	3406900	5340285	R		T	
DEBW106	Leonberg-BAB	71229	Leonberg	Südstrandstraße		365	3501050	5405275	S		T	
DEHE901	Kleiner Feldberg	61389	Schmitten	Kl.-Feldberg(Taunusobservatorium)		825	3460630	5565250	R	NC	B	
DEHE902	Wiesbaden/Klarenthal	65197	Klarenthal	Am Kloster, Gartenbauschule		83	3442600	5551400	S		B	
DEHE903	Mühlheim	63165	Mühlheim	Tilsiter Str. (Bereitschaftspolizei)		102	3487300	5553750	S		B	
DEHE904	Wiesbaden/Schierstein	65201	Schierstein	Stielstraße/ Schönastr. (Gelände Fernmel-deamt)		100	3442620	5546370	U		T	
DEHE905	Frankfurt-Griesheim I	65933	Ffm.-Griesheim	Eichenstraße (auf dem Sportplatz)		95	3471580	5550600	S		B	I
DEHE906	Frankfurt-Griesheim II	65933	Ffm.-Griesheim	Eichenstraße (auf dem Sportplatz)		95	3471360	5551150	S		B	I
DEHE907	Frankfurt-Höchst	65929	Frankfurt	Unterliederbach (Friedhofsgelände)		100	3467500	5553320	S		T	I
DEHE908	Frankfurt-Mitte I	60311	Frankfurt	Historisches Museum (Flachdach)		120	3477500	5552700	U		B	
DEHE909	Frankfurt-Sindlingen	65931	Ffm.-Sindl.	Küferstraße (Fa. Schuf)		96	3465080	5541500	S		B	
DEHE910	Hanau	63450	Hanau	Am Freiheitsplatz (Stadtw. Hanau)		110	3494800	5555050	U		T	I
DEHE911	Offenbach	63065	Offenbach	Groß-Hasenbach-Str.(Altenheim)		105	3483900	5551000	U		T	
DEHE912	Raunheim	65479	Raunheim	Forsthausstr.(Bauhof)		91	3461750	5541500	S		I	B
DEHE913	Mainz-Kastel	65203	Mainz-Kastel	Biebricher Straße (Klärwerk)		106	3447340	5543325	U		B	I
DEHE914	Wiesbaden-Mitte	65183	Wiesbaden	Schloßplatz(auf Landtagsgebäude)		108	3445850	5549920	U		B	
DEHE915	Kassel-Bettenhausen	34123	Kassel	Sandershäuser Str.(Fa. Mercedes)		160	3537237	5686723	S		T	I
DEHE916	Kassel-Mitte	34117	Kassel	Wolfhager Str.(neben Messstation)		160	3534847	5687515	U		T	
DEHE917	Kassel-Süd	34132	Kassel	Oberzwehrener Str.(Lehr- und Versuchs-anstalt für Gartenbau)		152	3531600	5682900	S		B	
DEHE918	Frankfurt-Höhenstraße	60385	Frankfurt	Höhenstraße (vor Haus Nr.36)	36	102	3478750	5554150	U		T	
DEHE919	Darmstadt-Hügelstraße	64283	Darmstadt	Hügelstraße (neben Messstation)		140	3475200	5525900	U		T	
DEHE920	Frankfurt-Bleichstraße	60313	Frankfurt	Bleichstraße	11	140	3477630	5553600	U		T	
DEHE921	Kassel- Fünffensterstr.	34117	Kassel	Fünffensterstr. (nähe Messstation)		167	3534300	5686500	U		T	
DEHE922	Wetzlar	35576	Wetzlar	Karl-Kellner-Ring	43	154	3464470	5602645	U		T	I
DEHE923	Wiesbaden-Bleichstr.	65183	Wiesbaden	Bleichstraße	37	120	3445030	5549665	U		T	

**Fortsetzung Tabelle B-1: Stationsdaten der PAK-Messstellen (alle Fraktionen)**

Code	Stationsname	PLZ	Ort	Straße	Haus-Nr	Höhe ü NN	Rechts-wert	Hoch-wert	Gebiets-TYP1	Gebiets-TYP2	Stations-TYP1	Stations-TYP2
DEHE924	Wiesbaden-Ringkirche	65185	Wiesbaden	Rheinstraße (neben Messstation)		120	3445000	5549300	U		T	
DEHE925	Frankfurt-Mitte II	60311	Frankfurt	Technisches Rathaus (Flachdach)		120	3477500	5552700	U		B	
DEHH004	HH Wandsbek-Gartenstadt	22047	Hamburg	Rauschener Ring	12a-c	12	3571700	5941300	S		B	
DEHH007	HH Bahrenfeld	22605	Hamburg	Baurstr.		22	3559700	5937000	S		B	
DEHH008	HH Sternschanze	20357	Hamburg	Dänenweg		15	3564200	5937400	U		B	
DEHH009	HH Lübecker Straße	22087	Hamburg	Lübecker Str.	54	14	3568200	5936900	U		T	
DEHH013	HH Waltershof	21129	Hamburg	Antwerpenstraße		6	3559800	5933300	S		I	
DEHH026	HH Stresemannstraße (Straße)	22769	Hamburg	Stresemannstraße	95	20	3563500	5937000	U		T	
DEHH046	HH Flughafen Nordost	22415	Hamburg	Verlängerung Start- und Landebahn 1		15	3566875	5946020	R	NC	T	
DEHH057	HH Marckmannstr.	20539	Hamburg	Marckmannstr.	129 b	42	3569585	5934195	S		B	
DEMV001	Selmsdorf	23923	Selmsdorf	Ihlenberg	4	63	4427852	5971348	R	REG	T	
DEMV002	Rostock	18057	Rostock	Holbeinplatz		10	4506627	5995745	U		T	
DEMV003	Neubrandenburg	17033	Neubrandenburg	Am Pferdemarkt		15	4584091	5937313	U		T	
DEMV004	Gülzow	18276	Gülzow	Boldebucker Weg	3	17	4504435	5965180	R	REG	T	
DEMV005	Schwerin	19023	Schwerin	Bürgermeister-Bade-Platz		42	4461042	5945414	U		T	
DEMV006	Stralsund	18437	Stralsund	Carl-Heydemann-Ring		15	4569693	6020292	U		T	
DEMV012	Löcknitz	17322	Mewegen	Holzenberg		21	5450942	5932365	R	REM	B	
DEMV018	Zarrentin	19246	Zarrentin	Wittenburger Chaussee	13	41	4429084	5935309	S		B	
DENW001	Werne-Evenkamp	59368	Werne	Grote-Dahl-Weg (Parkplatz Sportzentrum)		64	3406900	5726800	S		T	
DENW002	Datteln-Hagem	45711	Datteln	Mozartstraße (Grünfläche Schulgelände)		80	2592200	5724000	S		B	
DENW004	Castrop-Rauxel-Ickern	44581	Castrop-Rauxel	Uferstraße (neben Sportplatz)		60	2593500	5718500	S		B	
DENW006	Lünen-Niederaden	44532	Lünen	Kreisstraße (Schule)		58	3401000	5718500	S		B	
DENW008	Dortmund-Eving	44145	Dortmund	Burgweg		75	2601200	5712400	S		B	
DENW010	Unna-Königsborn	59425	Unna	Palaiseaustraße (Schulzentrum)		72	3409400	5713300	S		B	I
DENW011	Dortmund-Hörde	44263	Dortmund	Seekante (Rand Parkgelände)		110	2604200	5707600	S		T	
DENW012	Witten-Annen	58455	Witten	Westfalenstraße (am Sportplatz)		105	2594500	5702000	S		T	
DENW013	Schwerte	58239	Schwerte	Schützenstraße (Grünfläche vor Rathaus II)		157	3401500	5702400	S		B	
DENW015	Marl-Sickingmühle	45772	Marl	Alte Straße (vor der Schule)		42	2577700	5730000	S		B	
DENW018	Herten-Langenbochum	45699	Herten	Paschenbergstraße/Ecke Ebberlicher Weg		102	2578200	5718900	S		I	
DENW021	Bottrop-Welheim	46238	Bottrop	Welheimer Straße (an der Schule)		40	2567800	5710600	S		I	

