

**PAH IN DER LUFT – MESSUNGEN IN  
GRAZ UND LINZ 2001**



**PAH in der Luft**  
**Messungen in Graz und Linz 2001**  
**Datenbericht**

**BE-219**

Wien, Dezember 2002

**Projektleitung:**

Sigrid Scharf

**Autoren:**

Philipp Hohenblum

Sigrid Scharf

**unter Mitarbeit von:**

Oliver Gans

**Satz und Layout:**

Philipp Hohenblum

**Analytik:**

Thomas Remesch

Manuela Haider

Besonderer Dank gebührt den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Oberösterreichischen und Steiermärkischen Landesregierungen für die Durchführung der Probenahmen. Im besonderen sei Herrn Friedrich Mayrhofer (Uabt. „Luftreinhalung u. Energietechnik“ der Abtg. „Umweltschutz“ in Linz) und Herrn Gerhard Schrempf (Ref. „Luftgüteüberwachung“ der FA 17C – „Technische Umweltkontrolle und Sicherheitswesen“ in Graz) gedankt!

Sämtliche Analysen wurden im Labor des Umweltbundesamtes durchgeführt.

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien  
Eigenvervielfältigung

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2002  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-670-6

## INHALTSVERZEICHNIS

	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	2
	<b>SUMMARY</b>	4
<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	6
<b>2</b>	<b>ENTSTEHUNG, VERBREITUNG, TREND UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN</b>	7
2.1	Entstehung	7
2.2	Verbreitung	8
2.3	Trend	9
2.4	Eigenschaften	9
<b>3</b>	<b>LEITSUBSTANZEN</b>	10
<b>4</b>	<b>PROBENAHE, ANALYTIK U. MESSSTELLENBESCHREIBUNG</b>	12
4.1.	Probenahme	12
4.2	Analytik	13
4.3	Beschreibung der Messstellen	14
4.3.1	Graz	14
4.3.2	Linz	14
<b>5</b>	<b>DARSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE</b>	15
5.1	Einzeldarstellung der Ergebnisse nach Monaten	15
5.2	Darstellung der Messergebnisse nach Parametern	28
<b>6</b>	<b>BERECHNUNG VON JAHRESMITTELWERTEN</b>	37
<b>7</b>	<b>BENZO(A)PYREN</b>	40
	<b>ANHANG I – Einzelergebnisse</b>	42
	<b>ANHANG II – Abbildungsverzeichnis</b>	66
	<b>ANHANG III – Tabellenverzeichnis</b>	69
	<b>ANHANG IV – Literatur</b>	70

## ZUSAMMENFASSUNG

Im Rahmen dieser Untersuchung wurden in Graz und Linz Luftproben über ein Jahr lang gesammelt, um Profile für polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) in den beiden Städten zu ermitteln. Es wurden die 16 EPA PAH, drei Tracer für Emissionen aus Hausbrand und Verkehr sowie das in der Literatur öfters zitierte Benzo(e)pyren (BEP) analysiert.

Hintergrund für die vorliegende Studie ist ein von der Europäischen Kommission vorbereiteter Grenzwert für PAH in der Luft. Dieser Immissionsgrenzwert wird in der vierten Tochterrichtlinie zur Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG festgelegt werden und soll Benzo(a)pyren (BAP) mit  $1 \text{ ng/m}^3$  im Jahresmittelwert limitieren.

Die Monatsmittelwerte für Linz und Graz sowie deren Standardabweichungen wurden berechnet und für jede Messstelle pro Monat graphisch dargestellt. Der zeitliche Verlauf der Monatsmittelwerte wurde für die Parameter über den Messzeitraum einzeln dargestellt. Aus diesen Diagrammen lassen sich Aussagen über die jahreszeitlich schwankenden Konzentrationen der beobachteten PAHs ableiten. Darüber hinaus wurden die Jahresmittelwerte berechnet und diskutiert.

In beiden Städten zeigen sich saisonale Unterschiede bei den meisten PAH (Ausnahmen: Acenaphthen (ACE), Fluoren (FLU) und Benzo(b)naphthothiophen (BNT)). In den Sommermonaten wurden deutlich geringere Messwerte ermittelt, während in den Wintermonaten die höchsten Ergebnisse bestimmt wurden. Außerdem werden in Graz durchwegs höhere Messwerte beobachtet (Ausnahme: Benzo(b)naphthothiophen). Gründe für die jahreszeitlichen Schwankungen sind einerseits in den Emissionen zu suchen (Jahresgang Hausbrand), andererseits in den saisonal unterschiedlichen atmosphärischen Stabilitäten der PAH. Durch höhere Sonneneinstrahlung und höhere Temperatur, sowie durch das Vorhandensein von Ozon und Hydroxylradikalen kommt es während der Sommermonate zu photolytischen und chemolytischen Prozessen, weshalb geringere Messwerte ermittelt werden. Die durchwegs höheren Ergebnisse in Graz sind auf die besondere orographische Lage der Stadt zurückzuführen (Beckenlage), welche zu Inversionswetterlagen neigt und daher ungünstige Voraussetzungen zur Schadstoffausbreitung bietet (z.B. Smog, Hochnebel, Temperaturinversion).

Die höchsten Jahresmittelwerte wurden in beiden Städten bei Phenanthren (PHE) bestimmt. Weitere hohe Messwerte wurden bei den leichter flüchtigen PAH festgestellt:

Phenanthren (PHE)	Jahresmittelwert Graz: 34 ng/Nm <sup>3</sup> , Linz: 27 ng/Nm <sup>3</sup> ,
Naphthalin (NAP)	Jahresmittelwert Graz: 30 ng/Nm <sup>3</sup> , Linz: 21 ng/Nm <sup>3</sup> ,
Acenaphthylen (ACY)	Jahresmittelwert Graz: 25 ng/Nm <sup>3</sup> , Linz: 9,9 ng/Nm <sup>3</sup> ,
Acenaphthen (ACE)	Jahresmittelwert Graz: 9,8 ng/Nm <sup>3</sup> , Linz: 10 ng/Nm <sup>3</sup> ,
Fluoren (FLU)	Jahresmittelwert Graz: 12 ng/Nm <sup>3</sup> , Linz: 13 ng/Nm <sup>3</sup> .

Die Jahresmittelwerte für BAP wurden für Graz und Linz berechnet und betragen 1,15 ng/Nm<sup>3</sup> bzw. 2,27 ng/Nm<sup>3</sup>. Linz würde den geplanten Grenzwert von 1 ng/m<sup>3</sup> daher knapp nicht einhalten, in Graz würde der Grenzwert deutlich überschritten werden. In einer Pilotstudie des Umweltbundesamtes im Jahre 1999 wurden in Wien Messungen von PAH in der Luft über ein Jahr lang durchgeführt (UMWELTBUNDESAMT, 2000). Der berechnete Jahresmittelwert betrug 0,98 ng/Nm<sup>3</sup> und würde unter dem angestrebten EU Grenzwert liegen.

Zusätzlich zu den 16 EPA PAH wurde Benzo(b)naphthothiophen (BNT) als Tracer für schwefelhaltige Feuerungsmittel analysiert. Da jedoch der Schwefelgehalt in flüssigen Treibstoffen und Heizmitteln (Dieselöl, Heizöle,...) in den letzten Jahren stark reduziert wurde, wurden auch sehr niedrige BNT Messwerte ermittelt (0,15 ng/Nm<sup>3</sup> in Graz, 0,27 ng/Nm<sup>3</sup> in Linz im Jahresmittelwert). Die Messwerte von BNT in Linz sind allerdings zumeist höher als jene in Graz. Möglicherweise ist hier der Einfluss einer Kokerei in unmittelbarer Nähe zur Messstelle in Linz bemerkbar.

Cyclo(cd)pentapyren (CCP) und Coronen (COR) wurden als Tracer für Verkehrsemissionen analysiert. Sie zeigen, dass der Einfluss des Verkehrs deutlich messbar ist.

## SUMMARY

The European Commission (EC) is going to prepare a limit value for PAH in ambient air. This immission limit will be issued in the fourth daughter directive of the Air Quality Framework Directive 96/62/EG. It will limit benzo(a)pyrene (BAP) with presumably  $1 \text{ ng/m}^3$  as annual average.

Air samples were taken in the cities of Graz and Linz over the period of one year in order to establish profiles for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH). 16 EPA PAHs as well as three specific tracers for heating combustion and traffic emissions and benzo(e)pyrene, which is frequently quoted in literature, were analysed.

In this study monthly averages and their standard deviations were calculated for each parameter and they are presented in diagrams per month. The time dependent distribution of the parameters is also shown in order to point out seasonal differences. Furthermore, annual averages were calculated and discussed.

Results of both the city of Graz and Linz show seasonal differences between summer and winter time (exceptions: acenaphthene (ACE), fluorene (FLU) and benzo(b)naphthothiophene (BNT)). During the summer months significantly lower results were observed whereas during the winter months the highest concentrations of this investigation could be determined. Furthermore, Graz yielded in generally higher concentrations than Linz (exception: BNT). Reasons for the seasonal variations may be on the one hand due to seasonal depending emissions (e.g. heating) and on the other hand due to different stabilities of the chemical species. Higher solar irradiation and higher temperature as well as the presence of ozone and hydroxyl radicals may contribute to photolytic and chemolytic reactions and therefore lower PAH concentrations. The special orographical situation of the city of Graz (valley) is subject to temperature inversion that consequently leads to smog and unfavourable distribution of emissions.

The highest annual averages were detected in both cities for phenanthrene (PHE). Further remarkable results could be obtained:

Phenanthren (PHE)	annual average Graz: $34 \text{ ng/Nm}^3$ , Linz: $27 \text{ ng/Nm}^3$ ,
Naphthalin (NAP)	annual average Graz: $30 \text{ ng/Nm}^3$ , Linz: $21 \text{ ng/Nm}^3$ ,
Acenaphthylen (ACY)	annual average Graz: $25 \text{ ng/Nm}^3$ , Linz: $9,9 \text{ ng/Nm}^3$ ,
Acenaphthen (ACE)	annual average Graz: $9,8 \text{ ng/Nm}^3$ , Linz: $10 \text{ ng/Nm}^3$ ,
Fluoren (FLU)	annual average Graz: $12 \text{ ng/Nm}^3$ , Linz: $13 \text{ ng/Nm}^3$ .



The annual average of BAP was calculated for Graz and Linz and amounts to 1,15 ng/Nm<sup>3</sup> and 2,27 ng/Nm<sup>3</sup>, respectively. Both cities would fail to meet the aspired limit value of 1 ng/m<sup>3</sup>. Within a pilot study issued by the Federal Environment Agency in 1999 concerning PAH immission measurements for the city of Vienna, the annual average of BAP was 0,98 ng/Nm<sup>3</sup>. That value would meet the aspired limit value of the European Commission.

Additionally to the 16 EPA PAH, benzo(b)naphthothiophene (BNT) was analysed as tracer for emissions of sulphur containing fuels. Since a significant decrease of sulphur in fuels took place in the past, low concentrations of BNT were analysed (0,15 ng/Nm<sup>3</sup> for Graz, 0,27 ng/Nm<sup>3</sup> for Linz as annual average). Results for BNT are mostly higher in Linz than in Graz. That effect can probably be caused by a coking plant in the neighbourhood of the sampling site. Cyclo(cd)pentadiene (CCP) and coronene (COR) were analysed as tracers for traffic emissions. The measured concentrations reveal that the impact of traffic is measureable.

## 1 EINLEITUNG

In der Luftqualitätsrahmenrichtlinie 96/62/EG über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität ist verankert, dass die Kommission dem Rat bis 31. Dezember 1999 Vorschläge für die Festlegung eines Grenzwertes für PAH (polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe) in der Luft vorzulegen hat. In einer Tochterrichtlinie zur genannten Rahmenrichtlinie soll dieser Grenzwert für PAH festgelegt werden.

In einem Pilotprojekt wurde über einen Zeitraum von elf Monaten pro Monat 5 Tagesproben an einer ausgewählten Messstelle in Wien gesammelt und auf 16 ausgewählte PAH (EPA-PAH) sowie zusätzliche vier Tracer für Verkehrs- und Hausbrandemissionen analysiert. Die Umweltbehörde der Vereinigten Staaten EPA (Environmental Protection Agency) schlägt für Messungen eine Liste von 16 PAH vor, welche als EPA PAH in der Fachliteratur Einzug gefunden haben. Diese Pilotstudie in Wien wurde von Februar bis Dezember 1999 durchgeführt und als Bericht des Umweltbundesamtes (UMWELTBUNDESAMT, 1999a) publiziert.

Als Folge dieses Pilotprojektes wurden Messstellen in Graz und Linz ausgewählt und von Anfang Oktober 2000 bis Ende September 2001 beprobt. Die Proben wurden in Abständen von sechs Tagen gezogen, wobei die Beprobungsdauer 24 Stunden betrug und beide Messstationen simultan beprobt wurden. Die durch einen high-volume Sammler gesaugte Luft wurde sowohl über ein Partikelfilter als auch über zwei Schaumstofffilter zur Bestimmung der gasförmigen Inhaltsstoffe geleitet. Beide Anteile wurden bei der analytischen Bestimmung als eine Probe behandelt.

Auch in dieser Untersuchung wurden die 16 EPA-PAH bestimmt. Zusätzlich wurde noch Benzo(e)pyren analysiert, da diese Verbindung häufig in der Literatur zu Vergleichszwecken beschrieben wurde. Weiters wurden auch Coronen und Cyclo(cd)pentapyren ausgewählt, welche als Tracer für Verkehrsemissionen betrachtet werden und Benzo(b)naphthothiophen, welches als Indikatorsubstanz für Hausbrand angesehen wird. Die Strukturformeln der 16 EPA PAH sowie der vier zusätzlich beobachteten Substanzen sind in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

## 2 ENTSTEHUNG, VERBREITUNG, TREND UND CHEMISCHE EIGENSCHAFTEN

### 2.1 Entstehung

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (*polycyclic aromatic hydrocarbons*, PAH) sind aus zwei oder mehreren kondensierten aromatischen Ringen aufgebaut und enthalten ausschließlich Kohlen- und Wasserstoffatome im Molekül. Unter den Begriff PAH werden einige hundert Einzelverbindungen zusammengefasst, die bei der unvollständigen Verbrennung organischen Materials oder fossiler Brennstoffe (Heizungsanlagen, Kraftfahrzeugverkehr) entstehen. Der genaue Mechanismus der Entstehung ist noch nicht komplett bekannt, es wird aber ein Mechanismus, wie in Abbildung 1 dargestellt, angenommen.

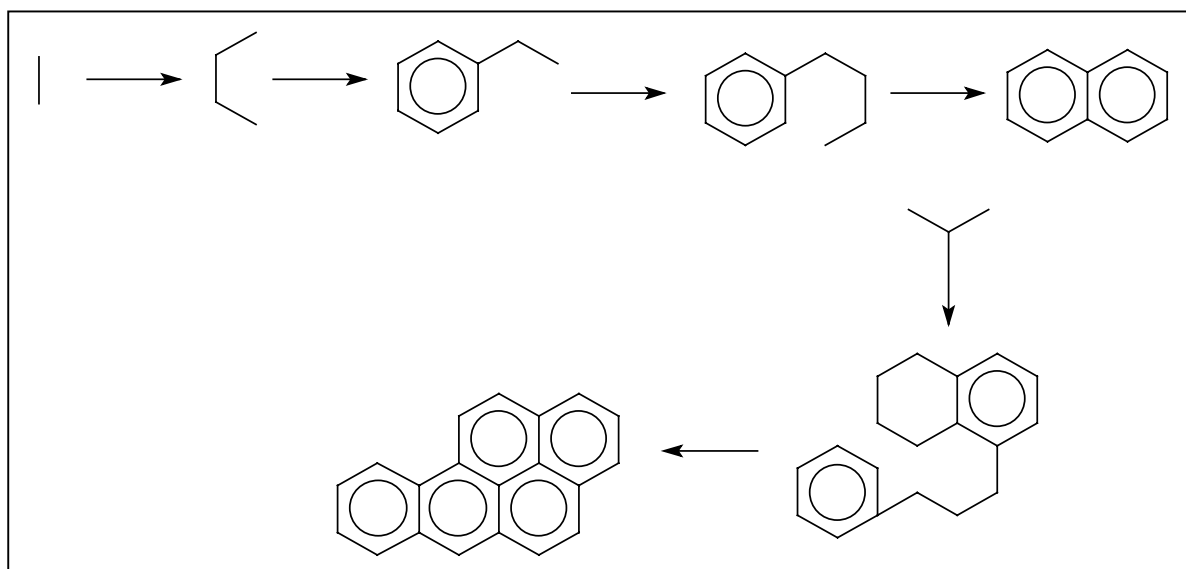


Abbildung 1: Mechanismus bei der Entstehung von Benzo(a)pyren durch Pyrolyse (GIBSON & SUBRAMANIA; 1984)

Bei diesem Mechanismus werden die PAH durch freie Radikale gebildet. Im ersten Schritt werden bei der Pyrolyse von organischen Molekülen kleine, aber nicht stabile Moleküle geformt. In den weiteren Schritten reagieren sie durch Kondensation, Ringschließungen, Dehydrierungen, Diels-Alder Reaktionen und anderen Reaktionen zu größeren, aromatischen und damit stabileren Molekülen. Welches PAH gebildet wird, hängt von einer Vielzahl von Faktoren ab. Die Temperatur spielt dabei eine große Rolle. Bei Temperaturen um 2000 °C wird die Bildung von unsubstituierten Molekülen bevorzugt. Alkylsubstituierte Moleküle entstehen vor allem bei einer Temperatur von 400 – 800 °C (UMWELTBUNDESAMT, 1999a).

## 2.2 Verbreitung

In die Umwelt gelangen persistente organische *Schadstoffe* (*persistent organic pollutants*, POPs) entweder durch direkte Anwendung oder als unerwünschte Begleitprodukte v.a. bei thermischen und industriellen Prozessen. Ein Großteil der PAH Belastung ist auf die Emission unerwünschter Begleitprodukte zurückzuführen, wobei bedeutende PAH-Emittenten der Hausbrand, kalorische Kraftwerke, der Kfz-Verkehr und industrielle Anlagen, im besonderen Kokereien, Gaswerke und Raffinerien sind. Weitere PAH-Quellen, die je nach Ursache anthropogen oder natürlich sein können, sind Waldbrände und offene Feuer auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Feldabbrand).

Die Verbreitung zahlreicher organischer Schadstoffe erfolgt über die Atmosphäre. Substanzen wie PCB, Pestizide, PAH etc. treten dort sowohl gasförmig als auch partikelgebunden auf. Die jeweilige Verteilung hängt vom Dampfdruck der Substanzen bei Umgebungstemperatur sowie von der Beschaffenheit und Menge des Partikelangebots ab (YAMASAKI et al.; 1982; PANKOW; 1987; 1988). Diese Verteilung hat wesentlichen Einfluss auf den atmosphärischen Transport, die Verweildauer sowie das Depositions- und Abbauverhalten eines Stoffes (FOREMAN; BIDLÉMAN; 1990; EITZER; HITES; 1989). Außerdem entscheidet die Jahreszeit (Temperatur) über die Verteilung zwischen partikulärer und Gasphase (FERNANDEZ, 2002). Im Zusammenhang mit der gesundheitsschädlichen Wirkung partikelgebundener Stoffe durch Inhalation spielt die Größe der Partikel eine wesentliche Rolle, da sie Ort und Ausmaß der Deposition (HEYDER; 1990) und damit die Verweilzeit im Atemtrakt (SUN et al.; 1989; OBERDÖRSTER; 1988) mit Zielorgan Lunge bestimmt. Von den Bestandteilen des Umweltaerosols sind die PAH aufgrund der potentiellen Gefährdung der menschlichen Gesundheit von besonderem Interesse. Durch Deposition und Auswaschung findet eine Verteilung in andere Umweltkompartimente statt. In weiterer Folge werden die an Partikel gebundenen PAH durch Regen in das Gewässerökosystem abgespült (UMWELTBUNDESAMT, 1999b).

In verschiedenen Arbeitsgruppen wurden bisher bereits über 100 verschiedene PAH in der Atmosphäre nachgewiesen. Die meisten Messdaten liegen jedoch für Benzo(a)pyren (BAP) vor (NEUKOMM et al., 1975; NIELSEN, 1996; WYBRANIEC, DE JONG, 1996; LÓPEZ LÓPEZ, RUBIO BARROSO, POLO DÍEZ, 1996; GASTON WU, CHANG, 1997). In der Literatur wurde BAP in der Luft in Konzentrationen zwischen  $0,09 \text{ ng/Nm}^3$  und  $22,2 \text{ ng/Nm}^3$  nachgewiesen. Da jedoch sehr viele und teilweise grundverschiedene Probenahmetechniken und Analysemethoden zum Einsatz kommen, sind diese Daten nur bedingt miteinander vergleichbar. Außerdem wurden die Proben an unterschiedlichen Standortarten gezogen (Hintergrundmessstelle, stark befahrene Straßen, Industriegebiete...). So verwundert es nicht, dass auf stark befahrenen Straßen z.B. in Kopenhagen  $9 \text{ ng/Nm}^3$  (NIELSEN et al., 1991), in Wien jedoch im Mittel  $0,98 \text{ ng/Nm}^3$  (UMWELTBUNDESAMT, 1999a; GANS et al., 2000) bestimmt wurden.

### 2.3 Trend

Nur sehr wenige Studien gaben bis jetzt Auskunft über die zeitliche Entwicklung der PAH-Emissionen und Immissionen. Die anschließend vorgestellten Ergebnisse stützen sich daher im wesentlichen auf Trendfortschreibungen mit Hilfe aktualisierter Emissionsfaktoren, welche vom UNECE Protokoll betreffend persistente organische Verbindungen (AARHUS, 1998) gefordert werden. Es handelt sich dabei um Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, und Indeno(1,2,3-cd)pyren.

Die wesentlich höheren PAH Emissionen der Achtzigerjahre wurden durch Emissionen aus der Landwirtschaft und der Industrie verursacht. Als Hauptfaktoren sind einerseits die Verbrennung von Stroh (Feldabbrand), andererseits die Primäraluminiumproduktion zu sehen. Mit der Einstellung der Primäraluminiumproduktion (Elektrodenabbrand) und dem Verbot der offenen Strohverbrennung sanken in Österreich die PAH Emissionen in diesen Sektoren. Seither sind die Kleinverbraucher Hauptverursacher, welche im Jahr 2000 insbesondere mit der Holzfeuerung 59 % der PAH Emissionen ausmachten. Die Anteile der Industrie betragen 20 %, der Verkehr 16 % und die Landwirtschaft 5 % (UMWELTBUNDESAMT, 2001).