**Fortsetzung Tabelle B-1: Stationsdaten der PAK-Messstellen (alle Fraktionen)**

Code	Stationsname	PLZ	Ort	Straße	Haus-Nr	Höhe ü NN	Rechts-wert	Hoch-wert	Gebiets-TYP1	Gebiets-TYP2	Stations-TYP1	Stations-TYP2
DENW022	Gelsenkirchen-Bismarck	45889	Gelsenkirchen	Trinenkamp (Parkplatz am Sportplatz)		40	2576600	5711600	S		B	
DENW023	Herne-Süd	44625	Herne	Ingeborgstraße		70	2585000	5711100	S		B	I
DENW024	Essen-Vogelheim	45356	Essen	Ecke Hafenstraße/Wildstr.		47	2568200	5707400	S		B	
DENW028	Essen-Schuir (LUA)	45133	Essen	Wallneyer Str. (Gelände des LUA)	6	153	2567300	5697300	S		B	
DENW029	Hattingen-Blankenstein	45527	Hattingen	An der Becke (Gewerbegebiet Zum Ludwigstal)		93	2584100	5697300	S		T	
DENW030	Wesel-Feldmark	46485	Wesel	Mercatorstraße		25	2543600	5726600	S		B	
DENW034	Duisburg-Walsum	47179	Duisburg	Sonnenstraße		28	2552000	5710200	S		B	
DENW036	Moers-Meerbeck	47443	Moers	Fuldastraße (in der Grünanlage)		28	2545100	5703000	S		B	
DENW037	Duisburg-Meiderich	47138	Duisburg	Westender Straße (Parkplatz Sportanlage)		30	2554700	5703700	S		T	
DENW038	Mülheim-Styrum	45476	Mülheim	Neustadtstraße (am Sportplatz)		37	2560200	5702500	S		B	
DENW039	Duisburg-Kaldenhausen	47239	Duisburg	Darwinstraße		30	2545500	5695100	S		B	I
DENW040	Duisburg-Buchholz	47249	Duisburg	Böhrmerstraße (an der Schule)		30	2553200	5694800	S		B	
DENW042	Krefeld-Linn	47809	Krefeld	Hammerstraße (gegenüber Haus 52)		32	2544700	5689500	S		B	
DENW043	Essen-Ost Steeler Str.	45138	Essen	Steeler Str. / Ecke Markgrafenstraße		100	2571700	5702300	U		T	
DENW045	Ratingen	40878	Ratingen	Mettmanner Straße (Schwarzenbach)		62	2559900	5684500	S		B	
DENW047	Neuss	41464	Neuss	Jean-Pullen-Weg (Volker-Sportanlage)		40	2548500	5672200	S		T	
DENW048	Düsseldorf-Reisholz	40599	Düsseldorf	Further Straße (am Ende des Parkplatzes)		40	2560000	5673000	S		B	
DENW050	Dormagen-Horrem	41540	Dormagen	Weiler Straße		44	2556300	5663500	S		B	
DENW051	Langenfeld-Reusrath	40764	Langenfeld	Virneburgstr.		65	2568400	5662300	R	NC	B	
DENW053	Köln-Chorweiler	50765	Köln	Fühlinger Weg		45	2562100	5654200	S		B	
DENW054	Leverkusen	51373	Leverkusen	Elsa-Brandström-Str./Fridjof Nansen Straße		45	2570600	5656400	S		B	
DENW058	Hürth	50354	Hürth	Dunant-Straße (gegenüber dem Sportplatz)		90	2561500	5638200	S		B	
DENW059	Köln-Rodenkirchen	50996	Köln	Friedrich-Ebert-Straße (Baumschule)		45	2569300	5639800	S		B	
DENW060	Wesseling	50389	Wesseling	Hubertusstraße (neben dem Friedhofseingang)		58	2568200	5632800	S		T	I
DENW062	Bonn-Auerberg	53117	Bonn	An der Josefhöhe (neben P2 Sportplatz)		57	2576500	5624800	S		B	
DENW064	Eifel (Simmerath)	52152	Simmerath	An der B399 ca. 6km von Lammersdorf		572	2519900	5613100	R	REG	B	
DENW066	Nettetal-Kaldenkirchen	41334	Nettetal	Juiserfeldstraße		49	2513700	5688000	R	NC	T	
DENW067	Bielefeld-Ost	33607	Bielefeld	Herman-Delius-Straße / Ecke Bleichstraße		102	3469100	5765600	S		B	
DENW068	Soest-Ost	59494	Soest	Enkeser Weg		110	3441100	5715500	R	NC	B	

**Fortsetzung Tabelle B-1: Stationsdaten der PAK-Messstellen (alle Fraktionen)**

Code	Stationsname	PLZ	Ort	Straße	Haus-Nr	Höhe ü NN	Rechts-wert	Hoch-wert	Gebiets-TYP1	Gebiets-TYP2	Stations-TYP1	Stations-TYP2
DENW071	Düsseldorf-Lörick	40547	Düsseldorf	Lütticherstraße (an der Bushaltestelle)		32	2551200	5679600	S		B	
DENW072	Düsseldorf Mörsenbroich	40239	Düsseldorf	Heinrichstr. / Ecke Münsterstr.		38	2556000	5679800	U		T	
DENW073	Borken	46325	Borken	Bahnhofstraße (Parkplatz am Bahnhof)		42	2559500	5746500	U		B	
DENW077	Hagen Emilienplatz	58097	Hagen	Emilienplatz		145	2602880	5692880	U		T	
DENW078	Ratingen-Tiefenbroich	40880	Ratingen	Daniel-Goldbach-Str.		41	2557200	5685800	S		B	
DENW079	Leverkusen-Manfort	51373	Leverkusen	Manforter Str.		50	2570550	5655340	U		B	
DENW080	Solingen-Wald	42719	Solingen	Dültgenstaler Str.		207	2573700	5672600	S		B	
DENW081	Borken-Gemen	46325	Borken	Pumpenwerk, Landwehrstr.		45	2560300	5747900	S		B	
DENW097	Wuppertal Fr.-E.-Allee	42283	Wuppertal	Friedrich-Engels-Allee	309	155	2582700	5681800	U		T	
DENW098	Münster Friesenring	48147	Münster	Friesenring/Ecke Jahnstr.		60	3405100	5761000	U		T	
DENW105	Duisburg-Ehingen	47259	Duisburg	Hirtengeweg, neben dem Bootshaus		41	2548800	5692900	U		I	
DENW106	Duisburg-Hüttenheim	47259	Duisburg	Mannesmannstr (Thyssen Tor 60)		30	2550200	5692500	U		I	
DENW113	Castrop/Rauxel	44579	Castrop/Rauxel	Wartburgstr.		58	2590390	5717060	U		I	
DENW901	Datteln-Bahnhof	45711	Datteln	Bahnhof		39	2591400	5721800	U		B	
DENW902	Stolberg/Schule	52223	Stolberg	Walter-Dobbelmann-Str.		185	2515900	5626100	S		B	
DENW903	Stolberg/Sender	52222	Stolberg	Höhenstr.		284	2517300	5627100	S		B	
DENW904	Stolberg/Prym	52223	Stolberg	Finkensiefstr.		260	2516500	5624900	U		I	T
DENW905	Duisburg-Bruckhausen	47169	Duisburg-Bruckhausen	Kaiser-Wilhelm-Str.		28	2551100	5705900	U		I	T
DENW907	Dortmund Kokerei	44328	Dortmund	Rüschelbrinkstr. (Krupp-Thyssen Gelände)		85	2606440	5712990	U		I	
DESH008	Bornhöved	24619	Bornhöved	Am Belauer See		45	3581200	5996500	R	REG	B	
DESH010	Lübeck-Lindenplatz Verk.	23554	Lübeck	Lindenplatz		10	4412800	5971450	U		T	
DESH011	Brunsbüttel	25572	Brunsbüttel	Holstendamm		1	3514800	5975275	R	NC	I	T
DESH019	Kiel-Westring Verk.	24116	Kiel	Westring	265	25	3572550	6022250	U		T	
DESH022	Flensburg	24937	Flensburg	Dr. Todsen Str.	1	15	3528290	6073198	U		T	
DESH901	Kiel, Gutenbergstr.	24118	Kiel	Gutenbergstr		25	3573750	6023575	U		T	
DESH902	Neumünster	24534	Neumünster	Bahnhofstr.		25	3564376	5954160	U		T	
DESN002	Aue	08280	Aue	Bahnhofstr./Schulbrücke		348	4549840	5606020	U		T	
DESN004	Bautzen	02625	Bautzen	Stieberstr./Goethestr.		203	4670970	5674020	S		T	
DESN005	Böhlen	04564	Böhlen	Karl-Marx-Str.	5	130	4527000	5674000	S		I	
DESN006	Borna	04552	Borna	Sachsenallee	45	145	4534700	5665730	U		T	





**Fortsetzung Tabelle B-1: Stationsdaten der PAK-Messstellen (alle Fraktionen)**

Code	Stationsname	PLZ	Ort	Straße	Haus-Nr	Höhe ü NN	Rechts-wert	Hoch-wert	Gebiets-TYP1	Gebiets-TYP2	Stations-TYP1	Stations-TYP2
DESN011	Chemnitz-Mitte	09111	Chemnitz	Lohstr.		300	4564720	5633430	U		B	
DESN014	Dresden-Mitte	01067	Dresden	Postplatz		112	4621400	5658770	U		T	
DESN017	Freiberg	09599	Freiberg	Wasserturmstr./Kleine Hornstr.		393	4594810	5643190	U		T	I
DESN019	Glauchau	08371	Glauchau	Platz der Einheit		233	4538310	5632420	S		T	I
DESN020	Görlitz	02828	Görlitz	Zeppelinstr.	10	210	4708120	5673220	S		T	
DESN025	Leipzig-Mitte	04109	Leipzig	Willy-Brandt-Platz/Am Hallischen Tor		110	4526350	5689990	U		T	I
DESN034	Olbernhau	09526	Olbernhau	Gerbergasse		448	4594660	5614850	U		T	
DESN045	Zittau-Ost	02763	Zittau	Brückenstr.	12	230	4698700	5643450	S		T	I
DESN047	Zwickau	08056	Zwickau	Dr.-Friedrichs-Ring	16	265	4534930	5620590	U		T	I
DESN051	Radebeul-Wahnsdorf	01445	Radebeul	Altwahnsdorf	12	246	4617350	5666310	R	NC	B	
DESN052	Zinnwald	01773	Zinnwald	Hochmoorweg	7	877	4623740	5623320	R	REG	B	
DESN059	Leipzig-West	04207	Leipzig	Nikolai-Rumjanzew-Str.	100	115	4523000	5688000	S		T	
DESN060	Chemnitz-Nord	09113	Chemnitz	Wilhelm-Külz-Platz/Str. der Nationen		296	4565650	5634970	U		T	
DESN061	Dresden-Nord	01097	Dresden	Schlesischer Platz		112	4622170	5660320	U		T	
DESN074	Schwartenberg	09544	Neuhausen	Am Schwartenberg	10	787	4603680	5614710	R	REG	B	
DESN076	Collmberg	04758	Collm	Collmberg		313	4570510	5685900	R	REG	B	
DEST023	Halle/Zentrum-Nord	06114	Halle	Burgstraße		80	4497120	5706550	U		T	
DEST050	Halle/Nord	06114	Halle/Saale	Schleiermacherstraße		120	4498660	5706860	S		I	
DEST073	Dessau/Verkehr	06842	Dessau	Museumskreuzung		60	4516780	5744130	U		T	
DEST076	Magdeburg/Verkehr	39108	Magdeburg	Damaschkeplatz		50	4474350	5777660	U		T	
DEST080	Schkopau	06258	Schkopau	Ludwig-Uhland-Straße		100	4498880	5694680	S		I	
DEST090	Leuna	06237	Leuna	Kreypauer Straße		100	4502330	5687420	S		I	
DEST923	Halle/Zentrum-Nord;straßennah	06114	Halle	Burgstraße		100	4497130	5706580	U		T	
DEST901	Nehlitze	06193	Nehlitze	Rotes Haus 1c; 230 m von Autobahn		100	4496897	5715259	R	NC	T	
DEST902	Zöberitz	06188	Zöberitz	Grundstück FWBW; 100 m von Autobahn		100	4502831	5708549	R	NC	T	
DEST903	Halle;Frankesche Stiftungen	06110	Halle	Frankeplatz 1, Haus 50		85	4498150	5704700	U		T	
DEST904	Hettstedt	06333	Hettstedt	Berggrenzstr.	81	160	4466300	5721700	U		B	
DEST905	Halle/Ammendorf	06132	Halle/Ammendorf	Merseburger Straße	371	100	4499020	5700116	S		T	
DETH020	Erfurt Krämpferstr.		Erfurt	Krämpferstr.	25	190	4432530	5649800	U		T	
DETH901	Hetschburg	99438	Hetschburg			190	4450928	5652355	R		B	