PAH Emissionen 1985-2000

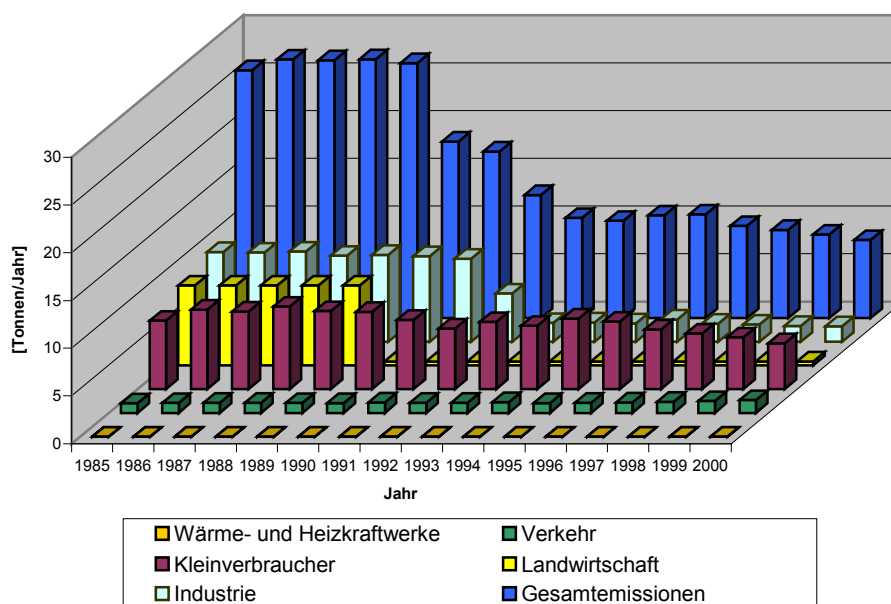


Abbildung 2: Luftschadstoffemissionen an PAH in Österreich (UMWELTBUNDESAMT; 2001)

### 2.4 Eigenschaften

Die physiko-chemischen Eigenschaften der PAH schwanken abhängig von Molekulargewicht und –struktur der einzelnen Substanzen in einem weiten Bereich. In der Atmosphäre sind die PAH entweder an Aerosolteilchen gebunden oder sie liegen in der Gasphase vor. Der gasförmig vorliegende Anteil steigt mit zunehmender Temperatur und ist außerdem bei niedermolekularen PAH (mit drei bis vier Ringe

und höherem Dampfdruck) größer als bei schwereren PAH (UMWELTBUNDESAMT Berlin, 1979). Ab fünf Ringen wird davon ausgegangen, dass die PAH vorwiegend partikulär gebunden vorliegen.

Bedeutung in toxikologischer Sicht erlangten sie vor allem deshalb, weil in Tierversuchen nachgewiesen werden konnte, dass manche PAH karzinogen und mutagen wirken. Als krebserzeugend werden Benzo(a)pyren sowie Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)anthracen, Dibenzo(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3-cd)pyren angesehen (IARC-Monographien, 1988).

### 3 LEITSUBSTANZEN

Die amerikanische Umweltbehörde EPA (Environmental Protection Agency) arbeitete aus der hohen Anzahl an PAH, welche in der Umwelt vorkommen, 16 ausgewählte Substanzen aus, die als „EPA PAH“ in die Literatur eingegangen sind. Die Auswahl erfolgte nach Kriterien der Umweltkonzentration, Reaktivität und biologischen Aktivität. In Abbildung 4 wurden diese Substanzen mit [EPA] bezeichnet. Die EPA schlug vor, diese 16 Vertreter in Studien zur Umweltüberwachung aufzunehmen.

Häufig wurde bisher auch Benzo(a)pyren (BAP) als Leitsubstanz genutzt, wenn es um toxikologische Bewertungen von PAHs in der Umwelt ging. Benzo(a)pyren ist im Hinblick auf Kanzerogenität und Mutagenität – im Gegensatz zu vielen anderen PAHs – bereits bestens untersucht (PEKLO et al, 1999).

Öfters wird in der Literatur auch eine Gruppierung von sechs PAH zitiert, welche von der Weltgesundheitsorganisation WHO vorgeschlagen wurde. Diese sechs Leitsubstanzen werden häufig als DIN-PAH bezeichnet und sind in Abbildung 4 mit [DIN] gekennzeichnet (DIN 38 409 Teil 13).

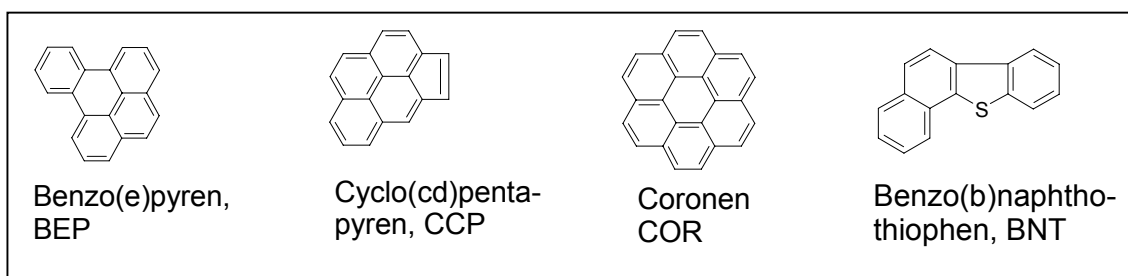


Abbildung 3: Strukturformeln, Bezeichnungen und Abkürzungen der untersuchten Tracer und von Benzo(e)pyren

In einer aktuellen Arbeit schlagen JACOB und SEIDEL (2002) vor, die EPA PAH bei Umwelt- und Arbeitsplatzuntersuchungen zukünftig durch einen Summenparameter zu ersetzen, welcher aus 17 kanzerogenen PAH besteht. Dies wird damit begründet, dass bislang BAP als Leit-PAH für die Kanzerogenität einer Probe herangezogen

wurde. Der Wirkungsanteil von BAP am krebserzeugenden Gesamtpotenzial erweist sich allerdings als stark matrixabhängig und kann erheblich differieren.

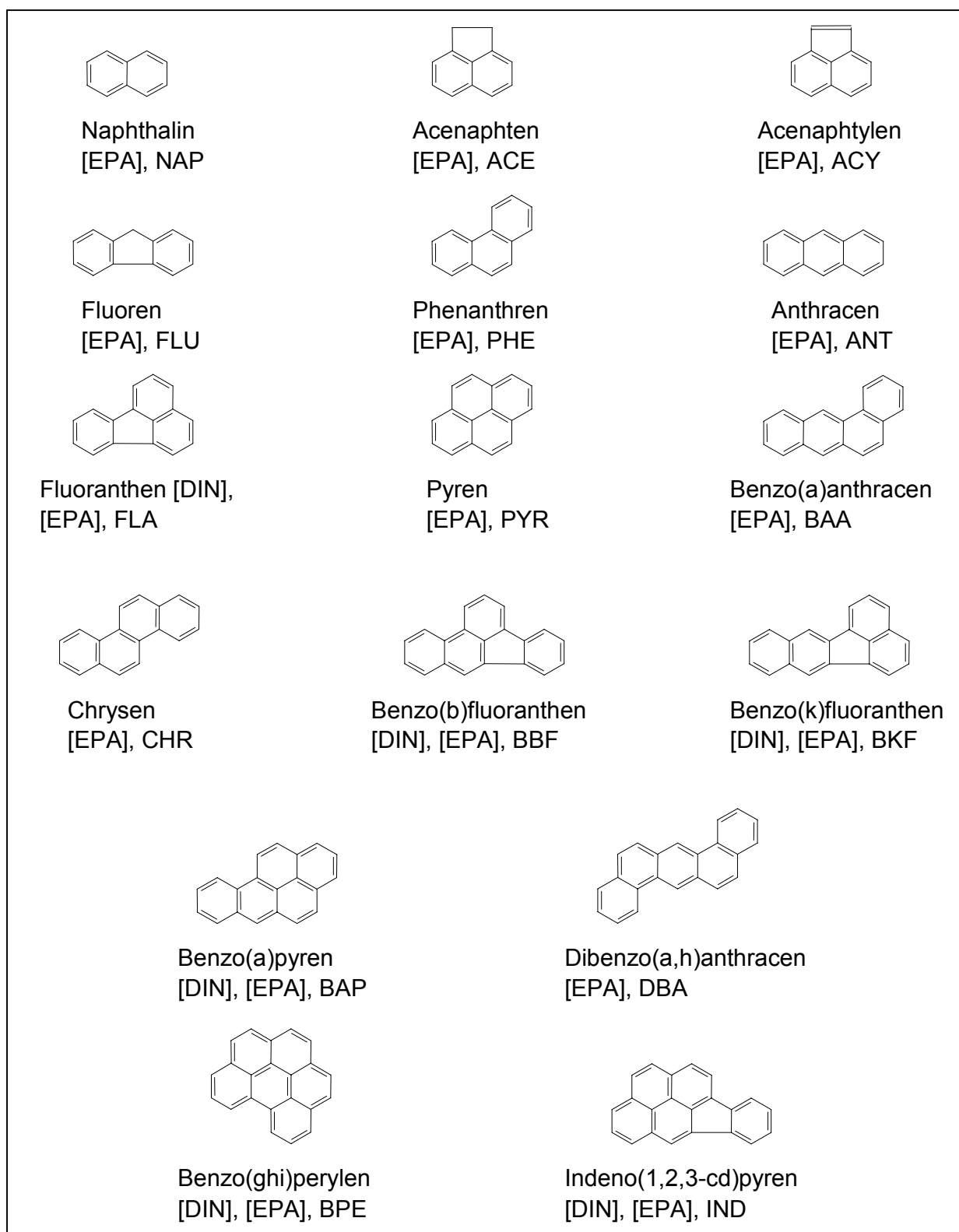


Abbildung 4: Strukturformeln, Bezeichnungen und Abkürzungen der untersuchten Leitsubstanzen (UMWELTBUNDESAMT, 1999a)

## 4 PROBENAHME, ANALYTIK U. MESSSTELLENBESCHREIBUNG

### 4.1 Probenahme

Von Anfang Oktober 2000 bis Ende September 2001 wurden in Linz und Graz Beprobungen durchgeführt. Die Probenahmen erfolgten über den Zeitraum von 24 Stunden und wurden in beiden Städten zeitgleich alle 6 Tage durchgeführt. Zu beiden Messstellen sind in den Probenahmeprotokollen auch einfache Wetterbeschreibungen notiert. Ebenso wurden meteorologische Daten wie Luftdruck und Temperatur aufgezeichnet, um das totale Beprobungsvolumen in Normkubikmeter ( $\text{Nm}^3$  bei  $25^\circ\text{C}$ , 1013,25 mbar) errechnen zu können. Alle Ergebnisse wurden auf diese Einheit normiert.

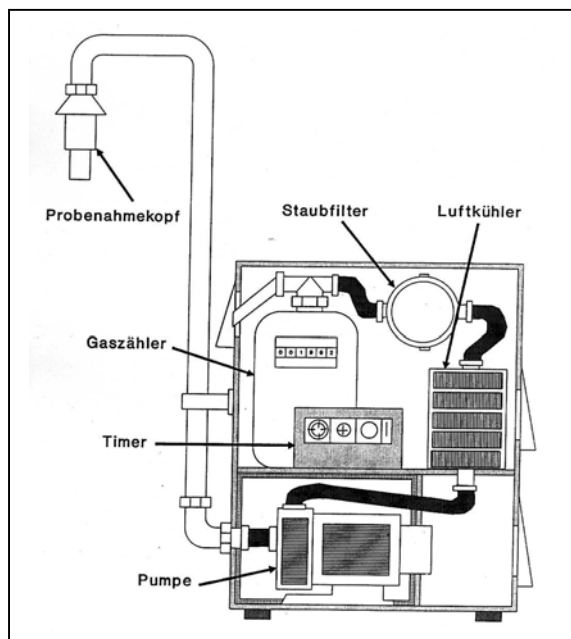


Abbildung 5: Schema des Probenahmegerätes

Das Probenahmegerät besteht aus einem Filtersystem, einem Mast, einer Ansaug-Pumpe, einem Gasvolumenmessgerät und einer Zeitschaltuhr. Diese Komponenten sind in einem wetterfesten, kompakten und versperrbaren Gehäuse untergebracht.

Die Außenluft wird bei dem Standardgerät mit einem konstanten Volumenstrom von ca.  $14\text{m}^3/\text{h}$  über die Filtereinheit gesaugt. Der Volumenstrom kann nach Bedarf durch Drosselung durch ein Reduzierventil oder durch Verwendung einer Pumpe mit geringerem Fördervolumen bis auf  $1,5\text{m}^3/\text{h}$  reduziert werden. Die partikelförmigen Luftbeimengungen werden dabei auf einem Glasfaserfilter und die gasförmigen Luft-Beimengungen der mittel- und schwerflüchtigen organischen Komponenten auf einem Polyurethanschaum (PU-Schaum) gesammelt.

Während der Probenahme werden die Lufttemperatur, der Luftdruck und die Luftfeuchte kontinuierlich aufgezeichnet. Damit kann das Probevolumen auf die gewünschten Normbedingungen rückgerechnet werden. (siehe Abbildung 5).

Der Filterkopf selber besteht aus einem Wetterschutz (1), der den Filterkopf vor Wettereinflüssen schützen soll, der wetterfesten Verkleidung der Filterpatrone (2), einem Ansaugtubus (3) und der Strömungsplatte (4). Diese Teile sind in Abbildung 6 dargestellt.

Die PAHs überspannen einen weiten Bereich von

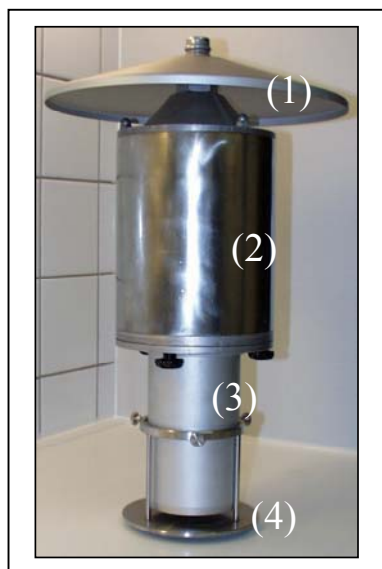


Abbildung 6: Filterkopf mit  
 (1) Regenschutz  
 (2) Filterkopf  
 (3) Ansaugtubus  
 (4) Strömungsplatte



Dampfdrücken (z.B. von  $1,1 \times 10^{-2}$  kPa für Naphthalin bis  $2 \times 10^{-13}$  kPa für Coronen bei  $25^\circ \text{C}$ ). PAHs mit Dampfdrücken oberhalb  $10^{-8}$  kPa sind in der Außenluft im Wesentlichen zwischen gasförmiger und partikelgebundener Phase verteilt. Die hier angewandte Methode ermöglicht die Probenahme beider Phasen. Naphthalin und Acenaphthen haben relativ hohe Dampfdrücke und werden mit dieser Methode möglicherweise nicht quantitativ erfasst.

## 4.2 Analytik

Die Zylinder mit den Filtern wurden gekühlt in das Umweltbundesamt transportiert. Danach wurden die PU-Schäume und die Partikelfilter in Soxhlet-Extraktoren überführt, mit isotoopenmarkierten PAHs als Surrogates ( $^{13}\text{C}$ -Isotope) versetzt und extrahiert. Der Probenextrakt wurde anschließend eingengt und mittels Säulenchromatographie gereinigt. Querempfindlichkeiten bei der anschließenden Analyse konnten somit weitgehend ausgeschaltet werden. Die Analyse erfolgte mittels Gaschromatographie und massenselektiver Detektion. Die Auswertung erfolgte nach der internen Standardmethode.

Die Messungen werden nach DIN 12 884 (2000) durchgeführt. Diese internationale Norm behandelt die Probenahme, die Probenreinigung und die analytischen Verfahrensweisen für die Bestimmung von PAHs in der Außenluft. Das Verfahren ermöglicht die Erfassung der partikelgebundenen und der gasförmigen PAHs sowie ihre gemeinsame Bestimmung. Die Methode ist für eine Probenahmedauer bis zu 24 Stunden einsetzbar.

### 4.3 Beschreibung der Messstellen

#### 4.3.1 Graz

Das Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 17C (Referat Luftgüteüberwachung) betreibt seit 1987 die Luftgütemessstation „Graz – Süd“ (Stationsnummer 140). Als Messziel wird die Erfassung der Immissionsstruktur im gewerblich-industriell dominierten Bereich der Landeshauptstadt gem. LGBl. 128/1974 und BGBl. 115/1997 angegeben.

Seehöhe: 342 MSL

Geo. Breite: N 47°02'35"

Geo. Länge: E 15°26'05"



Abbildung 7: geogr. Lage der Messstelle Graz – Süd

#### 4.3.2 Linz

Das Amt der Oberösterreichischen Landesregierung betreibt seit 1979 in der Landeshauptstadt die Messstelle Linz-ORF-Zentrum (S414). Als Messziel wird die Überwachung nach dem OÖ. Luftreinhaltegesetz (LGBl. 34/1976) und dem Immissionsschutzgesetz-Luft (BGBl. 115/1997) in einem Industrie- und Wohngebiet an einer stark befahrenen Straße angegeben. Die Station befindet sich in der Blumauerstraße 42, 4020 Linz.

Seehöhe: 263 MSL

Geo. Breite: N 48°17'51"

Geo. Länge: E 14°18'05"

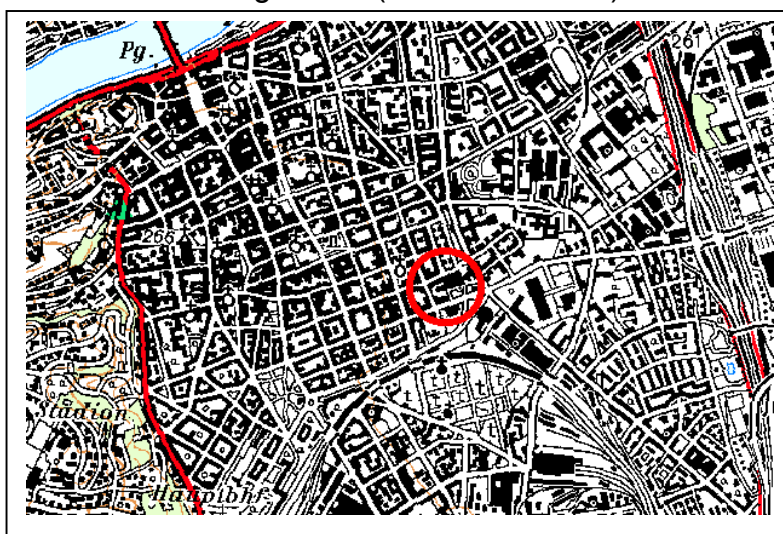


Abbildung 8: geogr. Lage der Messstelle Linz-ORF-Zentrum

## **5 DARSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE**

In den folgenden Kapiteln werden die Untersuchungsergebnisse dargestellt.

### **5.1 Einzeldarstellung der Ergebnisse nach Monaten**

In dieser Darstellung wurden die Einzelergebnisse der Messstellen Linz und Graz nach ihren Monatsmittelwerten dargestellt. Um den Streubereich zu charakterisieren, wurden die gebildeten arithmetischen Mittelwerte und die rel. Standardabweichung einer Messreihe graphisch dargestellt.

Um die Messergebnisse der beiden Messstellen Graz und Linz einfach vergleichen zu können, wurden die graphischen Darstellungen für das jeweilige Monat untereinander positioniert. Die Ordinatenkalierung der Diagramme wurde in diesem Abschnitt für untereinanderliegende Diagramme angeglichen, um auch optisch auf einfache Weise einen Vergleich ziehen zu können.