## Anhang C: Umstellungstermine von TSP auf PM<sub>10</sub>

**Tabelle C-1: Alle Stationen mit dem Zeitpunkt der Umstellung auf PM<sub>10</sub> (Stand: 2001)**

Land	UBA Code	Stationsname	Ort	Kategorie	PM <sub>10</sub> ab:
Baden-	DEBW001	Karlsruhe-Mitte	Karlsruhe	UT	
Württemberg	DEBW002	Karlsruhe-West	Karlsruhe	ST	April 99
	DEBW005	Mannheim-Nord	Mannheim	SI	Mai 98
	DEBW006	Mannheim-Mitte	Mannheim	UT	
	DEBW007	Mannheim-Süd	Mannheim	SB	
	DEBW008	Weinheim	Weinheim	UB	Oktober 98
	DEBW009	Heidelberg	Heidelberg	UT	
	DEBW010	Wiesloch	Wiesloch	SB	
	DEBW011	Stuttgart-Zuffenhausen	Stuttgart	UT	
	DEBW012	Stuttgart-Mitte	Stuttgart	UT	
	DEBW013	Stuttgart Bad Cannstatt	Stuttgart	ST	Mai 98
	DEBW014	Stuttgart-Hafen	Stuttgart	ST	November 96
	DEBW015	Heilbronn	Heilbronn	UT	April 99
	DEBW016	Neckarsulm	Neckarsulm	SI	
	DEBW020	Rastatt	Rastatt	SB	
	DEBW021	Kehl-Süd	Kehl	SB	
	DEBW022	Kehl-Hafen	Kehl	SB	April 99
	DEBW023	Weil am Rhein	Weil am Rhein	SB	
	DEBW024	Ludwigsburg	Ludwigsburg	SB	April 99
	DEBW025	Esslingen	Esslingen	UT	
	DEBW026	Plochingen	Plochingen	ST	
	DEBW027	Reutlingen	Reutlingen	UT	
	DEBW032	Pforzheim-Mitte	Pforzheim	UT	
	DEBW033	Pforzheim-West	Pforzheim	UT	
	DEBW034	Waiblingen	Waiblingen	SB	April 99
	DEBW035	Böblingen	Boeblingen	SB	
	DEBW036	Tübingen	Tübingen	UT	
	DEBW041	Rheinfelden	Rheinfelden	UB	
	DEBW042	Bernhausen	Bernhausen	ST	
	DEBW080	Karlsruhe-Straße	Karlsruhe	UT	Oktober 97
	DEBW081	Karlsruhe-Nordwest	Karlsruhe	SI	November 96
	DEBW083	Freiburg-Nord	Freiburg	UT	
	DEBW084	Freiburg-Mitte	Freiburg	UB	
	DEBW096	Ulm-Straße	Ulm	UT	November 97
	DEBW097	Freiburg-Straße	Freiburg	UT	Oktober 97
	DEBW098	Mannheim-Straße	Mannheim	UT	Oktober 97
	DEBW099	Stuttgart-Mitte-Straße	Stuttgart	UT	September 97
	DEBW100	Stuttgart-Vaihingen-Straße	Stuttgart	UT	Oktober 97
Berlin	DEBE014	B Charlottenburg-Stadtautobahn	Berlin	UT	Januar 98
	DEBE034	B Neukölln-Nansenstraße	Berlin	UT	Januar 98
	DEBE065	BFriedrichshain-Frankfurter A.	Berlin	UT	Juli 00
Brandenburg	DEBB004	Cottbus-LUA	Cottbus	SB	
	DEBB008	Finsterwalde	Finsterwalde	UT	Januar 97
	DEBB018	Oranienburg	Oranienburg	UT	Januar 97
	DEBB020	Potsdam-Hermannswerder	Potsdam	RB	
	DEBB021	Potsdam-Zentrum	Potsdam	UT	März 95
	DEBB044	Cottbus, Bahnhofstr.	Cottbus	UT	Januar 96

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

**Fortsetzung Tabelle C-1: Stationen mit dem Zeitpunkt der Umstellung auf PM<sub>10</sub>**

Land	UBA Code	Stationsname	Ort	Kategorie	PM <sub>10</sub> ab:
Fortsetzung:	DEBB045	Frankfurt (Oder), Leipziger Str.	Frankfurt	UT	Juli 96
Brandenburg	DEBB046	Potsdam, Hans-Thoma-Str.	Potsdam	UT	Januar 97
	DEBB047	Potsdam, Zeppelinstr. (alt)	Potsdam	UT	Januar 97
	DEBB049	Brandenburg, Neuendorfer Str.	Brandenburg	UT	Mai 98
	DEBB059	Nauen	Nauen	UT	März 97
	DEBB904	Spremberg_CM5	Spremberg	SB	
	DEBB911	Gielsdorf	Gielsdorf	RB	
	DEBB912	Michendorf	Michendorf	ST	Januar 97
	DEBB913	Potsdam	Potsdam	UT	März 97
	DEBB914	Wustermark/Verkehr	Wustermark	ST	Januar 95
Hessen	DEHE901	Kleiner Feldberg	Schmitten	RB	
	DEHE906	Frankfurt-Griesheim II	Ffm.-Griesheim	SB	
	DEHE909	Frankfurt-Sindlingen	Ffm.-Sindl.	SB	
	DEHE910	Hanau	Hanau	UT	
	DEHE918	Frankfurt-Höhenstraße	Frankfurt	UT	
	DEHE925	Frankfurt-Mitte II	Frankfurt	UB	
Mecklenburg- Vorpommern	DEMV001	Selmsdorf	Selmsdorf	RT	Januar 99
	DEMV002	Rostock	Rostock	UT	Januar 98
	DEMV003	Neubrandenburg	Neubrandenburg	UT	
	DEMV004	Gülzow	Gülzow	RT	März 99
	DEMV005	Schwerin	Schwerin	UT	Januar 98
	DEMV006	Stralsund	Stralsund	UT	Januar 98
Nordrhein- Westfalen	DENW001	Werne-Evenkamp	Werne	ST	
	DENW002	Datteln-Hagem	Datteln	SB	
	DENW004	Castrop-Rauxel-Ickern	Castrop-Rauxel	SB	
	DENW006	Lünen-Niederaden	Lünen	SB	
	DENW008	Dortmund-Eving	Dortmund	SB	
	DENW010	Unna-Königsborn	Unna	SB	
	DENW011	Dortmund-Hörde	Dortmund	ST	
	DENW012	Witten-Annen	Witten	ST	
	DENW013	Schwerte	Schwerte	SB	
	DENW015	Marl-Sickingmühle	Marl	SB	
	DENW018	Herten-Langenbochum	Herten	SI	
	DENW021	Bottrop-Welheim	Bottrop	SI	
	DENW022	Gelsenkirchen-Bismarck	Gelsenkirchen	SB	
	DENW023	Herne-Süd	Herne	SB	
	DENW024	Essen-Vogelheim	Essen	SB	
	DENW028	Essen-Schuir (LUA)	Essen	SB	
	DENW029	Hattingen-Blankenstein	Hattingen	ST	
	DENW030	Wesel-Feldmark	Wesel	SB	
	DENW034	Duisburg-Walsum	Duisburg	SB	
	DENW036	Moers-Meerbeck	Moers	SB	
	DENW037	Duisburg-Meiderich	Duisburg	ST	
	DENW038	Mülheim-Styrum	Mülheim	SB	
	DENW039	Duisburg-Kaldenhausen	Duisburg	SB	
	DENW040	Duisburg-Buchholz	Duisburg	SB	
	DENW042	Krefeld-Linn	Krefeld	SB	
	DENW043	Essen-Ost Steeler Str.	Essen	UT	
	DENW045	Ratingen	Ratingen	SB	
	DENW047	Neuss	Neuss	ST	
	DENW048	Düsseldorf-Reisholz	Düsseldorf	SB	
	DENW050	Dormagen-Horrem	Dormagen	SB	
	DENW051	Langenfeld-Reusrath	Langenfeld	RB	

**Fortsetzung Tabelle C-1: Stationen mit dem Zeitpunkt der Umstellung auf PM<sub>10</sub>**

Land	UBA Code	Stationsname	Ort	Kategorie	PM <sub>10</sub> ab:
Fortsetzung:	DENW054	Leverkusen	Leverkusen	SB	
Nordrhein-	DENW058	Hürth	Hürth	SB	
Westfalen	DENW059	Köln-Rodenkirchen	Köln	SB	
	DENW060	Wesseling	Wesseling	ST	
	DENW062	Bonn-Auerberg	Bonn	SB	
	DENW064	Eifel (Simmerath)	Simmerath	RB	
	DENW066	Nettetal-Kaldenkirchen	Nettetal	RT	
	DENW067	Bielefeld-Ost	Bielefeld	SB	
	DENW068	Soest-Ost	Soest	RB	
	DENW071	Düsseldorf-Lörick	Düsseldorf	SB	
	DENW072	Düsseldorf Mörsenbroich	Düsseldorf	UT	
	DENW073	Borken	Borken	UB	
	DENW077	Hagen Emilienplatz	Hagen	UT	
	DENW078	Ratingen-Tiefenbroich	Ratingen	SB	
	DENW079	Leverkusen-Manfort	Leverkusen	UB	
	DENW080	Solingen-Wald	Solingen	SB	
	DENW081	Borken-Gemen	Borken	SB	
	DENW901	Datteln-Bahnhof	Datteln	UB	
	DENW902	Stolberg/Schule	Stolberg	SB	
	DENW903	Stolberg/Sender	Stolberg	SB	
	DENW904	Stolberg/Prym	Stolberg	UI	
	DENW905	Duisburg-Bruckhausen	Duisburg-	UI	
Sachsen	DESN002	Aue	Aue	UT	Februar 98
	DESN004	Bautzen	Bautzen	ST	
	DESN005	Böhlen	Böhlen	SI	Januar 99
	DESN006	Borna	Borna	UT	Februar 98
	DESN011	Chemnitz-Mitte	Chemnitz	UB	Januar 01
	DESN014	Dresden-Mitte	Dresden	UT	Januar 98
	DESN017	Freiberg	Freiberg	UT	Februar 98
	DESN019	Glauchau	Glauchau	ST	
	DESN020	Görlitz	Görlitz	ST	Februar 98
	DESN025	Leipzig-Mitte	Leipzig	UT	Februar 98
	DESN034	Olbernhau	Olbernhau	UT	
	DESN045	Zittau-Ost	Zittau	ST	
	DESN047	Zwickau	Zwickau	UT	Februar 98
	DESN051	Radebeul-Wahnsdorf	Radebeul	RB	Januar 99
	DESN052	Zinnwald	Zinnwald	RB	Januar 99
	DESN059	Leipzig-West	Leipzig	ST	Januar 99
	DESN060	Chemnitz-Nord	Chemnitz	UT	Februar 98
	DESN061	Dresden-Nord	Dresden	UT	Februar 98
	DESN074	Schwartenberg	Neuhausen	RB	Oktober 98
	DESN076	Collmberg	Collm	RB	Januar 00
Sachsen-Anhalt	DEST050	Halle/Nord	Halle/Saale	SI	
	DEST073	Dessau/Verkehr	Dessau	UT	Februar 98
	DEST076	Magdeburg/Verkehr	Magdeburg	UT	Februar 98
	DEST090	Leuna	Leuna	SI	
	DEST901	Nehlit	Nehlit	RT	Oktober 98
	DEST902	Zöberitz	Zöberitz	RT	
Schleswig-	DESH008	Bornhöved	Bornhöved	RB	
Holstein	DESH010	Lübeck-Lindenplatz Verk.	Lübeck	UT	
	DESH011	Brunsbüttel	Brunsbüttel	RI	
	DESH019	Kiel-Westring Verk.	Kiel	UT	Juni 00