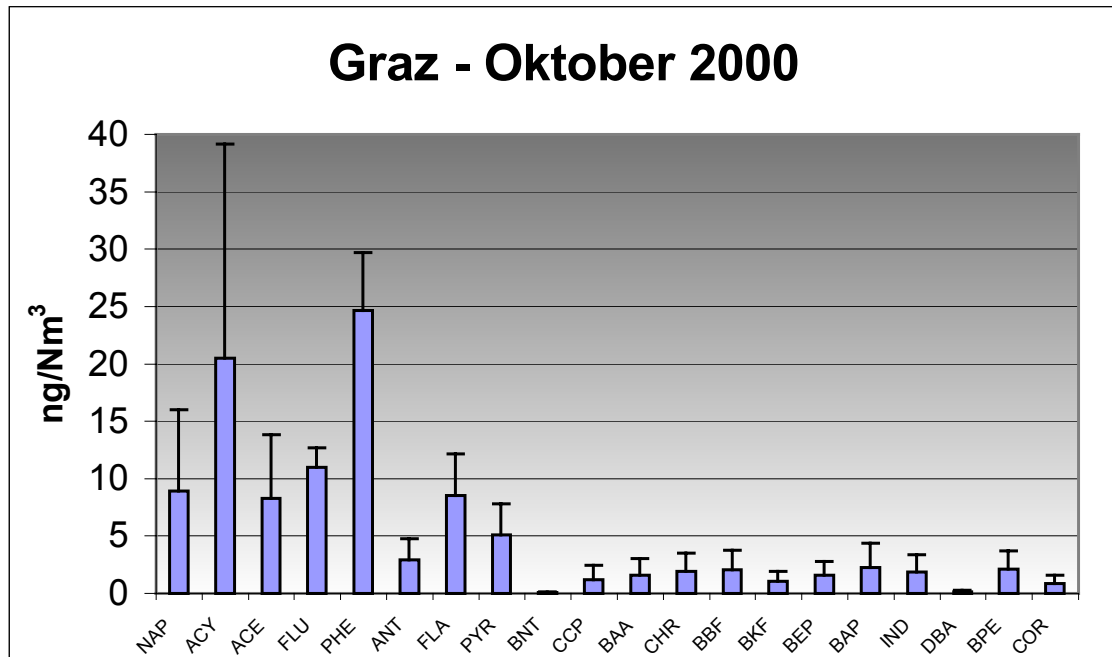


Abbildung 9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Oktober 2000

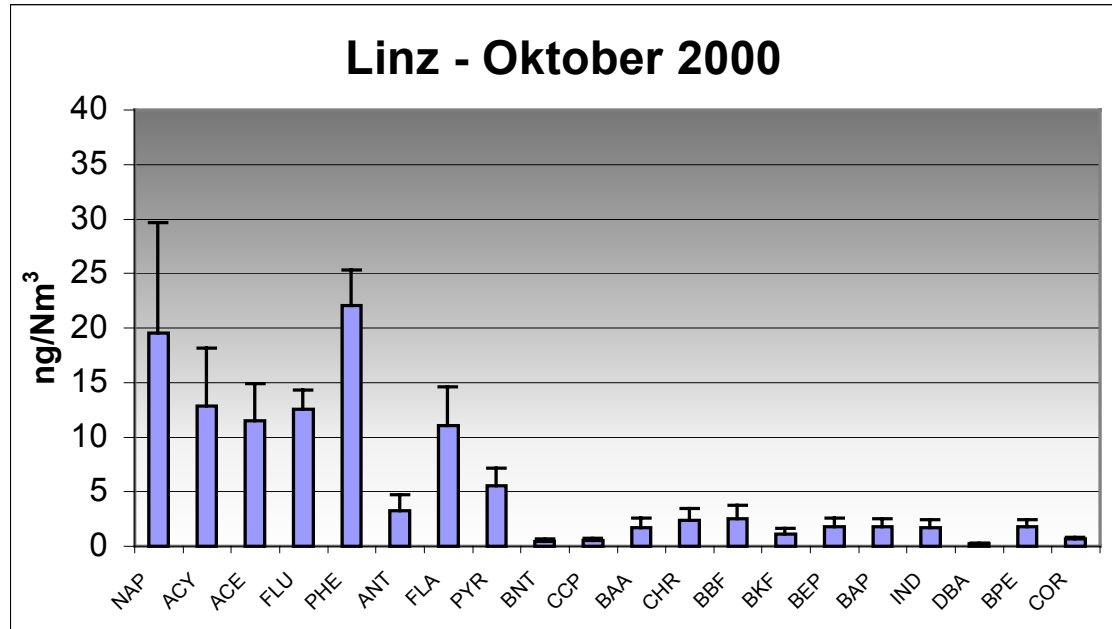


Abbildung 10: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Oktober 2000

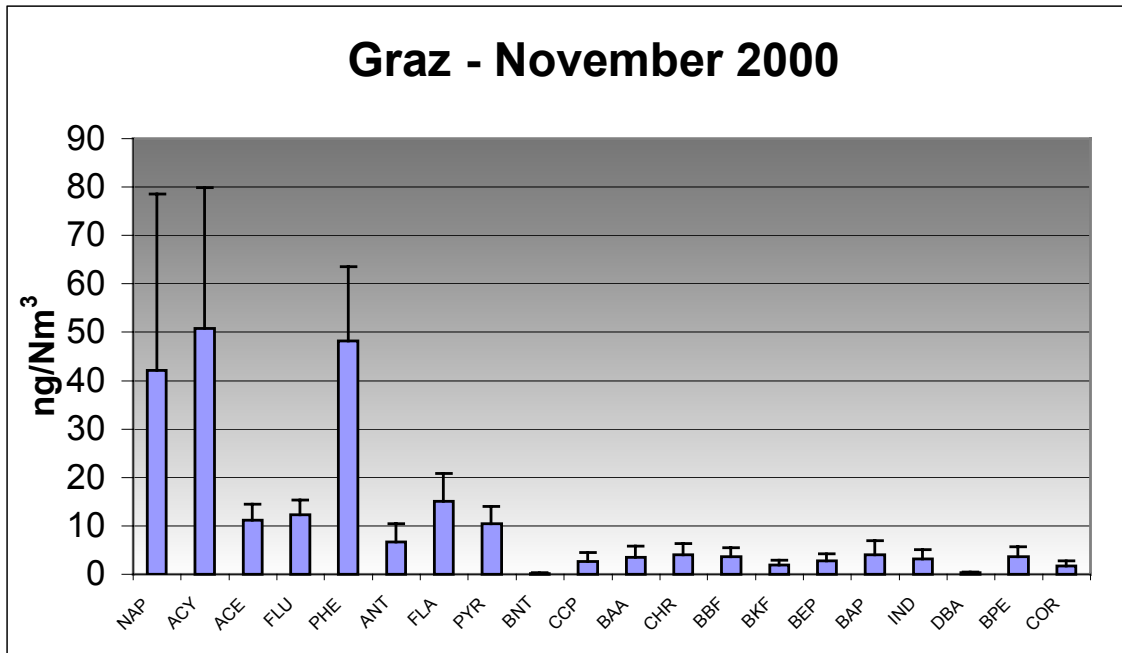


Abbildung 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / November 2000

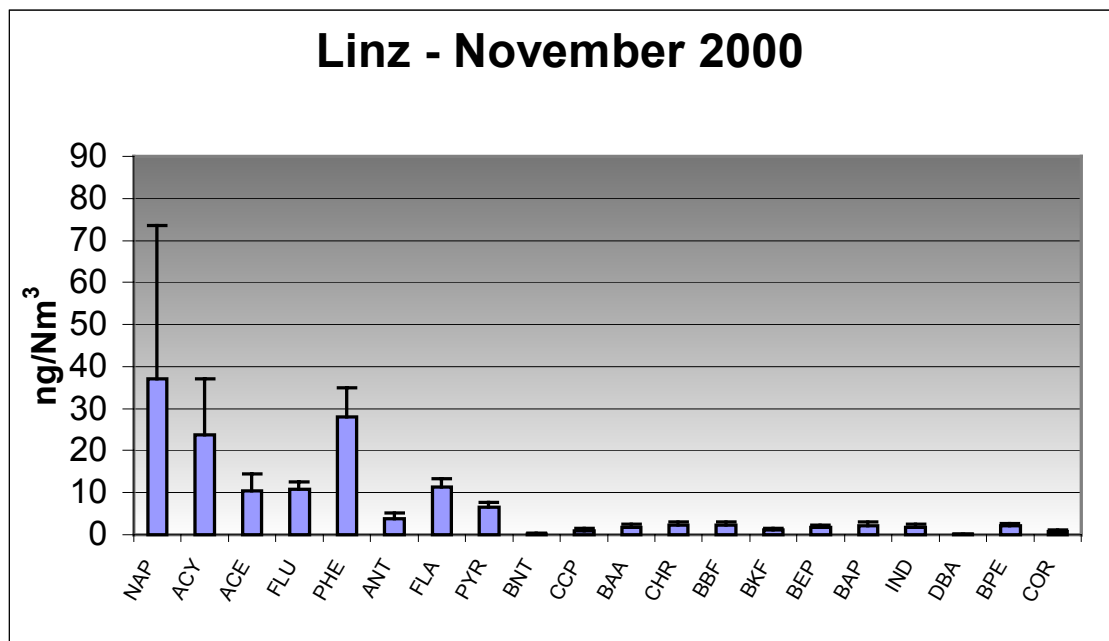


Abbildung 12: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / November 2000

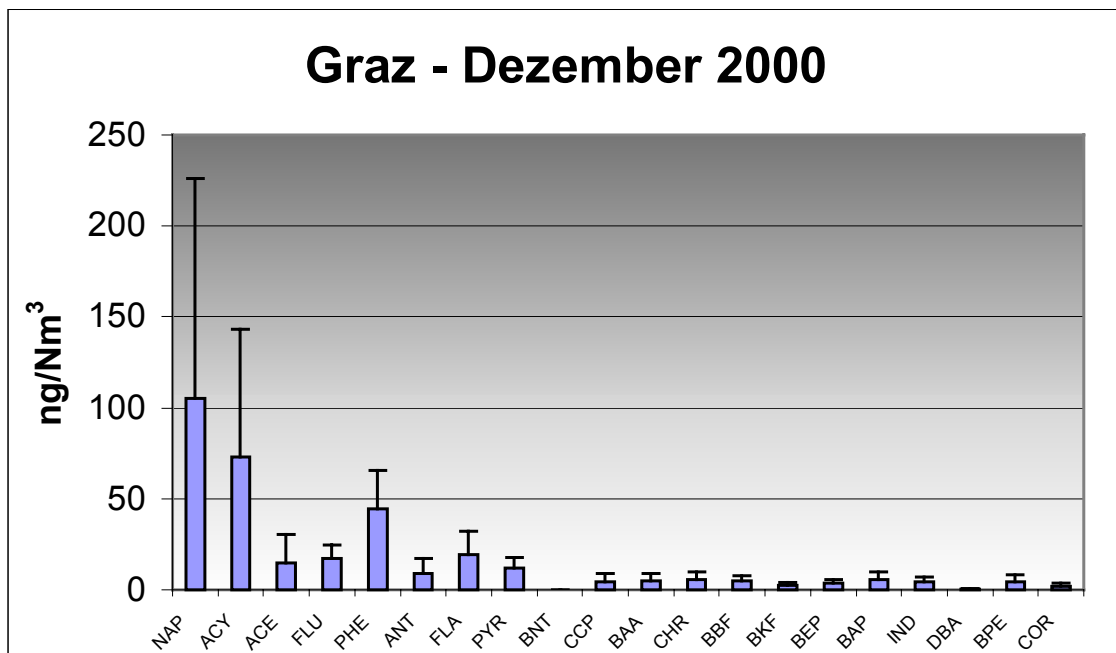


Abbildung 13: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Dezember 2000

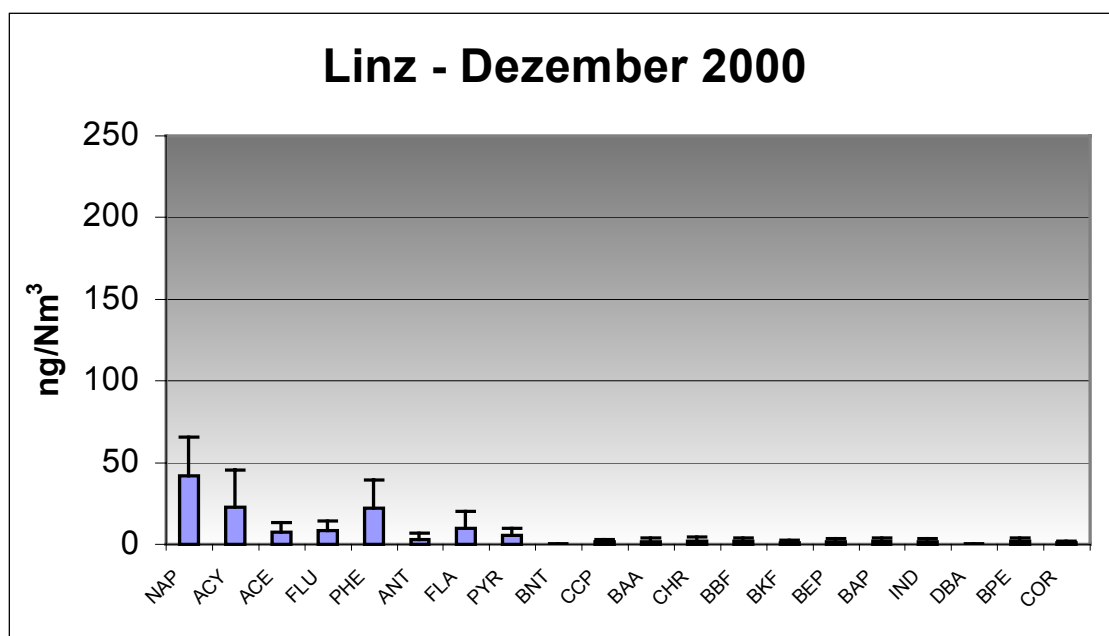


Abbildung 14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Dezember 2000

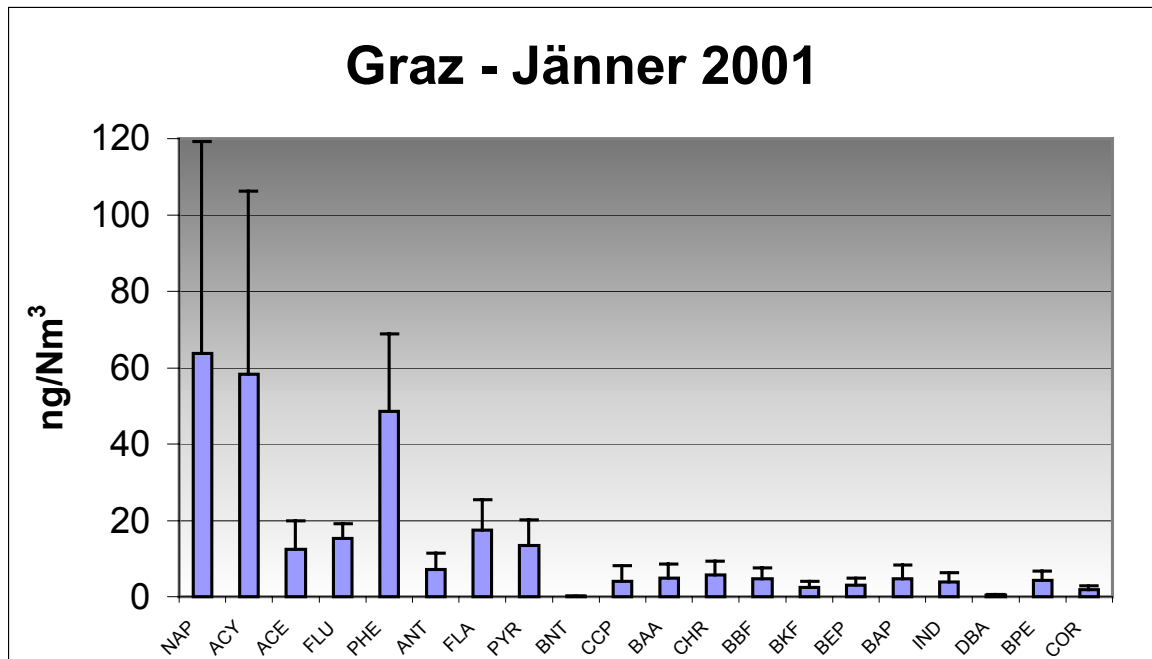


Abbildung 15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Jänner 2001

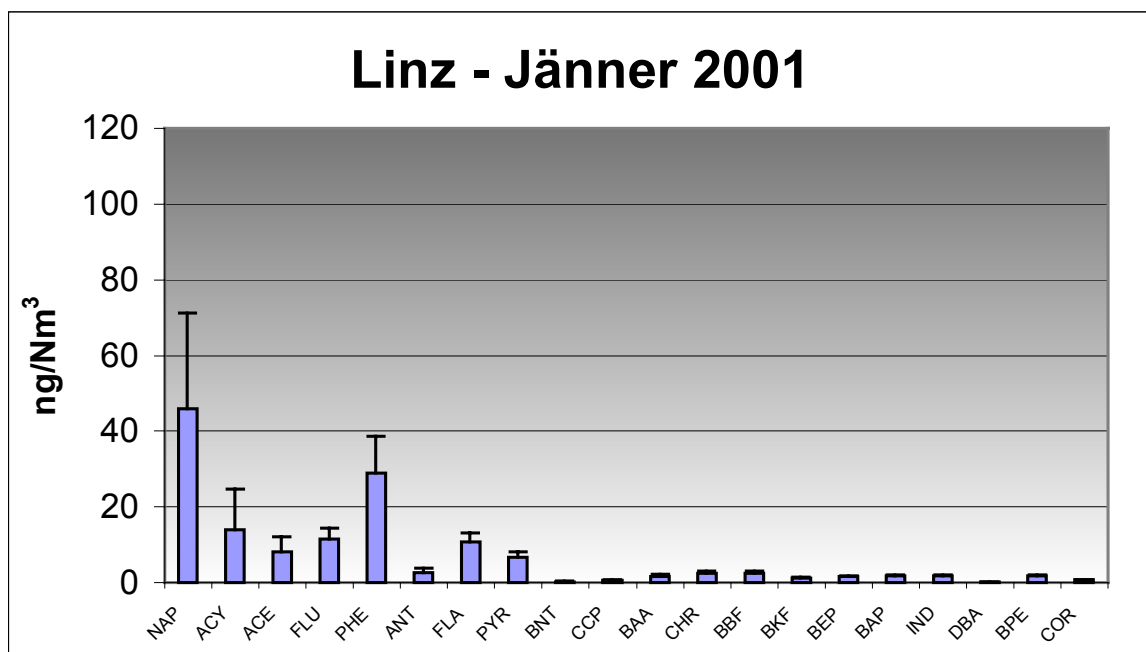


Abbildung 16: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Jänner 2001

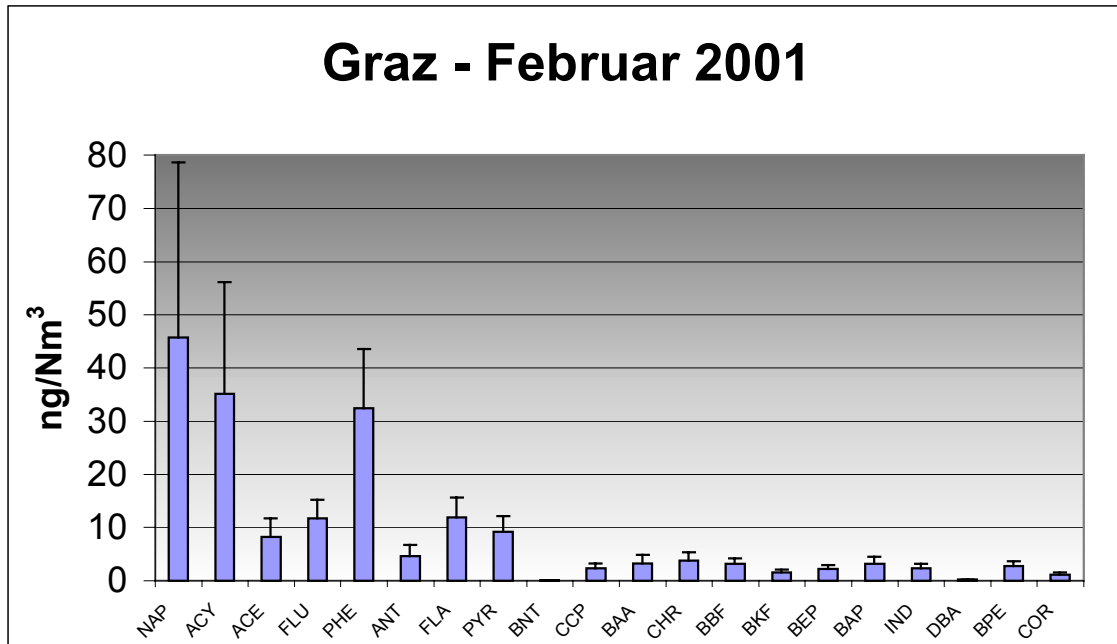


Abbildung 17: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Februar 2001

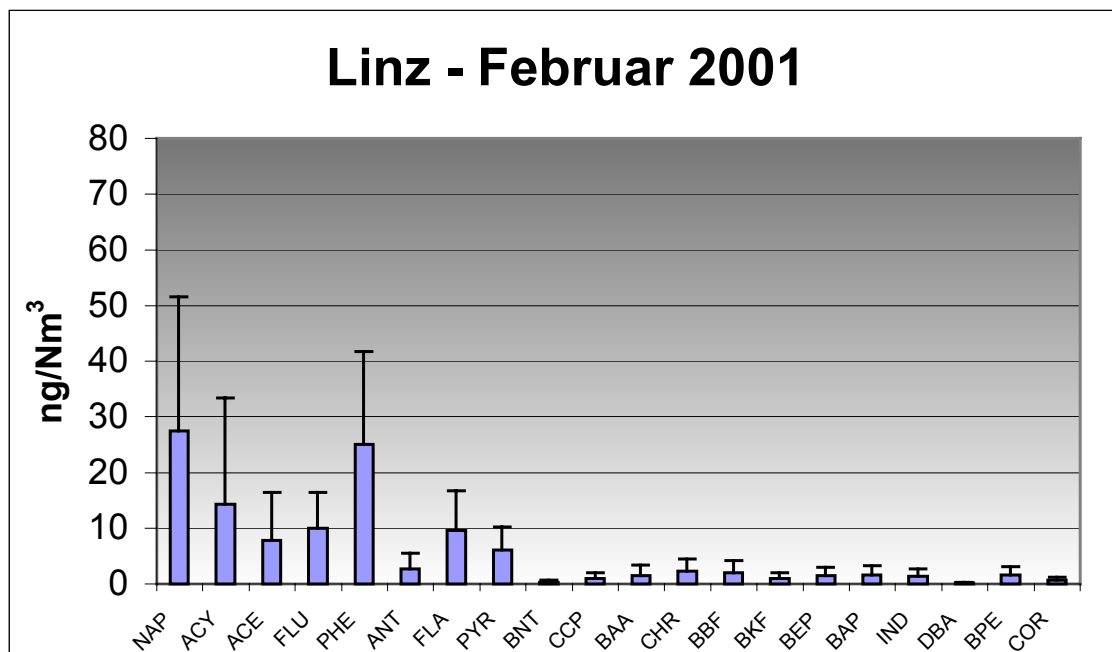


Abbildung 18: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Februar 2001



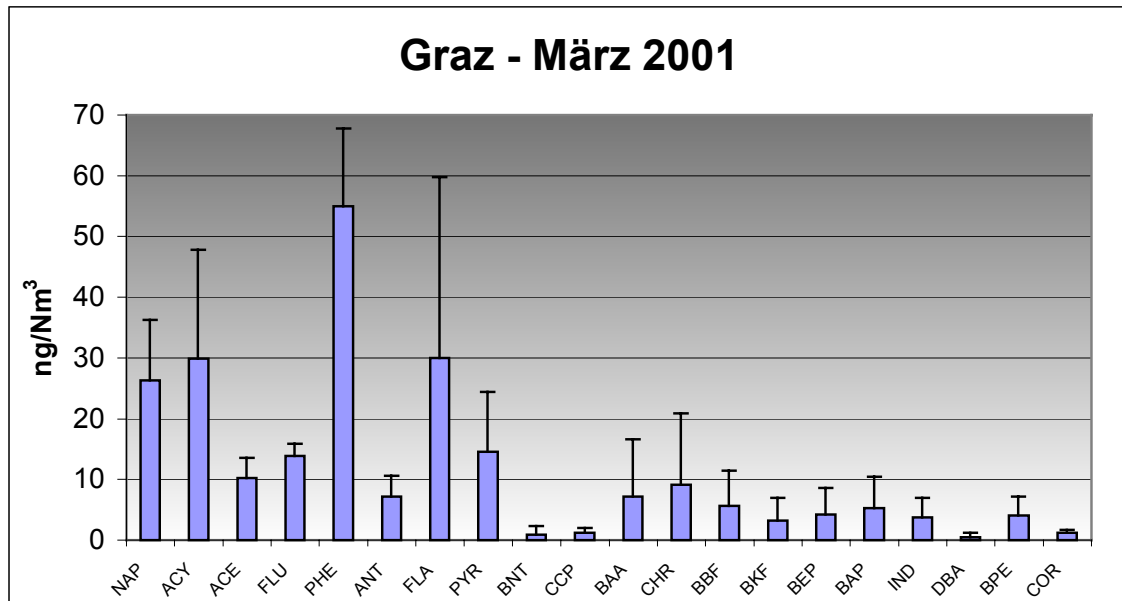


Abbildung 19: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / März 2001

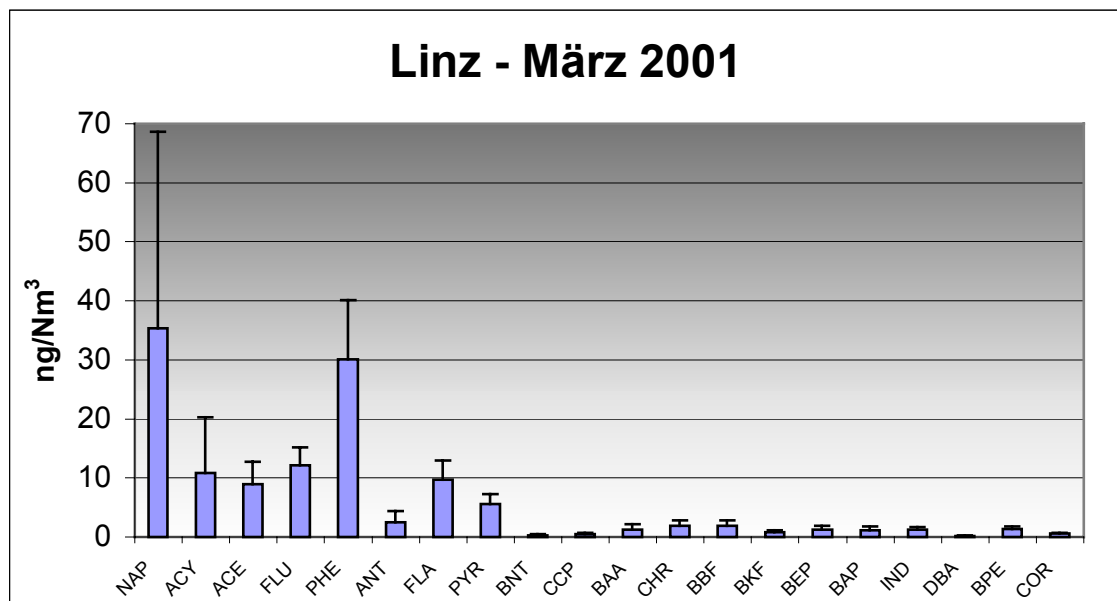


Abbildung 20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / März 2001

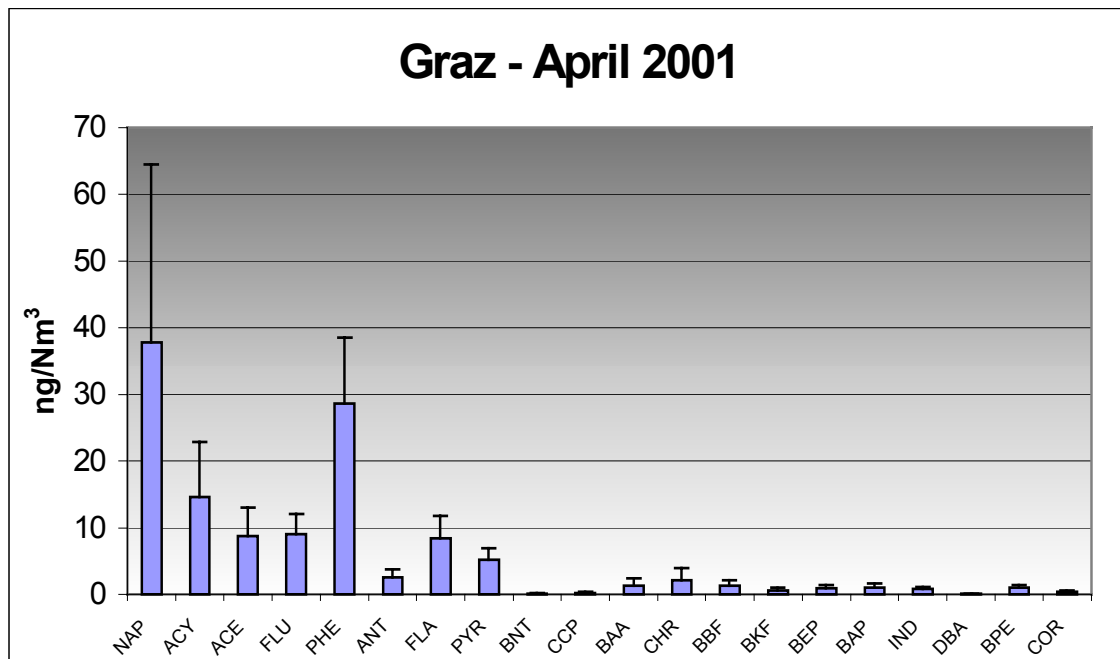


Abbildung 21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / April 2001

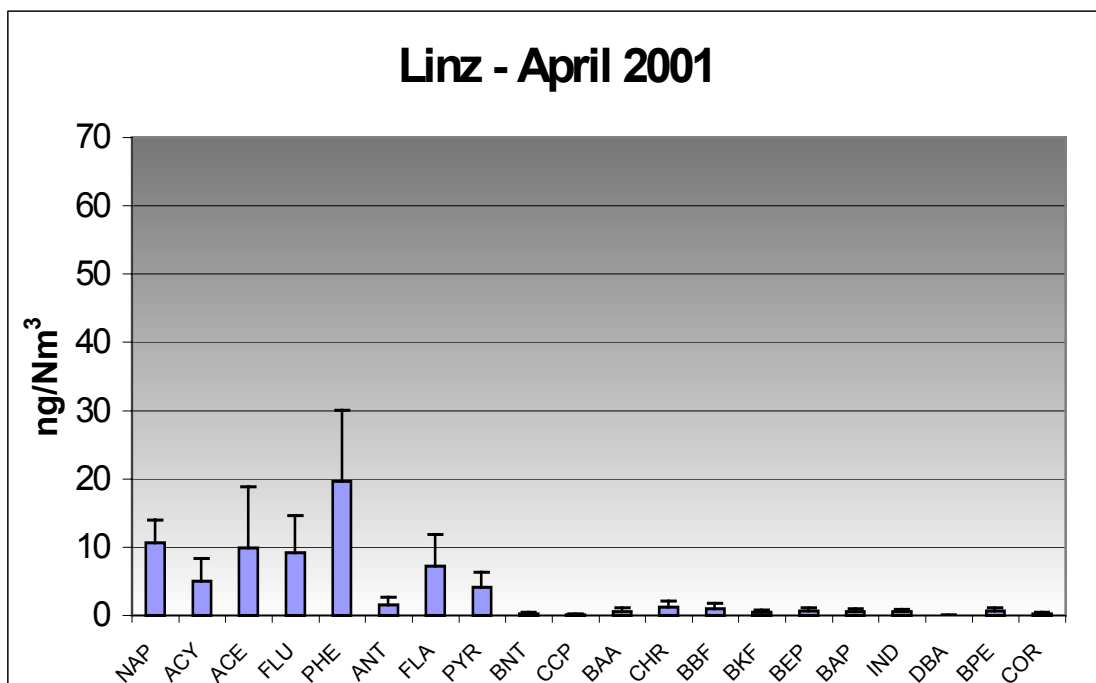


Abbildung 22: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / April 2001

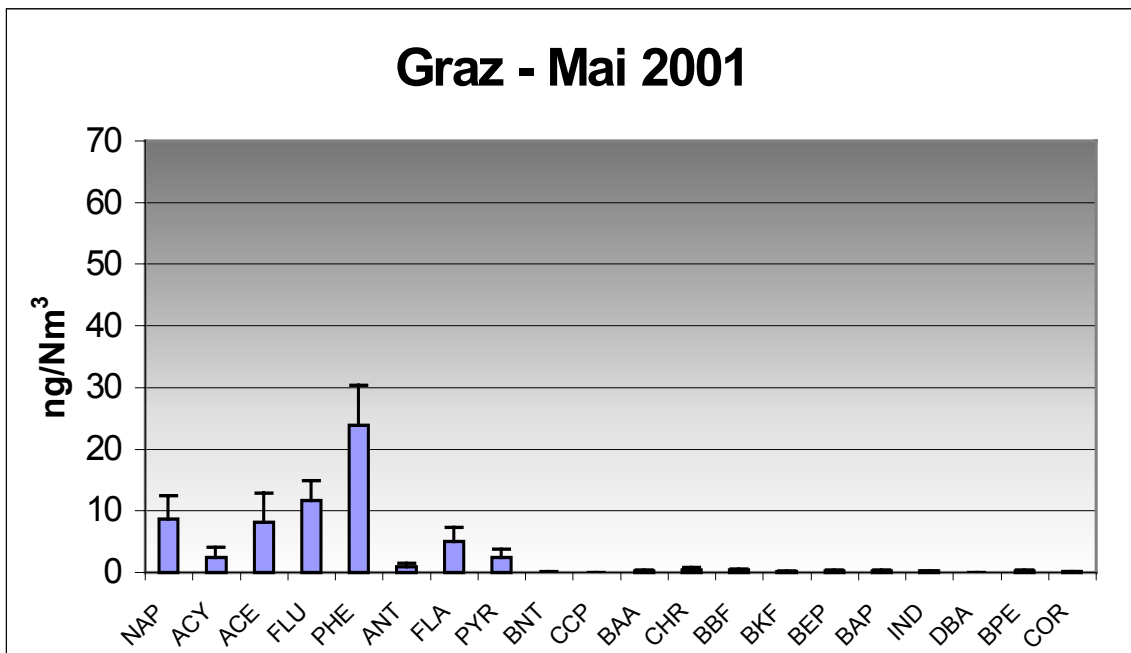


Abbildung 23: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Mai 2001

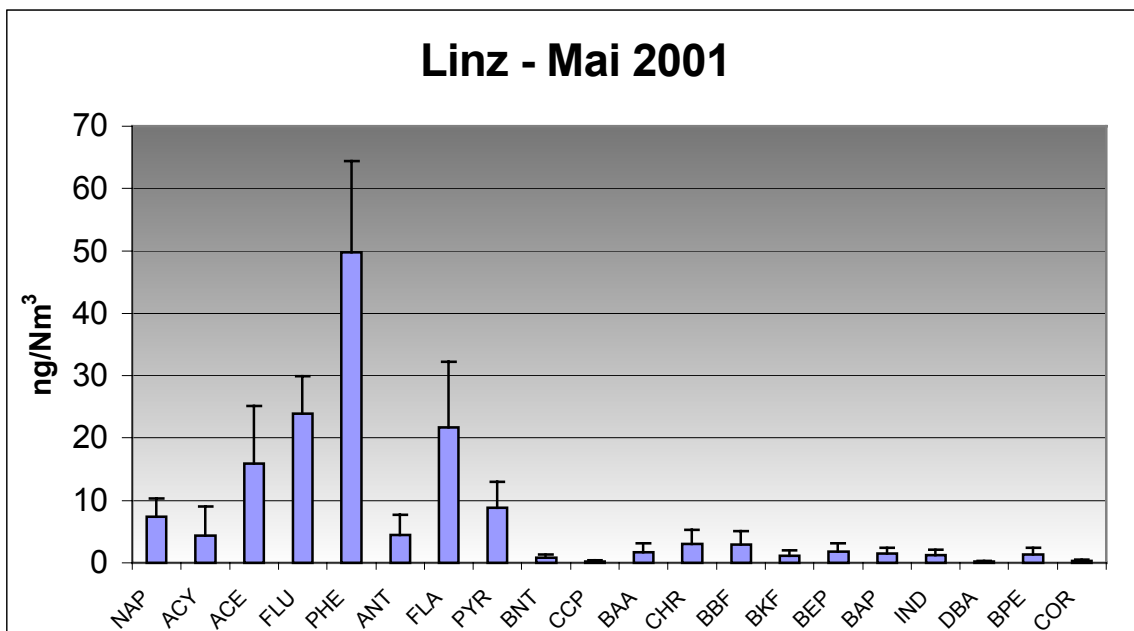


Abbildung 24: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Mai 2001

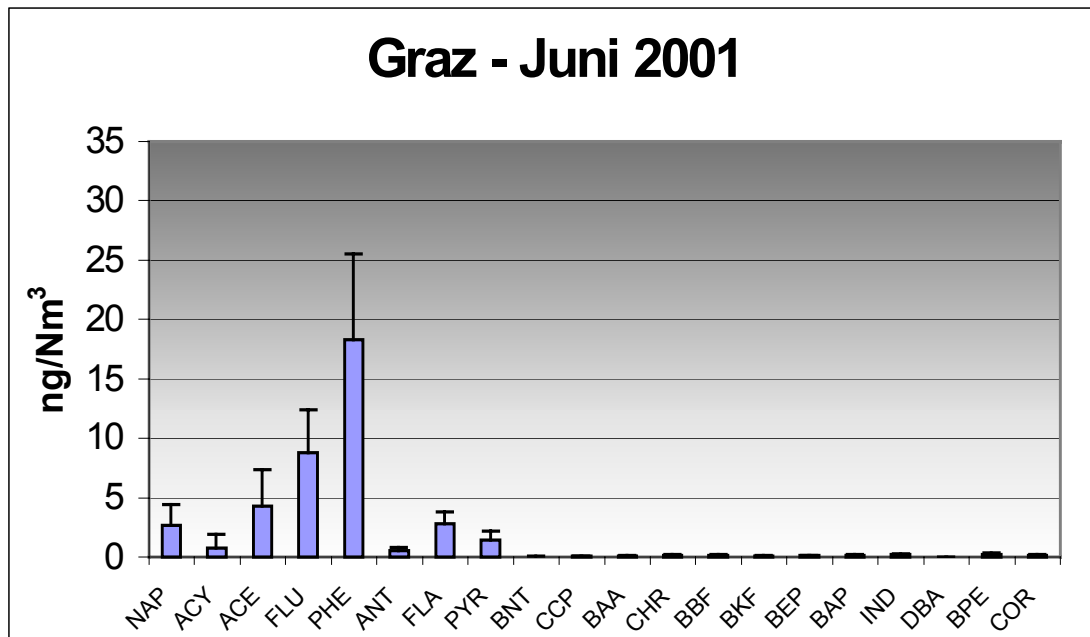


Abbildung 25: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Juni 2001

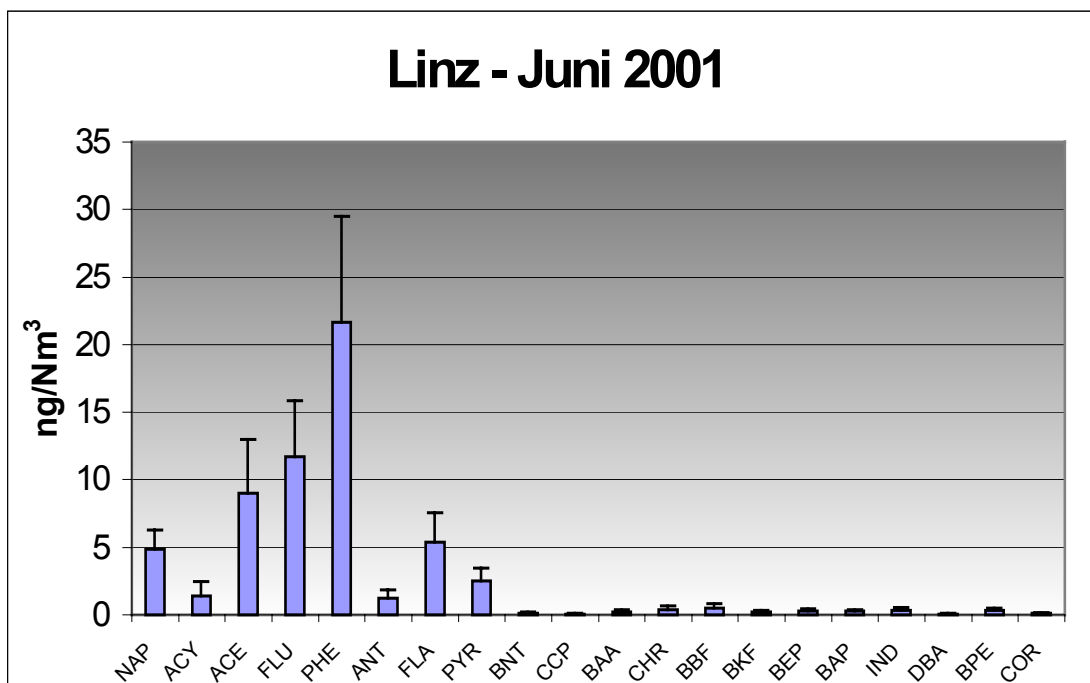


Abbildung 26: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Juni 2001

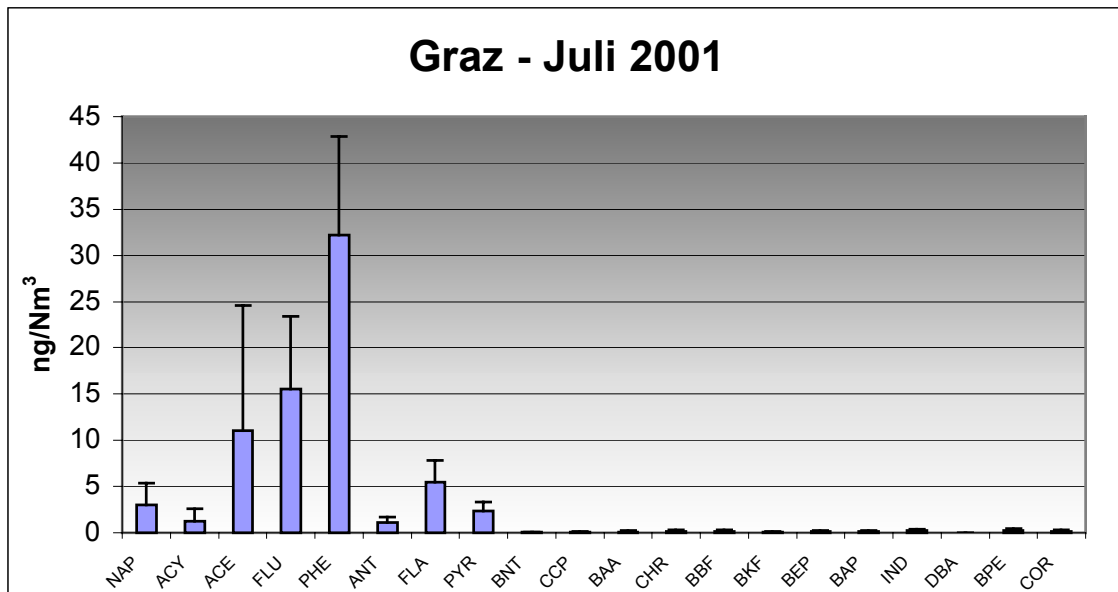


Abbildung 27: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Juli 2001

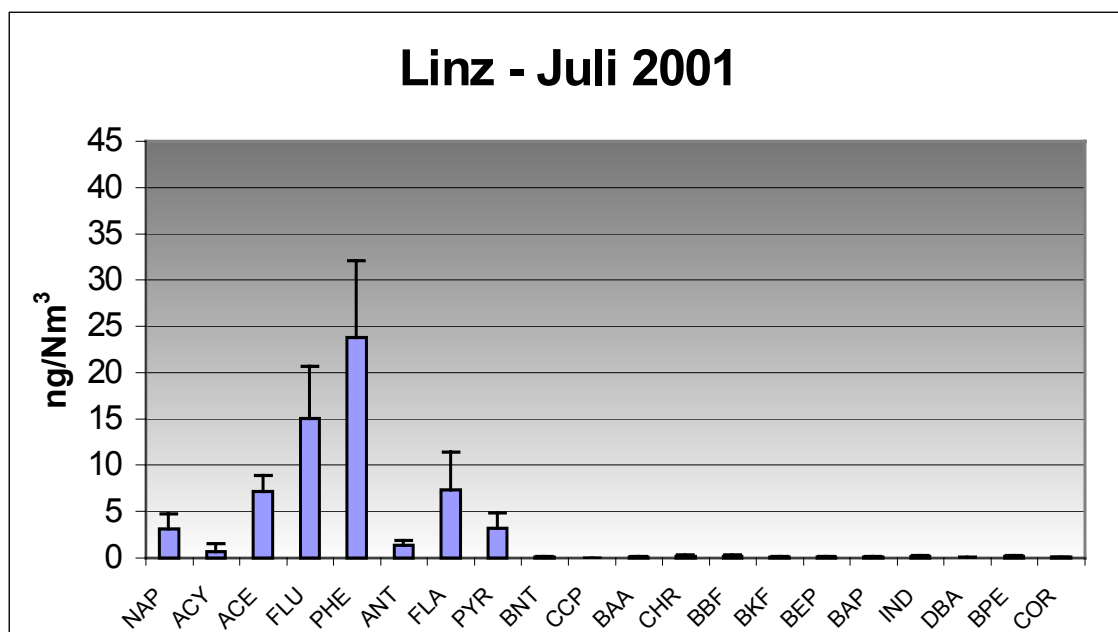


Abbildung 28: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Juli 2001