# **Anlage D: Messwerttabellen Sammler**

**Tabelle D-I: Messung Low Volume Sammler SEQ 47/50**

Filter	Datum	Flussrate	Sammelzeit		Zeit	Durchsatzvolumen		Umgebungs- temperatur	Mittlere Filter- temperatur	Luftdruck	Filtergewicht		Staubmenge	Staubkonzentration	
			Beginn	Ende		Nm <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h				vor	nach		µg/Nm <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Nr.		m <sup>3</sup> /h			h	Nm <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h	°C	°C	mbar	mg	mg	µg	µg/Nm <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
L1	24.09.01	4,0	00:00	23:59	24	90,2	95,7	10,7	11,3	994	180,80	183,00	2200	24,40	22,99
L2	27.09.01	4,0	00:00	23:59	24	90,3	95,8	11,0	12,6	999	172,10	174,30	2200	24,36	22,96
L3	30.09.01	4,0	00:00	23:59	24	88,4	95,2	14,9	15,6	994	154,30	157,00	2700	30,55	28,36
L4	03.10.01	4,0	00:00	23:59	24	86,9	94,8	17,7	18,8	992	162,30	163,30	1000	11,51	10,55
L5	06.10.01	4,0	00:00	23:59	24	88,4	95,1	14,5	15,2	994	158,10	160,60	2500	28,28	26,29
L6	09.10.01	4,0	00:00	23:59	24	88,9	95,2	14,0	14,7	997	161,80	163,10	1300	14,62	13,66
L7	12.10.01	4,0	00:00	23:59	24	90,2	95,6	14,4	15,4	1010	159,70	162,80	3100	34,36	32,43
L8	15.10.01	4,0	00:00	23:59	24	89,7	95,9	14,5	15,1	1000	169,70	176,10	6400	71,34	66,74
L9	18.10.01	4,0	00:00	23:59	24	90,6	95,9	10,3	12,0	999	156,10	160,30	4200	46,36	43,80
L10	21.10.01	4,0	00:00	23:59	24	89,5	95,9	9,8	11,9	987	167,80	170,63	2830	31,61	29,51
L11	24.10.01	4,0	00:00	23:59	24	91,4	95,9	8,7	10,6	1003	159,73	163,05	3320	36,31	34,61
L12	27.10.01	4,0	00:00	23:59	24	90,2	95,8	11,8	13,2	1000	176,64	178,95	2310	25,60	24,11
L13	30.10.01	4,0	00:00	23:59	24	89,7	95,9	14,5	15,0	999	191,34	193,78	2440	27,21	25,44
L14	02.11.01	4,0	00:00	23:59	24	92,8	95,9	8,6	10,6	1018	179,75	181,93	2180	23,49	22,73
L15	05.11.01	4,0	00:00	23:59	24	91,4	95,9	6,9	10,1	1001	190,03	192,51	2480	27,13	25,85
L16	08.11.01	4,0	00:00	23:59	24	92,5	95,9	5,0	8,0	1005	190,48	191,12	640	6,92	6,67
L17	11.11.01	4,0	00:00	23:59	24	93,2	95,9	2,0	6,0	1006	192,90	194,40	1500	16,09	15,64
L18	14.11.01	4,0	00:00	23:59	24	93,0	95,9	0,1	6,9	1007	183,05	186,51	3460	37,20	36,07
L19	17.11.01	4,0	00:00	23:59	24	93,1	95,9	5,0	8,9	1015	186,89	189,74	2850	30,62	29,71
L20	20.11.01	4,0	00:00	23:59	24	92,6	95,9	3,9	8,8	1009	189,18	191,71	2530	27,33	26,38
L21	26.11.01	4,0	00:00	23:59	24	91,6	95,9	4,0	8,5	998	154,47	157,03	2560	27,93	26,69

**Fortsetzung Tabelle D-I: Messung Low Volume Sammler SEQ 47/50**

Filter Nr.	FLU ng/Nm <sup>3</sup>	BaA ng/Nm <sup>3</sup>	CHR ng/Nm <sup>3</sup>	BkF ng/Nm <sup>3</sup>	BbF ng/Nm <sup>3</sup>	Konzentration			INP ng/Nm <sup>3</sup>	DBahA ng/Nm <sup>3</sup>	PAK-Summe ng/Nm <sup>3</sup>
						BeP ng/Nm <sup>3</sup>	BaP ng/Nm <sup>3</sup>	BghiP ng/Nm <sup>3</sup>			
L1	0,535	0,228	0,304	0,206	0,498	0,022	0,254	0,254	0,456	0,048	2,805
L2	0,277	0,142	0,223	0,186	0,421	0,022	0,209	0,267	0,301	0,029	2,076
L3	0,440	0,274	0,396	0,298	0,711	0,416	0,337	0,440	0,875	0,041	4,228
L4	0,092	0,054	0,093	0,082	0,206	0,131	0,092	0,149	0,135	0,032	1,066
L5	0,300	0,198	0,273	0,258	0,600	0,403	0,347	0,433	0,805	0,034	3,651
L6											
L7	0,288	0,310	0,385	0,341	0,696	0,921	0,481	0,554	0,287	0,044	4,307
L8	0,474	0,603	0,551	0,648	1,108	1,360	0,933	1,115	0,159	0,081	7,032
L9	0,330	0,753	0,450	0,461	0,861	1,932	0,682	0,858	0,550	0,056	6,933
L10	0,251	0,427	0,243	0,327	0,558	0,641	0,354	0,467	0,343	0,040	3,651
L11	1,083	1,236	1,411	0,744	1,477	2,800	0,878	2,002	0,720	0,155	12,505
L12	0,327	0,195	0,279	0,204	0,460	0,572	0,214	0,483	0,443	0,032	3,209
L13	0,232	0,109	0,223	0,114	0,272	0,287	0,141	0,224	0,243	0,019	1,863
L14	0,260	0,307	0,412	0,210	0,373	0,704	0,400	0,391	0,377	0,043	3,477
L15	1,014	0,807	1,214	0,569	1,116	0,514	0,090	1,027	0,809	0,116	7,277
L16	0,200	0,172	0,277	0,146	0,332	0,092	0,084	0,265	0,259	0,022	1,848
L17	1,534	0,953	1,148	0,568	1,015	0,439	0,509	0,796	1,127	0,062	8,149
L18	2,903	2,613	3,839	1,376	2,785	4,753	1,817	2,366	1,019	0,234	23,705
L19	1,450	1,397	2,084	1,030	1,783	2,826	1,085	1,966	1,268	0,162	15,052
L20	0,956	0,952	1,685	0,735	0,962	2,550	0,889	1,134	1,167	0,101	11,131
L21	1,244	1,189	1,506	0,780	1,277	2,892	0,901	1,364	1,440	0,116	12,709