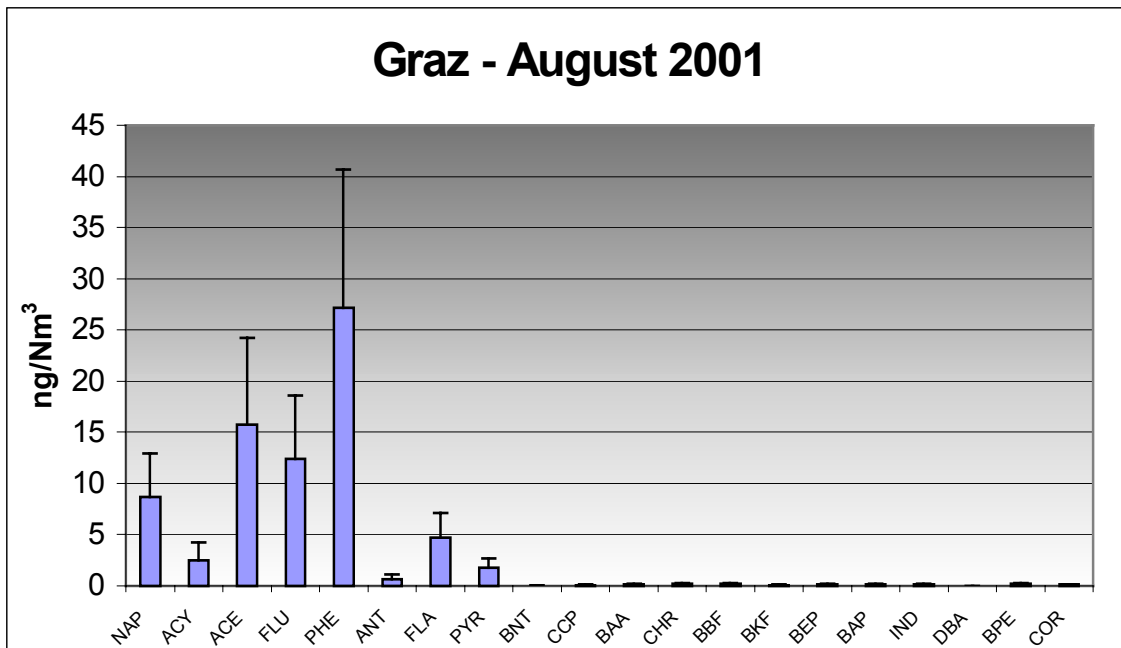


Abbildung 29: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / August 2001

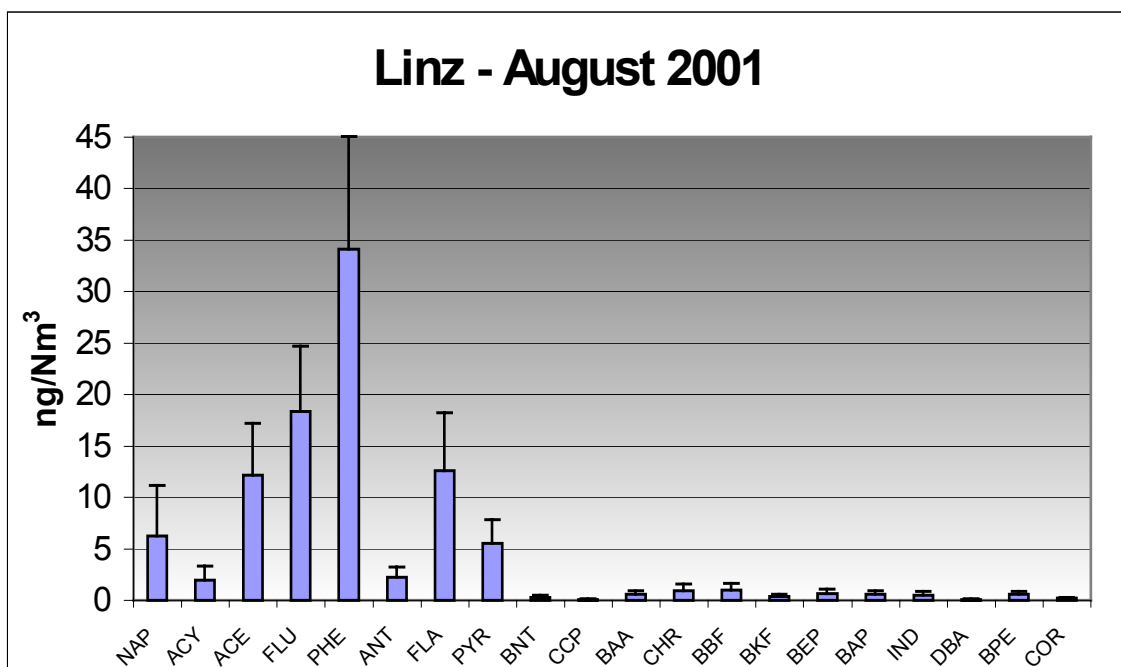


Abbildung 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / August 2001

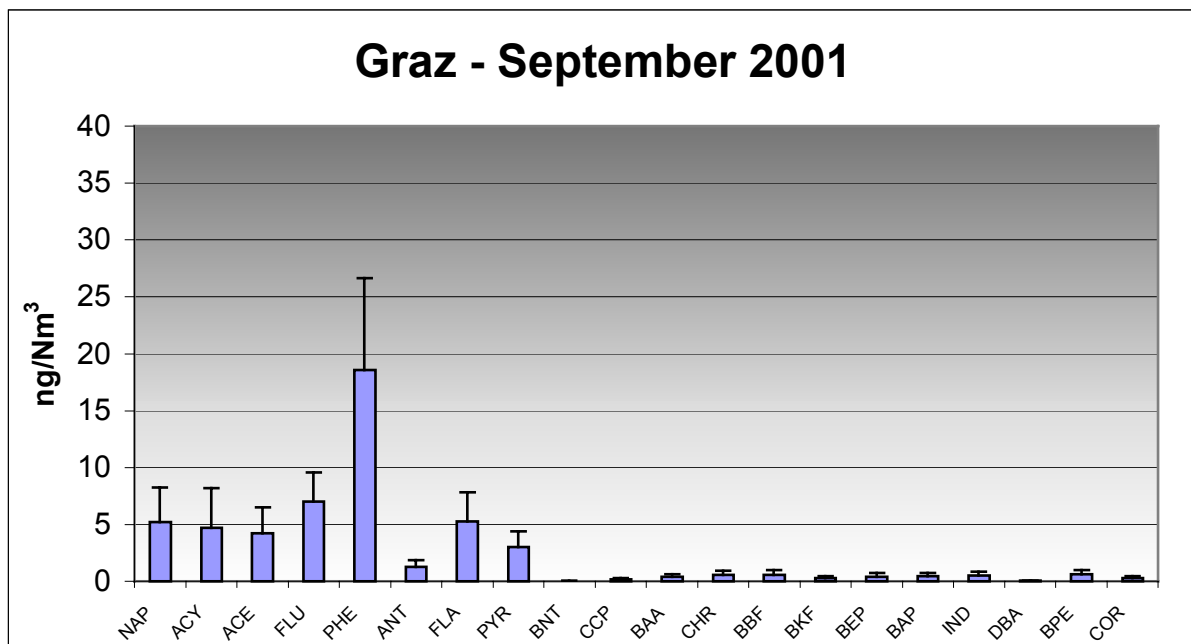


Abbildung 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / September 2001

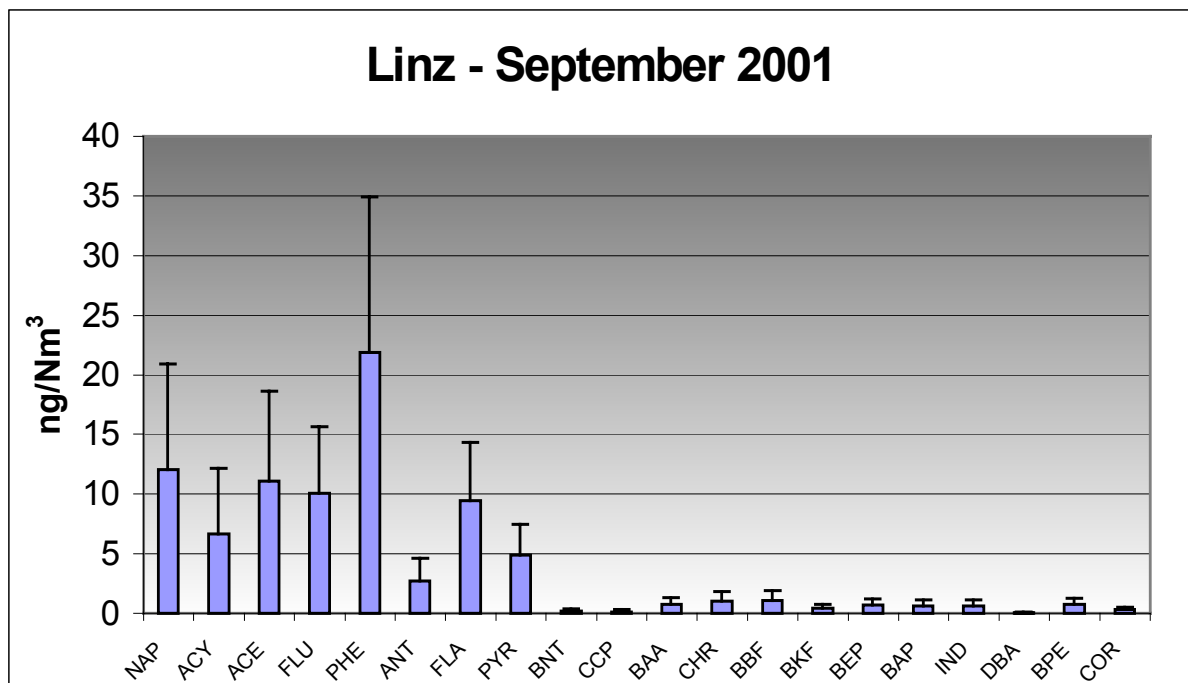


Abbildung 32: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / September 2001

## **5.2 Darstellung der Messergebnisse nach Parametern**

In dieser Darstellungsform wurden die einzelnen Parameter über den gesamten Messzeitraum Oktober 2000 bis September 2001 für die beiden Messstellen Graz und Linz dargestellt. Um die Streubereiche graphisch darzustellen, wurden die Ergebnisse als Monatsmittelwert unter Einbeziehung der Standardabweichungen in die Abbildungen eingetragen.



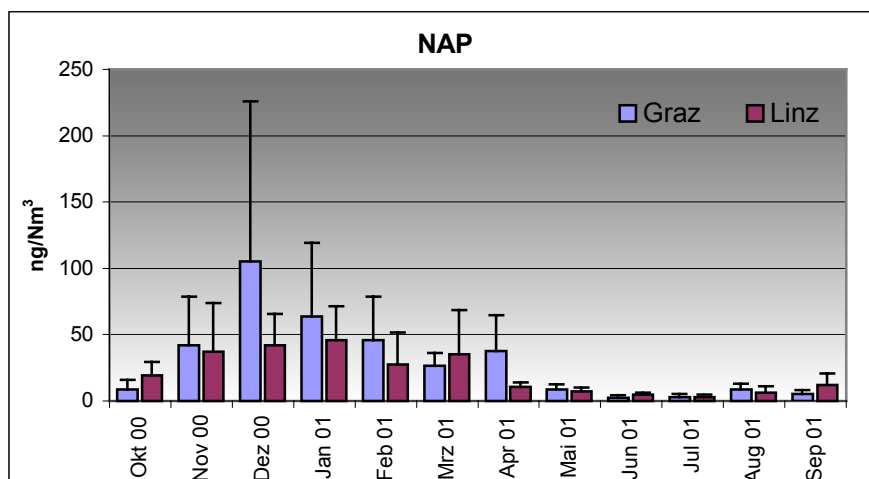


Abbildung 33: Mittelwerte und Standardabweichungen von NAP im Messzeitraum in Graz und Linz

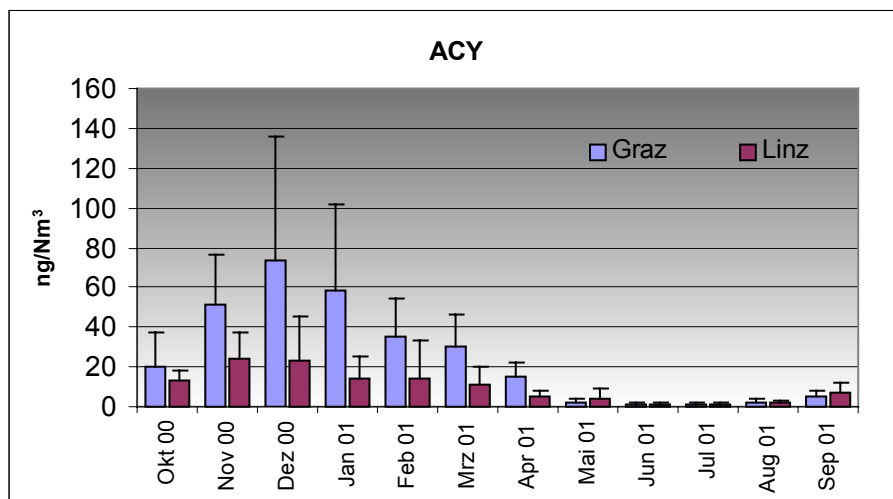


Abbildung 34: Mittelwerte und Standardabweichungen von ACY im Messzeitraum in Graz und Linz

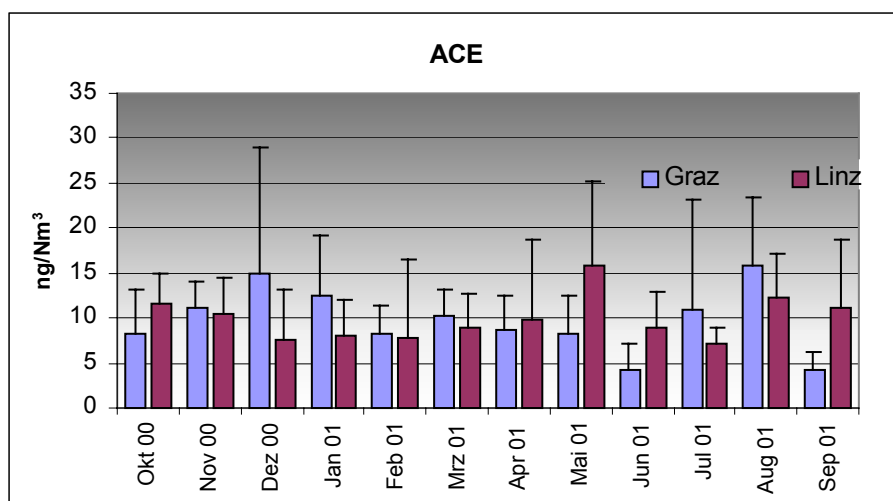


Abbildung 35: Mittelwerte und Standardabweichungen von ACE im Messzeitraum in Graz und Linz

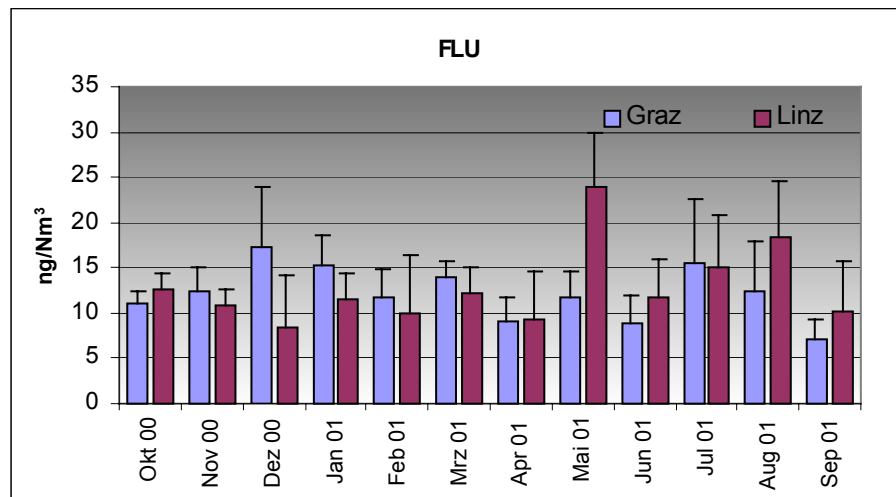


Abbildung 36: Mittelwerte und Standardabweichungen von FLU im Messzeitraum in Graz und Linz

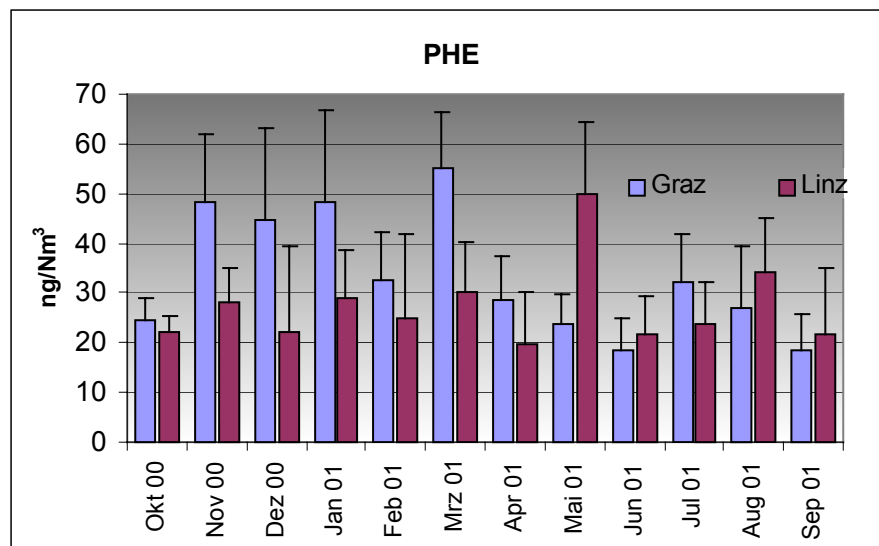


Abbildung 37: Mittelwerte und Standardabweichungen von PHE im Messzeitraum in Graz und Linz

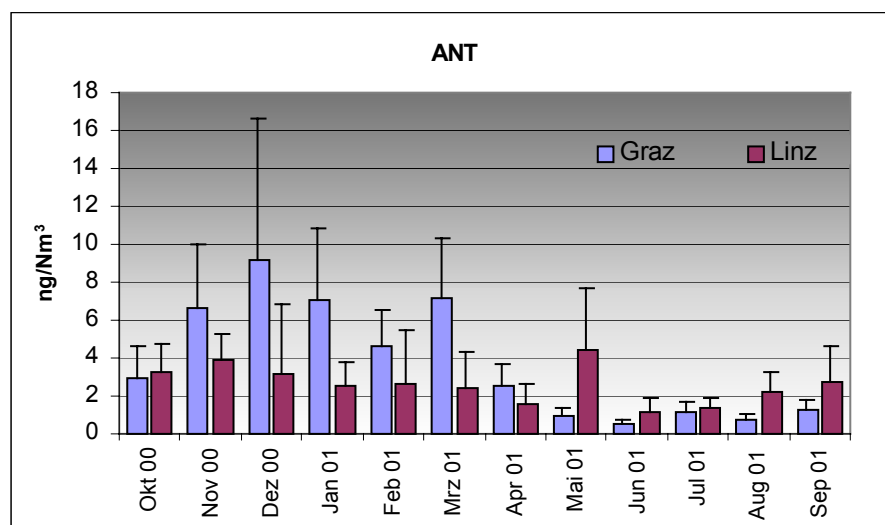


Abbildung 38: Mittelwerte und Standardabweichungen von ANT im Messzeitraum in Graz und Linz

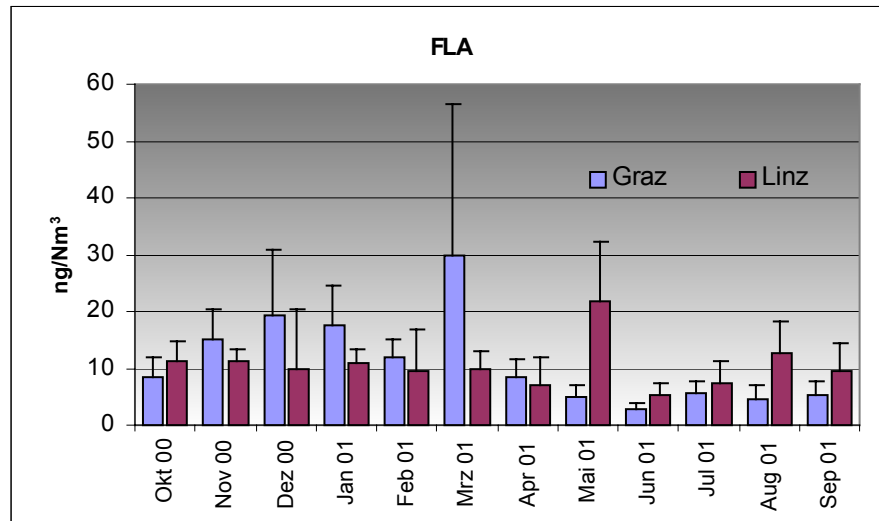


Abbildung 39: Mittelwerte und Standardabweichungen von FLA im Messzeitraum in Graz und Linz

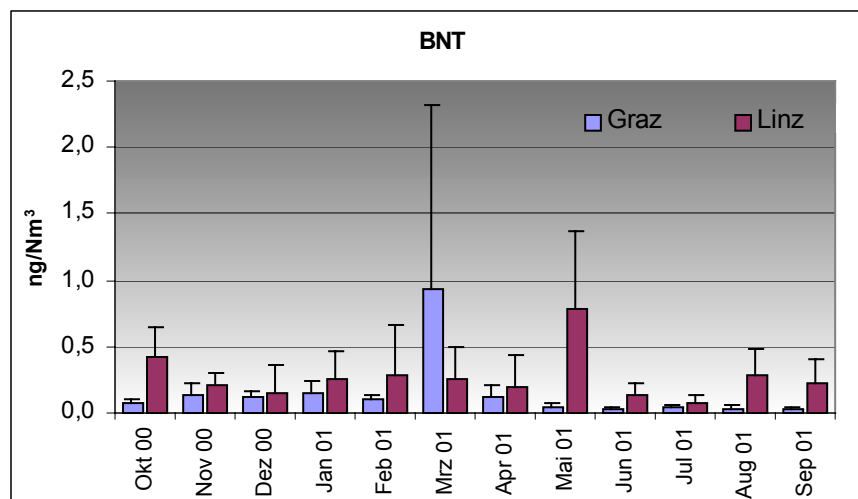


Abbildung 40: Mittelwerte und Standardabweichungen von BNT im Messzeitraum in Graz und Linz