Anmerkung: L6 Fehlmessung


**Tabelle D-II: Messung Medium Volume Sammler DERENDA MVS6**

Filter	Datum	Flussrate	Sammelzeit		Zeit	Durchsatzvolumen		Umgebungs- temperatur	Mittl. Filter- Temperatur *	Luftdruck	Filtergewicht		Staubmenge	Staubkonzentration	
			Beginn	Ende		Nm <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h				vor	nach		µg/Nm <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
Nr.		m <sup>3</sup> /h			h			°C	°C	mbar	mg	mg	µg		
M1	24.09.01	5,1	00:00	23:59	24	114,8	121,6	10,7		994	176,70	179,80	3100	27,00	25,49
M2	27.09.01	5,1	00:00	23:59	24	117,0	123,4	11,0		999	170,00	173,60	3600	30,77	29,17
M3	30.09.01	5,2	00:00	23:59	24	115,8	124,4	14,9		994	157,40	161,20	3800	32,83	30,55
M4	03.10.01	5,2	00:00	23:59	24	114,7	124,7	17,7		992	160,40	163,20	2800	24,42	22,45
M5	06.10.01	5,1	00:00	23:59	24	114,1	122,5	14,5		994	172,90	176,40	3500	30,66	28,57
M6	09.10.01	5,1	00:00	23:59	24	115,2	123,1	14,0		997	167,70	170,00	2300	19,96	18,68
M7	12.10.01	5,2	00:00	23:59	24	117,2	123,8	14,4		1010	165,30	171,80	6500	55,44	52,50
M8	15.10.01	5,1	00:00	23:59	24	115,6	123,3	14,5		1000	166,10	176,20	10100	87,39	81,91
M9	18.10.01	5,1	00:00	23:59	24	117,0	123,1	10,3		999	161,40	168,60	7200	61,55	58,49
M10	21.10.01	5,1	00:00	23:59	24	115,9	123,2	9,8		987	160,50	164,60	4100	35,38	33,28
M11	24.10.01	5,1	00:00	23:59	24	116,6	121,5	8,7		1003	187,04	191,81	4770	40,90	39,25
M12	27.10.01	5,1	00:00	23:59	24	116,0	122,6	11,8		1000	188,19	191,27	3080	26,54	25,12
M13	30.10.01	5,1	00:00	23:59	24	114,6	122,3	14,5		999	186,81	194,15	7340	64,07	60,00
M14	02.11.01	5,1	00:00	23:59	24	117,9	121,0	8,6		1018	183,67	187,36	3690	31,30	30,49
M15	05.11.01	5,1	00:00	23:59	24	116,2	120,6	6,9		1001	178,89	188,39	9500	81,73	78,77
M16	08.11.01	5,1	00:00	23:59	24	117,0	120,1	5,0		1005	191,60	192,52	920	7,86	7,66
M17	11.11.01	5,1	00:00	23:59	24	120,1	121,8	2,0		1006	166,35	168,65	2300	19,15	18,88
M18	14.11.01	5,1	00:00	23:59	24	119,2	120,0	0,1		1007	172,45	178,64	6190	51,93	51,60
M19	17.11.01	5,1	00:00	23:59	24	119,1	121,1	5,0		1015	182,20	186,94	4740	39,79	39,15
M20	20.11.01	5,1	00:00	23:59	24	118,7	120,9	3,9		1009	178,94	182,98	4040	34,03	33,42
M21	26.11.01	5,1	00:00	23:59	24	118,0	121,55	4,0		998	157,65	160,54	2890	24,49	23,78

\* nicht gemessen

**Fortsetzung Tabelle D-II: Messung Medium Volume Sammler DERENDA MVS6**

Filter Nr.	Konzentration										PAK-Summe ng/Nm <sup>3</sup>
	FLU ng/Nm <sup>3</sup>	BaA ng/Nm <sup>3</sup>	CHR ng/Nm <sup>3</sup>	BkF ng/Nm <sup>3</sup>	BbF ng/Nm <sup>3</sup>	BeP ng/Nm <sup>3</sup>	BaP ng/Nm <sup>3</sup>	BghiP ng/Nm <sup>3</sup>	INP ng/Nm <sup>3</sup>	DBahA ng/Nm <sup>3</sup>	
M1	0,469	0,194	0,268	0,172	0,414	0,195	0,216	0,222	0,323	0,021	2,495
M2	0,308	0,152	0,241	0,200	0,422	0,017	0,185	0,236	0,355	0,088	2,205
M3	0,444	0,239	0,416	0,280	0,656	0,402	0,244	0,448	0,807	0,034	3,969
M4	0,092	0,043	0,076	0,105	0,173	0,097	0,070	0,146	0,220	0,017	1,037
M5	0,324	0,216	0,312	0,251	0,588	0,390	0,291	0,445	0,799	0,043	3,658
M6	0,056	0,037	0,047	0,026	0,055	0,386	0,036	0,040	0,009	0,009	0,699
M7	0,407	0,287	0,537	0,332	0,640	0,835	0,432	0,549	0,323	0,029	4,371
M8	0,538	0,631	0,619	0,631	1,410	2,449	0,874	1,133	1,512	0,079	9,875
M9	0,417	1,069	0,614	0,505	1,060	1,795	0,707	0,876	0,771	0,063	7,877
M10	0,240	0,429	0,226	0,330	0,614	0,769	0,337	0,481	0,454	0,050	3,929
M11	1,544	1,286	1,801	1,098	2,127	3,859	1,415	1,046	1,166	0,223	15,564
M12	0,313	0,190	0,278	0,203	0,439	0,581	0,229	0,415	0,342	0,031	3,022
M13	0,267	0,124	0,206	0,117	0,276	0,313	0,163	0,236	0,201	0,022	1,924
M14	0,312	0,325	0,431	0,216	0,392	0,748	0,352	0,388	0,375	0,045	3,584
M15	1,032	1,247	1,187	0,563	1,084	1,196	0,132	1,015	0,788	0,114	8,359
M16	0,263	0,198	0,336	0,186	0,403	0,109	0,072	0,329	0,226	0,036	2,159
M17	1,624	1,066	1,332	0,670	1,291	0,565	0,715	1,191	1,299	0,097	9,849
M18	4,916	4,530	5,076	1,879	3,901	6,158	1,787	2,794	2,114	0,398	33,553
M19	1,763	1,520	2,191	1,150	2,074	3,593	1,167	1,704	1,360	0,192	16,714
M20	0,824	0,795	1,482	0,707	1,533	2,299	0,295	1,558	0,657	0,111	10,261
M21	1,288	1,135	1,695	0,667	1,339	2,923	0,898	1,051	1,508	0,113	12,616