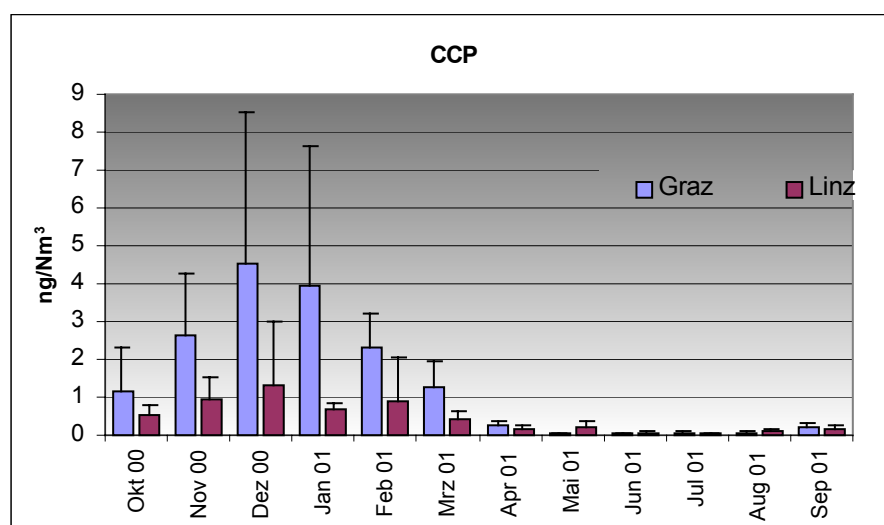


Abbildung 41: Mittelwerte und Standardabweichungen von CCP im Messzeitraum in Graz und Linz

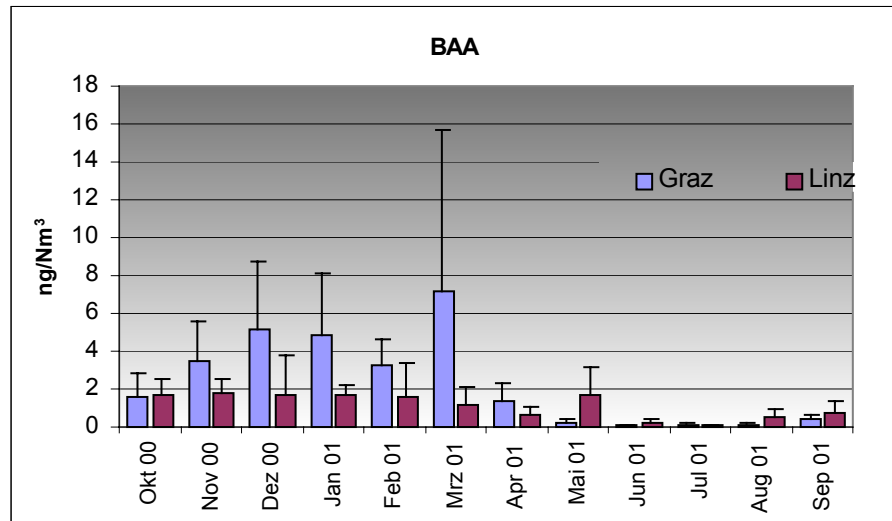


Abbildung 42: Mittelwerte und Standardabweichungen von BAA im Messzeitraum in Graz und Linz

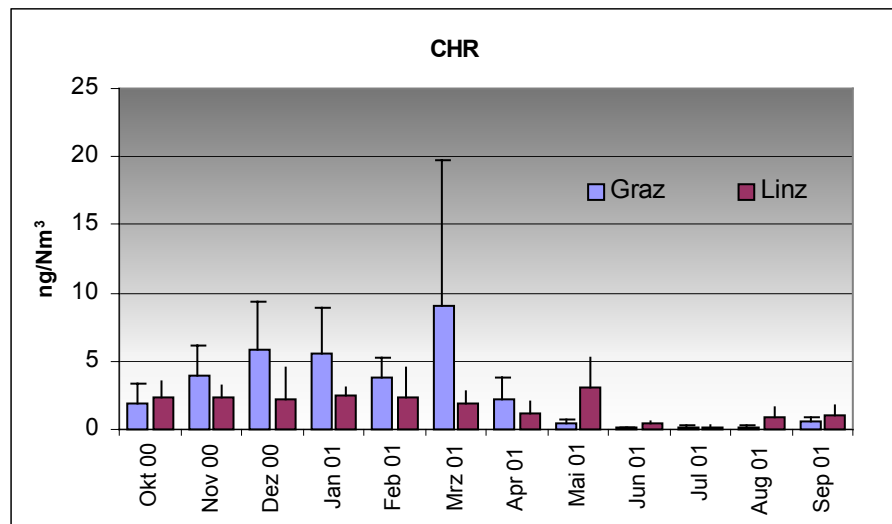


Abbildung 43: Mittelwerte und Standardabweichungen von CHR im Messzeitraum in Graz und Linz

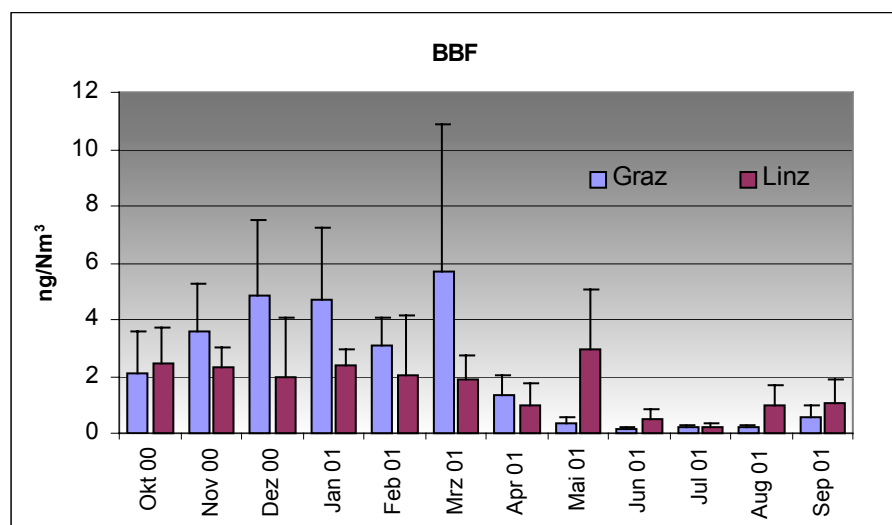


Abbildung 44: Mittelwerte und Standardabweichungen von BBF im Messzeitraum in Graz und Linz

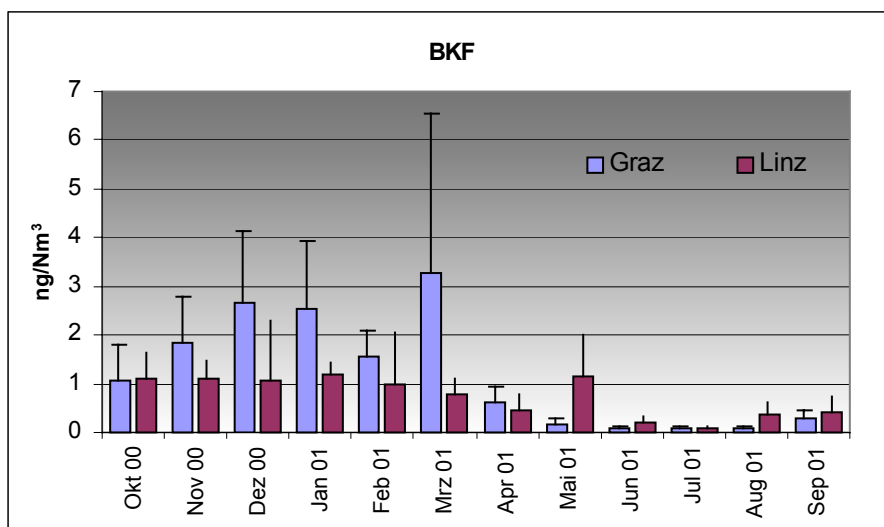


Abbildung 45: Mittelwerte und Standardabweichungen von BKF im Messzeitraum in Graz und Linz

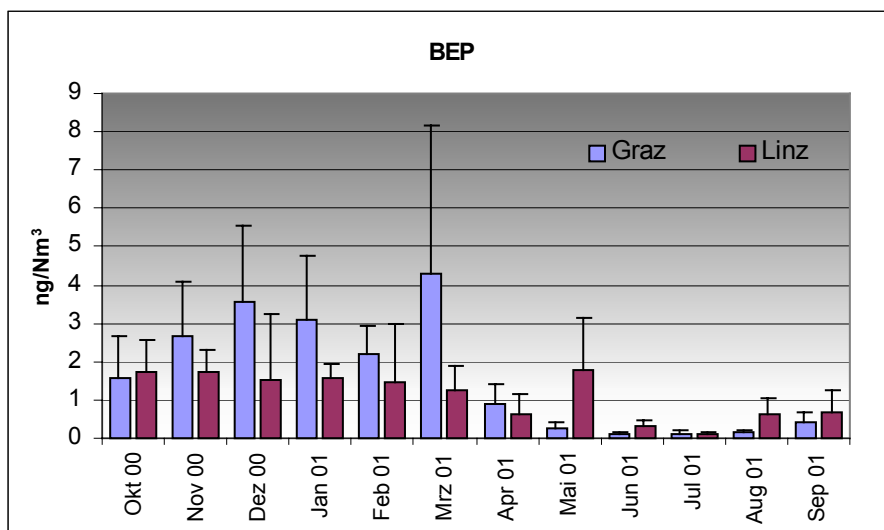


Abbildung 46: Mittelwerte und Standardabweichungen von BEP im Messzeitraum in Graz und Linz

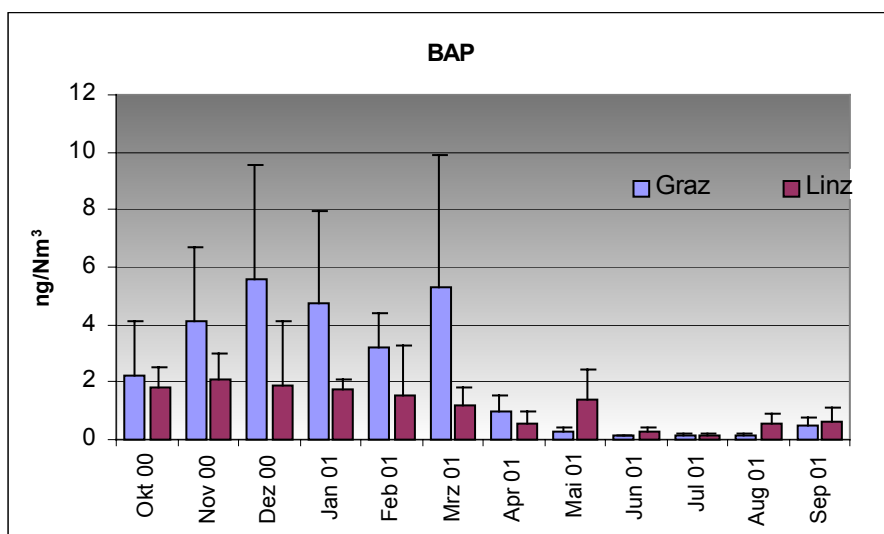


Abbildung 47: Mittelwerte und Standardabweichungen von BAP im Messzeitraum in Graz und Linz

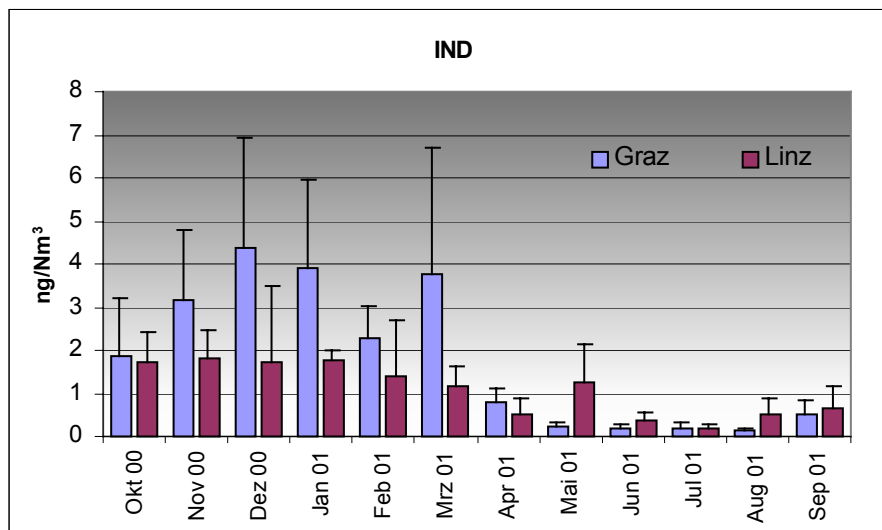


Abbildung 48: Mittelwerte und Standardabweichungen von IND im Messzeitraum in Graz und Linz

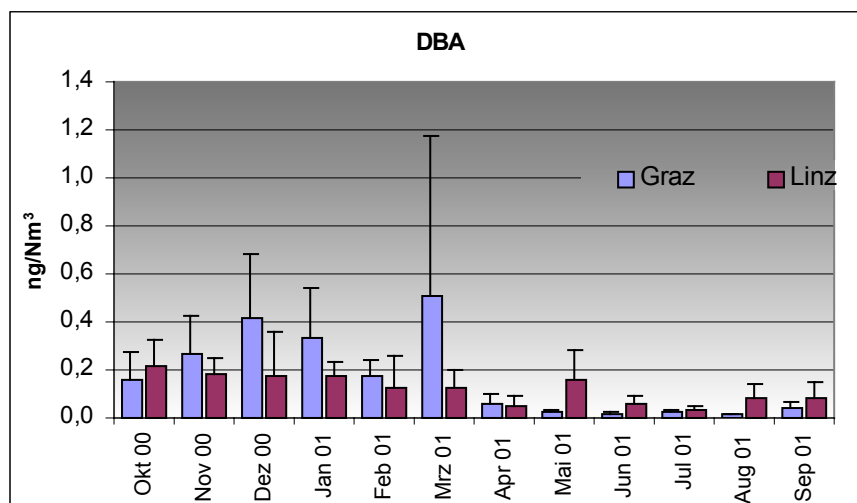


Abbildung 49: Mittelwerte und Standardabweichungen von DBA im Messzeitraum in Graz und Linz

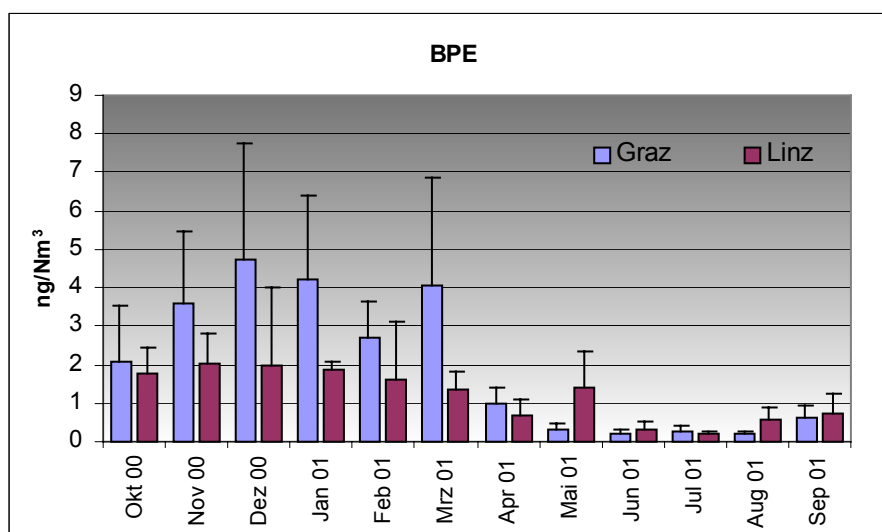


Abbildung 50: Mittelwerte und Standardabweichungen von BPE im Messzeitraum in Graz und Linz

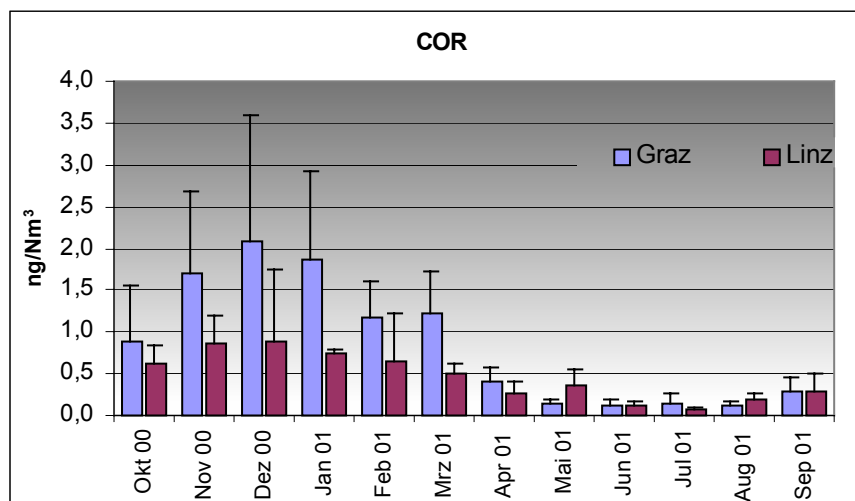


Abbildung 51: Mittelwerte und Standardabweichungen von COR im Messzeitraum in Graz und Linz

In Abbildung 33 bis Abbildung 51 zeigt sich, dass - mit drei Ausnahmen ACE, FLU und BNT - die untersuchten Parameter während der Herbst- und Wintermonate Oktober bis März höhere Monatsmittelwert-Konzentrationen aufweisen, als während des Rests des Jahres. In Einzelfällen ist diese Tendenz auch noch für September und April zutreffend. Die absolut höchste Konzentration, die während dieser Studie gemessen wurde, betrug 315 ng/Nm<sup>3</sup> für NAP in Graz am 27. Dezember 2000. Dieser Wert stellt jedoch eine Ausnahme dar, da nur rund ¼ des sonst üblichen Luftvolumens beprobt wurde. Die Probenahme fand außerdem in den Abendstunden statt, sodass fast ausschließlich Luft hoher Belastung (Hausbrand, Verkehrsspitze) beprobt wurde und die weniger belastete Nachtluft und der nächste Tag fehlen.

In Linz wurde als Maximalwert ebenfalls NAP mit 95 ng/Nm<sup>3</sup> am 21. November 2000 bestimmt. Die höchsten Jahresmittelwerte wurden bei beiden Messstellen für PHE (Graz: 34 ng/Nm<sup>3</sup> und Linz: 27 ng/Nm<sup>3</sup>) ermittelt. Siehe auch Kapitel 6 Berechnung von Jahresmittelwerten.

Über die Sommermonate Mai bis August wurden generell nur sehr geringe Konzentrationen an PAH bestimmt. Die Unterschiede betragen bis zu zwei Größenordnungen und betreffen besonders PAH mit vier oder mehr Ringen. Ausnahmen dazu stellen NAP, ACY und ANT dar, welche aus einer geringeren Anzahl an Ringen aufgebaut sind und die selbe Tendenz zeigen. So wurde z.B. NAP im Dezember und Juli mit 105 bzw. 3 ng/Nm<sup>3</sup> analysiert, CCP im Dezember mit 5 ng/Nm<sup>3</sup> und im Juli mit 0,05 ng/Nm<sup>3</sup> bestimmt. Alle anderen Parameter wurden ohne saisonale Schwankungen beobachtet. Dies kann auf die höheren Lufttemperaturen zurückzuführen sein, die fotolytische und chemolytische Prozesse beschleunigen. Niedrige Temperaturen und hohe Luftfeuchtigkeit während der Wintermonate sowie die geringere Sonneneinstrahlung wurden von KAMENS et al. (1986) für den verminderten Abbau von PAH verantwortlich gemacht. Kamens schlug außerdem vor, den PAH Abbau in direkte Proportion zur absorbierten Lichtenergie (Sonnenintensität) zu setzen, weshalb im Sommer geringere PAH Konzentrationen ermittelt werden. Unterschiedliche Wittereinflüsse wie Wind und Smog – vor allem

während der Wintermonate – wirken sich natürlich ebenfalls auf das Messergebnis aus.

Es wurde deshalb versucht, anhand der Aufzeichnungen der Probenehmer Aufschluss zu erhalten, ob an Tagen mit Inversionswetterlagen erhöhte Messwerte an PAHs zu beobachten waren. Da die Aufzeichnungen für solche Auswertungen unzureichend sind (Angaben nur bei Filter Ein- bzw. Ausbau), konnte kein gesicherter Trend ermittelt werden. An Tagen mit Hochnebel wurden allerdings die höchsten Messwerte bestimmt (Graz am 27., 3., 15.12; 2.,20.1.; Linz am 3., 9.12 und 21., 27.1.).

ROCHA et al. (1999) untersuchten partikelgebundene PAH in Porto (Portugal) und Wien für die Dauer eines Jahres. Die Summe der 16 EPA PAH betrug zwischen 2 und 113 ng/m<sup>3</sup> für Wien und 1 bis 75 ng/m<sup>3</sup> für Porto. Außerdem konnte in Wien ein ausgeprägter saisonaler Effekt beobachtet werden. FERNANDEZ et al. (2002) untersuchten in einigen Hintergrundmessstellen in Europa Konzentrationen und Verteilung von PAHs zwischen Gasphase und Partikeln. Eine Messstelle aus dieser Untersuchung befand sich am Gossenköllesee (2.413 msl) in den nördlichen Stubai Alpen. Die Messwerte für die Summe von 20 PAH aus der Gasphase betrug typischerweise 2,7 bis 3,7 ng/m<sup>3</sup>, wobei auch hier die höchsten Messwerte im Winter ermittelt wurden. Die Autoren zeigen, dass in der Gasphase rund 10 mal höhere Konzentrationen an PAH zu finden waren, als partikulär gebunden. Außerdem wurde an den drei untersuchten Messstellen beobachtet, dass saisonale Unterschiede besser an partikulär gebundenen PAH zu beobachten sind, während geographische Unterschiede besser in der Gasphase zu erkennen sind.

In der vorliegenden Studie wurde (wie auch in der Pilotstudie in Wien) BNT als Tracer für Emissionen aus schwefelhaltigen Feuerungsmitteln, und CCP und COR als Tracer für verkehrsbedingte Emissionen untersucht (UMWELTBUNDESAMT, 1999a; GANS et al., 1999). CCP wies höhere Messwerte auf (im Jahresmittel 1,38 bzw. 0,45 ng/Nm<sup>3</sup> für Graz und Linz), als die beiden anderen Tracer BNT (0,15 bzw. 0,27 ng/Nm<sup>3</sup>) und COR (0,85 bzw. 0,47 ng/Nm<sup>3</sup>). Besonders BNT wurde in Bereichen nahe der analytischen Bestimmungsgrenze ermittelt. Die Anwesenheit dieses heterocyclischen PAH deutet jedoch darauf hin, dass schwefelhaltige Feuerungsmittel wie Heizöl (Hausbrand, Heizwerke) aber auch Dieselöl (Verkehr) einen Beitrag zur Immission leisten. Da die Schwefelanteile in Mineralölprodukten in den letzten Jahren stark reduziert wurden, wurden die niedrigen BNT Messwerte erhalten. Der Einfluss des Verkehrs ist jedenfalls deutlich messbar. Ein ähnlicher Befund wurde auch in der Pilotstudie in Wien (UMWELTBUNDESAMT, 2000) erhalten.

Die BNT Messwerte in Linz sind die einzigen PAH Messwerte in dieser Untersuchung, die systematisch höhere Ergebnisse in Linz als in Graz erbrachten. Die in der nahen Umgebung der Messstelle befindliche Kokerei könnte diesen Befund erklären.



## 6 BERECHNUNG VON JAHRESMITTELWERTEN

Für jeden Parameter wurde anhand der Monatsmittelwerte ein Jahresmittelwert berechnet. Da es zu jahreszeitlichen Schwankungen kommt, und da die Emission von PAH zu den einzelnen Jahreszeiten unterschiedlich ist, wurde keine Angabe zu den Standardabweichungen gemacht. Als Berechnungszeitraum wurde der Messzeitraum Oktober 2000 bis September 2001 herangezogen.

Parameter	Kürzel	Jahresmittelwert (Okt. 2000 bis Sept. 2001) [ng/Nm <sup>3</sup> ]	
		Graz	Linz
Naphthalin	NAP	30	21
Acenaphthylen	ACY	25	9,9
Acenaphthen	ACE	9,8	10
Fluoren	FLU	12	13
Phenanthren	PHE	34	27
Anthracen	ANT	3,7	2,6
Fluoranthen	FLA	11	11
Pyren	PYR	6,7	5,4
Benzo(b)naphthothiophen	BNT	0,15	0,27
Cyclopentapyren	CCP	1,4	0,45
Benzo(a)anthracen	BAA	2,3	1,1
Chrysen	CHR	2,8	1,7
Benzo(b)fluoranthen	BBF	2,2	1,7
Benzo(k)fluoranthen	BKF	1,2	0,75
Benzo(e)pyren	BEP	1,6	1,1
Benzo(a)pyren	BAP	2,3	1,2
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	IND	1,8	1,1
Dibenzo(a,h)anthracen	DBA	0,17	0,12
Benzo(g,h,i)perylen	BPE	2,0	1,2
Coronen	COR	0,85	0,47

Tabelle 1: Jahresmittelwerte der Messstellen Graz und Linz

Diese Daten sind in den folgenden Abbildung 52 und Abbildung 53 dargestellt. Zum Vergleich wurden die Ergebnisse der bereits zitierten Pilotstudie in Wien ebenfalls dargestellt (Abbildung 54).

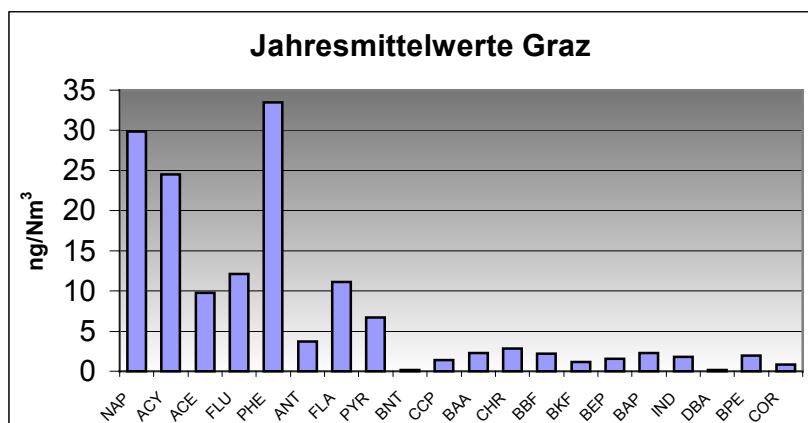


Abbildung 52: Jahresmittelwerte der einzelnen Parameter in Graz

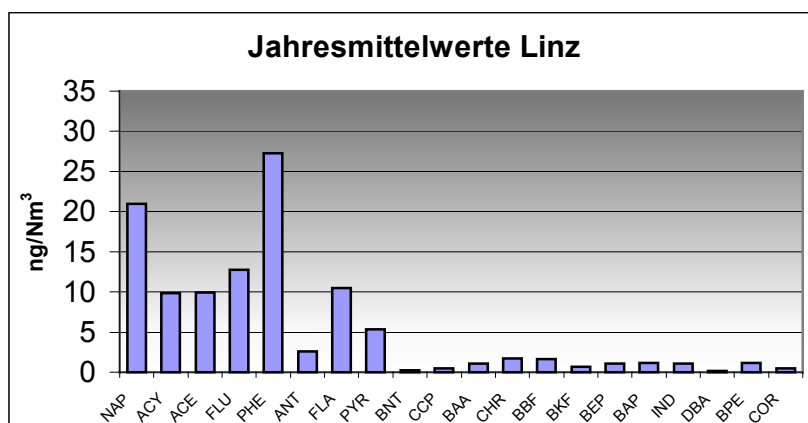


Abbildung 53: Jahresmittelwerte der einzelnen Parameter in Linz

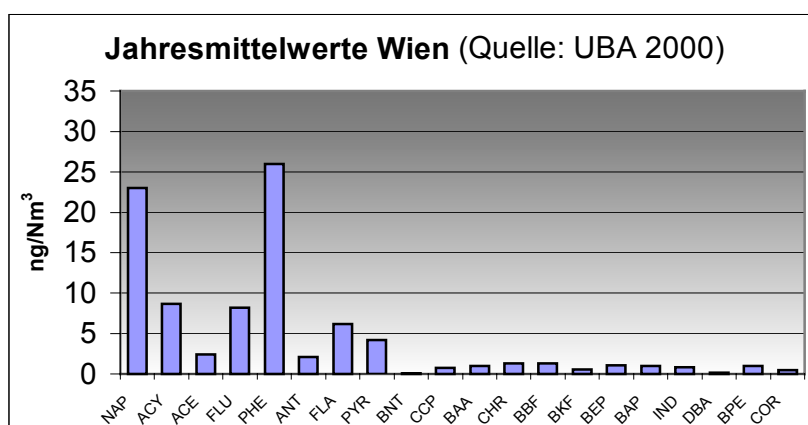


Abbildung 54: Jahresmittelwerte der einzelnen Parameter der Pilotstudie in Wien (Quelle: UMWELTBUNDESAMT, 2000)

Die höchsten Jahresmittelwerte wurden sowohl für Linz und Graz wie auch in der Pilotstudie in Wien für PHE gemessen. Die Jahresmittelwerte betragen in Graz 34 ng/Nm<sup>3</sup>, in Linz 27 ng/Nm<sup>3</sup> und in Wien 26 ng/Nm<sup>3</sup>. In allen drei Städten wurde Naphthalin mit den zweit höchsten Konzentrationen gemessen (Graz: 30 ng/Nm<sup>3</sup>, Linz: 21 ng/Nm<sup>3</sup>, Wien: 23 ng/Nm<sup>3</sup>). Wie aus Abbildung 52 bis Abbildung 54 ersichtlich, sind die Muster der drei Städte sehr ähnlich. In Graz fällt auf, dass ACY deutlich höher liegt, als in den beiden anderen Städten, in Wien fällt hingegen der Jahresmittelwert von ACE geringer aus, als bei den beiden anderen Städten. Interessant ist, dass FLA und PYR jeweils im ungefähren Verhältnis 3:2 auftreten, in Wien jedoch nur die Hälfte des Jahresmittelwertes (ca. 5 ng/Nm<sup>3</sup>) der beiden anderen Städte bestimmt wurde. Die restlichen PAH traten nur mehr in geringen Konzentrationen auf. Graz weist aufgrund seiner orographischen Beckenlage häufig Inversionswetterlagen auf, welche ungünstige Auswirkungen auf die Ausbreitung von Schadstoffen haben (Smog, Hochnebel, etc.; siehe auch Kapitel 5.2).

Da PHE keine ausgeprägte saisonale Abhängigkeit zeigt, trägt NAP aufgrund der höheren Messwerte während der Wintermonate deutlich mehr zum Jahresmittelwert bei als PHE. Im Sommer ist der Beitrag von PHE zum Jahresmittelwert höher als jener von NAP.

## 7 BENZO(A)PYREN

In der Rahmenrichtlinie des Europäischen Rates 96/62/EG über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität ist festgelegt, dass die Kommission Vorschläge für die Festlegung eines Grenzwertes zu erarbeiten und dem Rat vorzulegen hat. Außerdem sollen in geeigneten Fällen Alarmschwellen erarbeitet werden. In der vierten Tochterrichtlinie sollen dann Immissionsgrenzwerte für PAH festgelegt werden.

Derzeit wird von der Europäischen Kommission eine Richtlinie zur Begrenzung von Benzo(a)pyren vorbereitet, da dieses PAH in praktisch allen relevanten Studien erhoben wurde und es – nach derzeitigen Erkenntnissen – für 50 % des kanzerogenen Potenzials der PAH verantwortlich ist. Darüber hinaus scheint die wissenschaftliche Basis ausreichend für die Festsetzung eines Grenzwertes. Dieser wird nach den Vorschlägen der Europäischen Kommission bei  $1 \text{ ng/Nm}^3$  (Jahresmittelwert) liegen und soll ab 2010 einzuhalten sein (GANS, 2002).

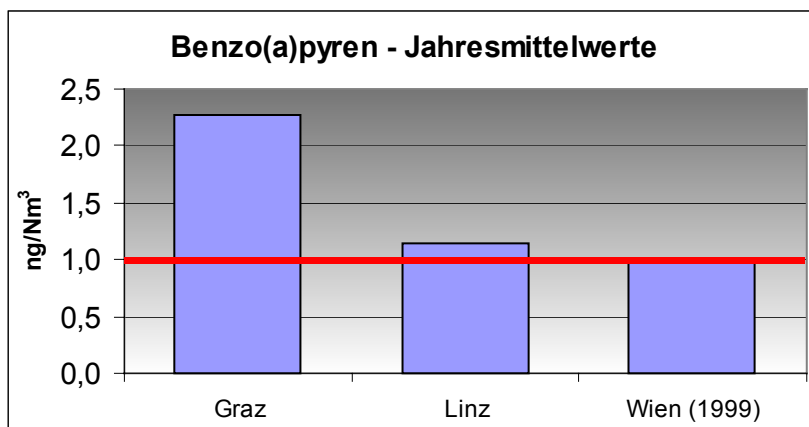


Abbildung 55: Jahresmittelwert Benzo(a)pyren der Messstellen Graz und Linz, sowie Wien (Pilotstudie 1999)

JACOB und SEIDEL (2002) schlagen in einer aktuellen Arbeit vor, in Zukunft bei Untersuchungen von Arbeitsplatz (Arbeitnehmerschutz) nicht mehr BAP alleine zu vertrauen, sondern die Liste der EPA PAH dahingehend abzuwandeln, dass nur noch karzinogene PAH untersucht werden. Die Autoren begründen diesen Vorschlag damit, dass das krebserzeugende Potenzial von BAP am Gesamtpotenzial stark von der Matrix abhängt. Eine Liste von 17 vorgeschlagenen Substanzen wird diskutiert und erläutert.

In Deutschland existiert bereits ein Vorsorgewert für PAH in der Immission, welcher mit  $10 \text{ ng/Nm}^3$  Benzo(a)pyren festgesetzt wurde (VDI-BERICHT 358). Der Länderausschuss für Immissionsschutz (LÄNDERAUSSUSS FÜR IMMISSIONSSCHUTZ, 1992) gibt für Benzo(a)pyren einen Richtwert von  $1,3 \text{ nNg/m}^3$  im Jahresmittel an.

In Abbildung 55 ist ein Vergleich der Jahresmittelwerte von Benzo(a)pyren der Messstellen Graz und Linz im Vergleich zur Pilotstudie in Wien dargestellt. Zusätzlich zu den Jahresmittelwerten ist eine Markierung eingetragen, welche den geplanten Grenzwert der Europäischen Kommission ( $1 \text{ ng/Nm}^3$ ) symbolisiert. Es ist ersichtlich, dass einzig das Jahresmittel von Wien unterhalb der  $1 \text{ ng/Nm}^3$  liegt (berechnetes Mittel:  $0,98 \text{ ng/Nm}^3$ ). Linz liegt geringfügig über diesem angestrebten EU-Grenzwert ( $1,15 \text{ ng/Nm}^3$ ). Graz würde den EU-Grenzwert um mehr als das Doppelte überschreiten ( $2,27 \text{ ng/Nm}^3$ ).

In dieser Studie ist aus dem jahreszeitlichen Verlauf der BAP Immissionen zu erkennen (siehe Abbildung 47), dass insbesondere die Wintermonate Oktober bis März maßgeblich für die Belastung verantwortlich sind. Dies trifft prinzipiell für alle untersuchten Parameter zu (Abbildung 33 bis Abbildung 51). Außerdem wurden in Graz auch deutlich höhere Messwerte für BAP und die meisten anderen Parameter erhalten, als dies in Linz der Fall war. Die maximalen BAP-Konzentrationen, die während dieser Untersuchung gemessen wurden, betragen in Graz  $14 \text{ ng/Nm}^3$  (27. Dezember 2000) und  $5,7 \text{ ng/Nm}^3$  in Linz am 9. Dezember 2000.

Ausgehend von dieser Berechnung müssten die Emissionen in Graz während der Wintermonate deutlich reduziert werden, um den geplanten EU-Grenzwert einhalten zu können. Eine Reduktion wäre ebenso in Linz notwendig.

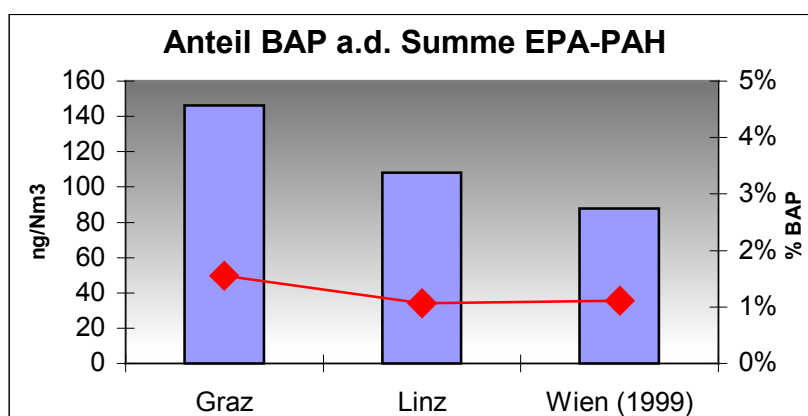


Abbildung 56: Anteil von Benzo(a)pyren an der Summe der EPA-PAH

Der Anteil von BAP an der Summe der EPA-PAH im Jahresmittel ist in Abbildung 56 dargestellt. Demgemäß wurde die Summe der EPA-PAH in Graz mit  $146 \text{ ng/Nm}^3$  berechnet, in Linz betrug sie  $108 \text{ ng/Nm}^3$  und in Wien  $88 \text{ ng/Nm}^3$ . Der Anteil von BAP an dieser Summe betrug in Graz 1,6 %, in Linz und Wien jeweils 1,1 %.

## ANHANG I - EINZELERGEBNISSE

Tabelle 2: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Oktober 2000

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	05.10.	10.10.	17.10.	22.10.	28.10.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	4,4	7,1	4,4	7,3	21	4,4	21	8,9	7,1	7,1
ACY	5,2	8,3	7,9	36	45	5,2	45	21	8,3	19
ACE	6,5	3,8	5,3	7,9	18	3,8	18	8,3	6,5	5,6
FLU	12	8,7	9,7	12	13	8,7	13	11	12	1,7
PHE	24	20	19	30	29	19	30	25	24	5,0
ANT	1,6	1,8	1,4	4,8	5,1	1,4	5,1	2,9	1,8	1,8
FLA	5,6	6,6	5,5	13	12,2	5,5	13	8,5	6,6	3,7
PYR	2,8	4,0	2,7	7,71	8,3	2,7	8,3	5,1	4,0	2,7
BNT	0,08	0,05	0,05	0,09	0,12	0,05	0,12	0,08	0,08	0,03
CCP	0,20	0,31	0,21	2,3	2,8	0,20	2,8	1,2	0,31	1,3
BAA	0,46	0,74	0,48	3,4	2,9	0,46	3,4	1,6	0,74	1,4
CHR	0,77	1,1	0,70	3,9	3,3	0,70	3,9	1,9	1,1	1,5
BBF	0,73	1,2	0,67	4,1	3,7	0,67	4,1	2,1	1,2	1,7
BKF	0,41	0,60	0,31	2,0	2,0	0,31	2,0	1,0	0,60	0,84
BEP	0,70	0,94	0,48	2,8	3,0	0,48	3,0	1,6	0,94	1,2
BAP	0,64	0,97	0,54	4,4	4,6	0,54	4,6	2,2	0,97	2,1
IND	0,75	1,1	0,51	3,4	3,6	0,51	3,6	1,9	1,1	1,5
DBA	0,06	0,09	0,05	0,29	0,28	0,05	0,29	0,16	0,09	0,12
BPE	0,89	1,2	0,65	3,7	4,0	0,65	4,0	2,1	1,2	1,6
COR	0,37	0,50	0,29	1,5	1,7	0,29	1,7	0,88	0,50	0,69

Tabelle 3: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz November 2000

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	03.11.	09.11.	15.11.	21.11.	27.11.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	14	35	33	24	110	14	110	42	33	36
ACY	11	77	34	80	52	11	80	51	52	29
ACE	6,1	11	9,7	14	15	6,1	15	11	11	3,4
FLU	10	12	10	12	18	10	18	12	12	3,1
PHE	33	47	38	72	51	33	72	48	47	15
ANT	2,0	7,8	4,6	12	6,8	2,0	12	6,6	6,8	3,7
FLA	8,7	16	10	23	17	8,7	23	15	16	5,8
PYR	5,5	11	7,8	13	14	5,5	14	10	11	3,7
BNT	0,04	0,15	0,08	0,15	0,27	0,04	0,27	0,14	0,15	0,08
CCP	0,22	4,1	2,0	4,8	2,2	0,22	4,8	2,7	2,2	1,8
BAA	0,72	4,5	1,8	6,6	3,9	0,72	6,6	3,5	3,9	2,3
CHR	1,2	4,8	2,2	7,2	4,8	1,2	7,2	4,0	4,8	2,4
BBF	1,2	4,5	2,2	6,0	3,9	1,2	6,0	3,6	3,9	1,9
BKF	0,57	2,2	1,2	3,4	1,9	0,57	3,4	1,8	1,9	1,1
BEP	0,90	3,3	1,6	4,9	2,7	0,90	4,9	2,7	2,7	1,6
BAP	0,69	5,5	2,6	8,2	3,6	0,69	8,2	4,1	3,6	2,9
IND	1,0	3,8	1,9	5,8	3,1	1,0	5,8	3,1	3,1	1,9
DBA	0,10	0,31	0,18	0,50	0,26	0,10	0,50	0,27	0,26	0,15
BPE	1,2	4,6	2,1	6,5	3,7	1,2	6,5	3,6	3,7	2,1
COR	0,51	2,2	0,92	3,0	1,9	0,51	3,0	1,7	1,9	0,99

Tabelle 4: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Dezember 2000

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	03.12.	09.12.	15.12.	21.12.	27.12.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	63	23	96	28	320	23	320	110	63	120
ACY	94	26	180	6,0	58	6,0	180	73	58	70
ACE	12	5,8	42	3,2	11	3,2	42	15	11	16
FLU	18	15	28	7,5	19	7,5	28	17	18	7,4
PHE	49	37	77	20	40	20	77	45	40	21
ANT	9,6	5,6	23	1,6	6,0	1,6	23	9,2	6,0	8,3
FLA	20	16	41	8,5	11	8,5	41	19	16	13
PYR	14	9,1	21	5,8	9,2	5,8	21	12	9,2	5,9
BNT	0,14	0,15	0,17	0,09	0,08	0,08	0,17	0,12	0,14	0,04
CCP	3,8	1,9	12	1,2	3,5	1,2	12	4,6	3,5	4,5
BAA	5,6	2,8	12	1,7	3,6	1,7	12	5,1	3,6	4,1
CHR	6,8	3,9	12	2,6	3,8	2,6	12	5,9	3,9	3,9
BBF	5,6	3,3	9,7	2,4	3,3	2,4	9,7	4,9	3,3	3,0
BKF	3,0	1,7	5,4	1,2	1,9	1,2	5,4	2,6	1,9	1,7
BEP	4,3	2,6	7,1	1,6	2,2	1,6	7,1	3,6	2,6	2,2
BAP	5,9	3,4	13	1,9	3,6	1,9	13	5,6	3,6	4,4
IND	4,8	3,0	9,1	2,0	2,9	2,0	9,1	4,4	3,0	2,9
DBA	0,46	0,32	0,86	0,18	0,28	0,18	0,86	0,42	0,32	0,26
BPE	5,1	3,1	10	2,0	3,1	2,0	10	4,7	3,1	3,4
COR	2,1	1,4	4,7	0,87	1,4	0,87	4,7	2,1	1,4	1,5