Tabelle D-III: Messung High Volume Sammler DIGITEL DPM 10/30

Filter Nr.	Datum	Flussrate m <sup>3</sup> /h	Sammelzeit		Zeit h	Durchsatzvolumen		Umgebungs- temperatur °C	Mittlere Filter- temperatur °C	Luftdruck mbar	Filtergewicht		Staubmenge µg	Staubkonzentration	
			Beginn	Ende		Nm <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /h				vor mg	nach mg		µg/Nm <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
H1	24.09.01	30,7	00:00	23:59	24	687,2	737,3	10,7	14,4	994	1475,3	1491,6	16300	23,72	22,11
H2	27.09.01	30,7	00:00	23:59	24	687,6	737,3	11,0	15,7	999	1467,7	1488,1	20400	29,67	27,67
H3	30.09.01	30,7	00:00	23:59	24	676,9	737,3	14,9	18,8	994	1551,8	1572,0	20200	29,84	27,40
H4	03.10.01	30,7	00:00	23:59	24	668,4	737,3	17,7	21,9	992	1518,9	1523,2	4300	6,43	5,83
H5	06.10.01	30,7	00:00	23:59	24	677,8	737,3	14,5	18,4	994	1489,4	1507,7	18300	27,00	24,82
H6	09.10.01	30,7	00:00	23:59	24	681,0	737,3	14,0	17,9	997	1513,5	1522,0	8500	12,48	11,53
H7	12.10.01	30,7	00:00	23:59	24	688,5	737,3	14,4	18,5	1010	1474,0	1495,0	21000	30,50	28,48
H8	15.10.01	30,7	00:00	23:59	24	681,2	737,3	14,5	18,7	1000	1489,1	1535,2	46100	67,68	62,53
H9	18.10.01	30,7	00:00	23:59	24	690,9	737,3	10,3	14,3	999	1419,6	1451,0	31400	45,45	42,59
H10	21.10.01	30,7	00:00	23:59	24	684,3	737,3	9,8	13,6	987	1450,8	1474,9	24100	35,22	32,69
H11	24.10.01	30,7	00:00	23:59	24	698,1	737,3	8,7	12,5	1003	1444,4	1470,9	26520	37,99	35,97
H12	27.10.01	30,7	00:00	23:59	24	689,0	737,3	11,8	15,4	1000	1510,9	1524,4	13450	19,52	18,24
H13	30.10.01	30,7	00:00	23:59	24	683,3	737,3	14,5	17,5	999	1370,4	1389,1	18690	27,35	25,35
H14	02.11.01	30,7	00:00	23:59	24	709,5	737,3	8,6	12,1	1018	1436,1	1453,3	17120	24,13	23,22
H15	05.11.01	30,7	00:00	23:59	24	701,3	737,3	6,9	10,6	1001	1551,2	1566,5	15290	21,80	20,74
H16	08.11.01	30,7	00:00	23:59	24	705,9	737,3	5,0	9,9	1005	1566,1	1570,6	4540	6,43	6,16
H17	11.11.01	30,7	00:00	23:59	24	717,7	737,3	2,0	5,5	1006	1497,9	1509,4	11490	16,01	15,58
H18	14.11.01	30,7	00:00	23:59	24	723,7	737,3	0,1	3,5	1007	1463,6	1489,0	25350	35,03	34,38
H19	17.11.01	30,7	00:00	23:59	24	716,5	737,3	5,0	8,5	1015	1334,1	1344,9	10820	15,10	14,68
H20	20.11.01	30,7	00:00	23:59	24	715,8	737,3	3,9	7,1	1009	1345,1	1364,5	19410	27,12	26,33
H21	26.11.01	30,7	00:00	23:59	24	705,0	737,3	4,0	8,3	998	1592,6	1607,92	15320	21,73	20,78

**Fortsetzung Tabelle D-III: Messung High Volume Sammler DIGITEL DPM 10/30**

Filter Nr.	Konzentration										PAK-Summe ng/Nm <sup>3</sup>
	FLU ng/Nm <sup>3</sup>	BaA ng/Nm <sup>3</sup>	CHR ng/Nm <sup>3</sup>	BkF ng/Nm <sup>3</sup>	BbF ng/Nm <sup>3</sup>	BeP ng/Nm <sup>3</sup>	BaP ng/Nm <sup>3</sup>	BghiP ng/Nm <sup>3</sup>	INP ng/Nm <sup>3</sup>	DBahA ng/Nm <sup>3</sup>	
H1	0,454	0,192	0,248	0,178	0,427	0,194	0,193	0,238	0,322	0,020	2,465
H2	0,206	0,083	0,155	0,129	0,289	0,034	0,112	0,142	0,202	0,125	1,477
H3	0,382	0,250	0,338	0,274	0,653	0,375	0,258	0,406	0,802	0,031	3,771
H4	0,088	0,053	0,085	0,074	0,180	0,114	0,083	0,147	0,234	0,018	1,076
H5	0,282	0,184	0,263	0,235	0,510	0,342	0,215	0,308	0,747	0,029	3,114
H6	0,167	0,065	0,156	0,077	0,156	0,280	0,096	0,140	0,123	0,009	1,269
H7	0,356	0,245	0,497	0,290	0,668	0,796	0,603	0,625	0,347	0,024	4,451
H8	0,536	0,693	0,683	0,570	1,406	2,070	0,919	1,101	0,339	0,038	8,354
H9	0,559	0,793	0,627	0,618	1,151	1,780	0,977	0,696	0,039	0,006	7,245
H10	0,561	0,317	0,476	0,305	0,652	0,957	0,396	0,796	0,539	0,032	5,033
H11	1,590	1,412	1,647	0,954	1,891	4,240	1,381	1,162	1,069	0,137	15,484
H12	0,302	0,190	0,279	0,199	0,428	0,568	0,208	0,434	0,334	0,031	2,971
H13	0,203	0,108	0,202	0,100	0,233	0,262	0,106	0,215	0,199	0,017	1,645
H14	0,265	0,311	0,409	0,193	0,352	0,723	0,311	0,362	0,357	0,042	3,326
H15	1,094	0,965	1,433	0,625	0,988	2,609	0,801	1,055	1,115	0,076	10,762
H16	0,239	0,156	0,367	0,167	0,316	0,500	0,097	0,211	0,184	0,026	2,264
H17	1,769	0,770	1,393	0,645	1,152	1,909	0,617	1,002	1,243	0,101	10,602
H18	3,109	2,474	3,510	1,111	2,999	4,394	1,147	1,506	1,548	0,209	22,006
H19	1,480	1,040	1,982	0,906	1,773	2,792	0,903	1,591	1,196	0,186	13,847
H20	1,023	1,207	1,621	0,745	1,495	3,311	1,106	1,312	0,801	0,107	12,727
H21	1,489	1,433	1,759	0,820	1,325	3,064	1,251	1,475	1,830	0,130	14,576