Tabelle 5: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Jänner 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.01.	08.01.	14.01.	20.01.	26.01.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	160	20	76	36	32	20	160	64	36	55
ACY	130	28	43	13	73	13	130	58	43	48
ACE	20	9,2	7,0	5,2	21	5,2	21	12	9,2	7,4
FLU	21	13	12	13	17	12	21	15	13	3,8
PHE	76	40	29	34	64	29	76	48	40	20
ANT	13	5,5	4,2	2,6	9,5	2,6	13	7,0	5,5	4,3
FLA	30	12	14	11	21	11	30	18	14	7,9
PYR	24	9,4	11	7,3	15	7,3	24	13	11	6,7
BNT	0,29	0,07	0,18	0,08	0,15	0,07	0,29	0,16	0,15	0,09
CCP	11	1,9	3,5	0,77	2,6	0,77	11	4,0	2,6	4,1
BAA	11	2,5	4,3	1,7	5,1	1,7	11	4,9	4,3	3,6
CHR	12	2,7	4,9	2,9	6,0	2,7	12	5,6	4,9	3,6
BBF	9,3	2,2	3,7	2,9	5,3	2,2	9,3	4,7	3,7	2,8
BKF	5,0	1,1	2,2	1,3	3,0	1,1	5,0	2,5	2,2	1,6
BEP	6,1	1,5	2,6	1,8	3,5	1,5	6,1	3,1	2,6	1,9
BAP	11	2,1	4,2	1,8	5,2	1,8	11	4,8	4,2	3,5
IND	7,6	1,9	3,2	2,1	4,5	1,9	7,6	3,9	3,2	2,3
DBA	0,67	0,15	0,30	0,18	0,36	0,15	0,67	0,33	0,30	0,21
BPE	8,2	2,4	3,6	2,1	4,9	2,1	8,2	4,2	3,6	2,5
COR	3,6	1,2	1,6	0,96	2,1	0,96	3,6	1,9	1,6	1,1

Tabelle 6: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Februar 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.02.	08.02.	13.02.	19.02.	25.02.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	58	40	9,2	95	26	9,2	95	46	40	33
ACY	50	48	23	50	3,9	3,9	50	35	48	21
ACE	8,0	10	11	8,8	2,4	2,4	11	8,2	8,8	3,5
FLU	11	15	14	13	5,9	5,9	15	12	13	3,5
PHE	30	39	43	35	14	14	43	32	35	11
ANT	5,8	5,1	5,6	5,9	0,74	0,74	5,9	4,6	5,6	2,2
FLA	14	11	14	14	6,1	6,1	14	12	14	3,6
PYR	11	8,4	10	11	4,2	4,2	11	9,2	10	3,0
BNT	0,13	0,11	0,10	0,14	0,04	0,04	0,14	0,10	0,11	0,04
CCP	3,1	2,6	2,1	3,0	0,73	0,73	3,1	2,3	2,6	0,97
BAA	5,1	2,7	2,9	4,4	1,0	1,0	5,1	3,2	2,9	1,6
CHR	5,5	3,0	3,7	5,1	1,6	1,6	5,5	3,8	3,7	1,6
BBF	3,9	2,6	3,5	4,1	1,5	1,5	4,1	3,1	3,5	1,1
BKF	2,2	1,3	1,7	2,0	0,66	0,66	2,2	1,6	1,7	0,59
BEP	2,9	1,9	2,4	2,8	0,90	0,90	2,9	2,2	2,4	0,81
BAP	4,5	3,0	3,1	4,2	1,0	1,0	4,5	3,2	3,1	1,4
IND	2,9	2,0	2,5	2,9	0,93	0,93	2,9	2,3	2,5	0,84
DBA	0,25	0,15	0,18	0,21	0,07	0,07	0,25	0,17	0,18	0,07
BPE	3,5	2,6	3,0	3,5	1,0	1,0	3,5	2,7	3,0	1,0
COR	1,4	1,3	1,3	1,5	0,43	0,43	1,5	1,2	1,3	0,43

Tabelle 7: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz März 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	03.03.	09.03.	15.03.	21.03.	27.03.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	33	36	11	23	29	11	36	26	29	10
ACY	36	55	26	27	5,8	5,8	55	30	27	18
ACE	8,3	15	8,7	6,7	12	6,7	15	10	8,7	3,4
FLU	13	14	12	13	17	12	17	14	13	2,0
PHE	51	56	40	53	75	40	75	55	53	13
ANT	5,2	5,6	3,9	8,7	13	3,9	13	7,2	5,6	3,5
FLA	14	13	9,8	33	81	9,8	81	30	14	30
PYR	9,3	8,5	6,9	18	30	6,9	30	15	9,3	9,8
BNT	0,08	0,07	0,07	1,2	3,3	0,07	3,3	0,94	0,08	1,4
CCP	0,89	2,6	0,90	1,4	0,57	0,57	2,6	1,3	0,90	0,79
BAA	2,0	2,5	1,6	6,1	24	1,6	24	7,2	2,5	9,5
CHR	2,7	3,0	2,1	7,9	30	2,1	30	9,1	3,0	12
BBF	2,4	2,9	1,9	5,5	16	1,9	16	5,7	2,9	5,8
BKF	1,2	1,5	0,99	2,8	9,8	0,99	9,8	3,3	1,5	3,7
BEP	1,9	2,2	1,5	4,1	12	1,5	12	4,3	2,2	4,3
BAP	2,0	3,3	1,9	4,9	14,2	1,9	14	5,3	3,3	5,1
IND	2,0	2,3	1,6	3,3	9,5	1,6	9,5	3,8	2,3	3,3
DBA	0,16	0,14	0,14	0,43	1,7	0,14	1,7	0,51	0,16	0,67
BPE	2,3	2,8	1,9	3,5	9,6	1,9	9,6	4,0	2,8	3,2
COR	0,96	1,2	0,84	1,0	2,1	0,84	2,1	1,2	1,0	0,51

Tabelle 8: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz April 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.04.	08.04.	14.04.	20.04.	26.04.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	58	29	72	6,2	24	6,2	72	38	29	27
ACY	19	12	16	2,1	24	2,1	24	15	16	8,3
ACE	13	6,0	11	2,7	11	2,7	13	8,8	11	4,3
FLU	13	7,6	9,6	4,8	11	4,8	13	9,1	9,6	3,0
PHE	38	27	37	13	28	13	38	29	28	9,8
ANT	2,2	2,0	4,6	1,0	2,7	1,0	4,6	2,5	2,2	1,3
FLA	9,7	6,5	13	4,4	7,9	4,4	13	8,4	7,9	3,4
PYR	5,8	4,5	7,4	2,7	5,6	2,7	7,4	5,2	5,6	1,7
BNT	0,17	0,05	0,25	0,03	0,10	0,03	0,25	0,12	0,10	0,09
CCP	0,39	0,28	0,17	0,07	0,36	0,07	0,39	0,25	0,28	0,14
BAA	1,3	0,66	3,2	0,28	1,1	0,28	3,2	1,3	1,1	1,1
CHR	2,1	1,1	5,2	0,56	1,8	0,56	5,2	2,1	1,8	1,8
BBF	1,6	0,74	2,5	0,46	1,4	0,46	2,5	1,3	1,4	0,79
BKF	0,81	0,40	1,0	0,19	0,72	0,19	1,0	0,63	0,72	0,34
BEP	1,1	0,55	1,7	0,28	0,96	0,28	1,7	0,91	0,96	0,53
BAP	1,3	0,57	1,7	0,24	1,2	0,24	1,7	1,0	1,2	0,59
IND	1,0	0,52	1,2	0,26	0,95	0,26	1,2	0,78	0,95	0,38
DBA	0,09	0,04	0,12	0,02	0,06	0,02	0,12	0,06	0,06	0,04
BPE	1,3	0,72	1,3	0,35	1,3	0,35	1,3	1,0	1,3	0,46
COR	0,55	0,31	0,42	0,18	0,60	0,18	0,60	0,41	0,42	0,17

Tabelle 9: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Mai 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.05.	08.05.	14.05.	20.05.	26.05.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	5,4	6,9	12	14	5,8	5,4	14	8,7	6,9	3,8
ACY	0,68	3,9	3,3	3,7	0,70	0,68	3,9	2,5	3,3	1,6
ACE	3,0	5,7	6,2	11	15	3,0	15	8,2	6,2	4,8
FLU	16	10	8,0	10	13	8,0	16	12	10	3,2
PHE	34	26	17	21	23	17	34	24	23	6,5
ANT	1,4	1,6	0,63	0,64	0,48	0,48	1,6	1,0	0,64	0,51
FLA	8,3	6,4	3,3	3,5	3,5	3,3	8,3	5,0	3,5	2,3
PYR	4,4	3,4	1,8	1,6	1,3	1,3	4,4	2,5	1,8	1,3
BNT	0,08	0,05	0,04	0,05	0,02	0,02	0,08	0,05	0,05	0,02
CCP	0,06	0,03	0,05	0,05	0,04	0,03	0,06	0,05	0,05	0,01
BAA	0,55	0,20	0,17	0,14	0,08	0,08	0,55	0,23	0,17	0,18
CHR	0,97	0,42	0,38	0,31	0,21	0,21	0,97	0,46	0,38	0,29
BBF	0,78	0,31	0,26	0,23	0,21	0,21	0,78	0,36	0,26	0,24
BKF	0,35	0,15	0,16	0,12	0,10	0,10	0,35	0,18	0,15	0,10
BEP	0,53	0,23	0,23	0,18	0,14	0,14	0,53	0,26	0,23	0,15
BAP	0,53	0,19	0,22	0,17	0,13	0,13	0,53	0,25	0,19	0,16
IND	0,42	0,20	0,21	0,16	0,13	0,13	0,42	0,22	0,20	0,11
DBA	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,04	0,02	0,01	0,01
BPE	0,57	0,30	0,27	0,23	0,16	0,16	0,57	0,31	0,27	0,16
COR	0,23	0,14	0,12	0,12	0,07	0,07	0,23	0,13	0,12	0,06

Tabelle 10: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Juni2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.06.	07.06.	13.06.	19.06.	25.06.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	2,0	5,8	1,7	2,4	1,4	1,4	5,8	2,7	2,0	1,8
ACY	0,26	2,8	0,36	0,32	0,10	0,10	2,8	0,77	0,32	1,1
ACE	3,2	9,3	4,7	3,1	1,2	1,2	9,3	4,3	3,2	3,1
FLU	5,9	11	7,6	5,6	14	5,6	14	8,8	7,6	3,6
PHE	12	25	15	12	28	12	28	18	15	7,2
ANT	0,25	0,97	0,35	0,45	0,63	0,25	0,97	0,53	0,45	0,28
FLA	1,7	4,2	2,5	2,1	3,6	1,7	4,2	2,8	2,5	1,0
PYR	0,72	2,8	1,1	1,0	1,4	0,72	2,8	1,4	1,1	0,79
BNT	0,01	0,04	0,01	0,02	0,03	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01
CCP	0,02	0,09	0,03	0,02	0,04	0,02	0,09	0,04	0,03	0,03
BAA	0,03	0,17	0,07	0,05	0,07	0,03	0,17	0,08	0,07	0,05
CHR	0,09	0,26	0,16	0,11	0,16	0,09	0,26	0,15	0,16	0,06
BBF	0,10	0,25	0,21	0,10	0,14	0,10	0,25	0,16	0,14	0,07
BKF	0,04	0,13	0,09	0,04	0,07	0,04	0,13	0,07	0,07	0,04
BEP	0,06	0,20	0,12	0,06	0,10	0,06	0,20	0,11	0,10	0,06
BAP	0,07	0,22	0,11	0,07	0,09	0,07	0,22	0,11	0,09	0,06
IND	0,10	0,37	0,21	0,09	0,14	0,09	0,37	0,18	0,14	0,11
DBA	0,02	0,03	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,02	0,02	0,01
BPE	0,09	0,43	0,20	0,09	0,15	0,09	0,43	0,19	0,15	0,14
COR	0,06	0,24	0,10	0,05	0,10	0,05	0,24	0,11	0,10	0,07

Tabelle 11: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Juli 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	01.07.	07.07.	13.07.	25.07.	31.07.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	3,9	1,1	1,1	2,5	6,6	1,1	6,6	3,0	2,5	2,3
ACY	1,7	0,24	0,22	0,57	3,4	0,22	3,4	1,2	0,57	1,4
ACE	7,2	5,6	3,3	3,8	35	3,3	35	11	5,6	14
FLU	11	10	13	15	29	10	29	16	13	7,9
PHE	22	25	27	39	47	22	47	32	27	11
ANT	0,78	0,63	0,62	1,7	1,8	0,62	1,8	1,1	0,78	0,60
FLA	3,6	4,4	3,7	6,3	9,2	3,6	9,2	5,5	4,4	2,3
PYR	1,6	2,2	1,4	3,2	3,5	1,4	3,5	2,4	2,2	0,93
BNT	0,02	0,03	0,03	0,05	0,06	0,02	0,06	0,04	0,03	0,02
CCP	0,05	0,01	0,03	0,10	0,13	0,01	0,13	0,06	0,05	0,05
BAA	0,07	0,04	0,05	0,21	0,18	0,04	0,21	0,11	0,07	0,08
CHR	0,11	0,09	0,11	0,32	0,29	0,09	0,32	0,18	0,11	0,11
BBF	0,11	0,10	0,11	0,28	0,30	0,10	0,30	0,18	0,11	0,10
BKF	0,05	0,04	0,04	0,14	0,14	0,04	0,14	0,08	0,05	0,05
BEP	0,07	0,06	0,06	0,21	0,24	0,06	0,24	0,13	0,07	0,09
BAP	0,10	0,06	0,07	0,19	0,23	0,06	0,23	0,13	0,10	0,08
IND	0,12	0,10	0,10	0,35	0,36	0,10	0,36	0,21	0,12	0,14
DBA	0,02	0,01	0,01	0,03	0,04	0,01	0,04	0,02	0,02	0,01
BPE	0,16	0,09	0,10	0,40	0,50	0,09	0,50	0,25	0,16	0,19
COR	0,10	0,05	0,07	0,25	0,31	0,05	0,31	0,16	0,10	0,12

Tabelle 12: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz August 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	06.08.	12.08.	18.08.	24.08.	30.08.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	7,7	16	5,4	5,7	8,5	5,4	16	8,7	7,7	4,3
ACY	5,1	2,5	1,0	3,1	0,64	0,64	5,1	2,5	2,5	1,8
ACE	21	20	23	12	2,7	2,7	23	16	20	8,4
FLU	13	12	20	14	2,7	2,7	20	12	13	6,2
PHE	30	22	39	38	6,2	6,2	39	27	30	14
ANT	1,3	0,53	0,62	0,83	0,18	0,18	1,3	0,69	0,62	0,4
FLA	5,3	3,5	7,0	6,6	1,0	1,0	7,0	4,7	5,3	2,5
PYR	2,2	1,4	2,3	2,6	0,45	0,45	2,6	1,8	2,2	0,86
BNT	0,08	0,02	0,02	0,03	0,01	0,01	0,08	0,03	0,02	0,03
CCP	0,12	0,07	0,06	0,05	0,02	0,02	0,12	0,06	0,06	0,04
BAA	0,20	0,10	0,08	0,09	0,03	0,03	0,20	0,10	0,09	0,06
CHR	0,29	0,16	0,18	0,20	0,06	0,06	0,29	0,18	0,18	0,08
BBF	0,28	0,18	0,19	0,21	0,06	0,06	0,28	0,18	0,19	0,08
BKF	0,13	0,08	0,08	0,08	0,03	0,03	0,13	0,08	0,08	0,04
BEP	0,24	0,13	0,13	0,15	0,04	0,04	0,24	0,14	0,13	0,07
BAP	0,26	0,15	0,14	0,11	0,05	0,05	0,26	0,14	0,14	0,08
IND	0,23	0,14	0,15	0,16	0,05	0,05	0,23	0,15	0,15	0,06
DBA	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
BPE	0,31	0,20	0,18	0,21	0,06	0,06	0,31	0,19	0,20	0,09
COR	0,17	0,11	0,10	0,13	0,04	0,04	0,17	0,11	0,11	0,05



Tabelle 13: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz September 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	05.09.	12.09.	17.09.	23.09.	29.09.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	5,7	2,6	4,6	10	3,1	2,6	10	5,2	4,6	3,0
ACY	1,0	1,3	8,3	7,8	5,2	1,0	8,3	4,7	5,2	3,5
ACE	2,3	2,0	3,7	6,0	7,1	2,0	7,1	4,3	3,7	2,2
FLU	3,7	6,4	5,9	10	8,8	3,7	10	7,0	6,4	2,6
PHE	8,7	14	16	29	25	8,7	29	19	16	8,1
ANT	0,46	1,0	1,6	1,5	1,9	0,46	1,9	1,3	1,5	0,56
FLA	2,1	3,8	5,1	8,7	6,7	2,1	8,7	5,3	5,1	2,6
PYR	1,1	2,3	3,4	4,9	3,4	1,1	4,9	3,0	3,4	1,4
BNT	0,01	0,02	0,02	0,05	0,03	0,01	0,05	0,03	0,02	0,02
CCP	0,02	0,10	0,27	0,30	0,25	0,02	0,30	0,19	0,25	0,12
BAA	0,06	0,19	0,53	0,64	0,53	0,06	0,64	0,39	0,53	0,25
CHR	0,10	0,30	0,66	1,04	0,72	0,10	1,04	0,56	0,66	0,37
BBF	0,08	0,28	0,72	1,02	0,88	0,08	1,02	0,60	0,72	0,40
BKF	0,03	0,13	0,35	0,47	0,40	0,03	0,47	0,28	0,35	0,19
BEP	0,07	0,20	0,49	0,74	0,67	0,07	0,74	0,43	0,49	0,29
BAP	0,06	0,20	0,61	0,70	0,73	0,06	0,73	0,46	0,61	0,31
IND	0,07	0,23	0,62	0,86	0,82	0,07	0,86	0,52	0,62	0,36
DBA	0,01	0,02	0,05	0,07	0,05	0,01	0,07	0,04	0,05	0,03
BPE	0,10	0,30	0,74	0,93	0,99	0,10	0,99	0,61	0,74	0,39
COR	0,06	0,16	0,35	0,42	0,47	0,06	0,47	0,29	0,35	0,17

Tabelle 14: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Oktober 2000

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	09.10.	10.10.	16.10.	22.10.	28.10.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	15	21	7,3	19	35	7,3	35	20	19	10
ACY	18	11	4,8	14	17	4,8	18	13	14	5,3
ACE	9,1	6,9	13	14	15	6,9	15	12	13	3,4
FLU	13	9,9	13	15	12	9,9	15	13	13	1,8
PHE	26	19	18	24	23	18	26	22	23	3,3
ANT	5,4	2,7	1,5	4,0	2,5	1,5	5,4	3,2	2,7	1,5
FLA	14	9,8	6,4	15	10	6,4	15	11	10	3,5
PYR	7,1	5,2	3,0	6,8	5,4	3,0	7,1	5,5	5,4	1,6
BNT	0,67	0,39	0,09	0,58	0,34	0,09	0,67	0,41	0,39	0,23
CCP	0,46	0,32	0,21	0,81	0,74	0,21	0,81	0,51	0,46	0,26
BAA	2,7	1,5	0,43	2,1	1,8	0,43	2,7	1,7	1,8	0,85
CHR	3,7	2,0	0,66	3,0	2,5	0,66	3,7	2,4	2,5	1,1
BBF	4,1	2,0	0,74	3,1	2,4	0,74	4,1	2,5	2,4	1,2
BKF	1,7	0,96	0,32	1,4	1,3	0,32	1,7	1,1	1,3	0,51
BEP	2,6	1,5	0,53	2,2	2,0	0,53	2,6	1,8	2,0	0,80
BAP	2,3	1,5	0,59	2,3	2,3	0,59	2,3	1,8	2,3	0,75
IND	2,3	1,4	0,57	2,2	2,1	0,57	2,3	1,7	2,1	0,73
DBA	0,29	0,16	0,06	0,32	0,24	0,06	0,32	0,21	0,24	0,11
BPE	2,4	1,5	0,72	2,1	2,2	0,72	2,4	1,8	2,1	0,67
COR	0,69	0,54	0,32	0,75	0,86	0,32	0,86	0,63	0,69	0,21

Tabelle 15: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz November 2000

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	03.11.	09.11.	15.11.	21.11.	27.11.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	8,5	11	20	95	52	8,5	95	37	20	36
ACY	4,9	25	17	37	35	4,9	37	24	25	13
ACE	5,3	12	8,0	16	11	5,3	16	10	11	4,0
FLU	8,7	11	9,4	11	13	8,7	13	11	11	1,8
PHE	20	27	23	37	34	20	37	28	27	6,9
ANT	2,8	3,5	2,4	5,0	5,7	2,4	5,7	3,9	3,5	1,4
FLA	11	10	8,7	14	13	8,7	14	11	11	2,0
PYR	5,7	6,1	5,1	7,8	8,0	5,1	8,0	6,5	6,1	1,3
BNT	0,27	0,10	0,13	0,33	0,23	0,10	0,33	0,21	0,23	0,10
CCP	0,16	1,1	0,56	1,6	1,3	0,16	1,6	0,94	1,1	0,58
BAA	1,1	1,8	0,97	2,6	2,3	0,97	2,6	1,8	1,8	0,72
CHR	1,5	2,4	1,5	3,4	2,8	1,5	3,4	2,3	2,4	0,84
BBF	1,7	2,5	1,5	3,0	2,8	1,5	3,0	2,3	2,5	0,68
BKF	0,64	1,3	0,75	1,5	1,4	0,64	1,5	1,1	1,3	0,39
BEP	1,0	1,9	1,1	2,3	2,1	1,0	2,3	1,7	1,9	0,59
BAP	0,87	2,7	1,3	3,0	2,6	0,87	3,0	2,1	2,6	0,93
IND	1,0	2,2	1,3	2,4	2,2	1,0	2,4	1,8	2,2	0,62
DBA	0,11	0,17	0,14	0,29	0,21	0,11	0,29	0,18	0,17	0,07
BPE	1,1	2,5	1,5	2,8	2,4	1,1	2,8	2,1	2,4	0,74
COR	0,40	1,1	0,66	1,2	0,96	0,40	1,2	0,86	0,96	0,33

Tabelle 16: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Dezember 2000

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	03.12.	09.12.	15.12.	21.12.	28.12.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	74	49	11	28	48	11	74	42	48	24
ACY	25	57	2,7	1,5	27	1,5	57	23	25	23
ACE	10	15	2,8	1,2	7,8	1,2	15	7,5	7,8	5,7
FLU	9,1	17	3,5	2,5	9,0	2,5	17	8,3	9,0	5,9
PHE	23	49	10,0	5,0	24	5,0	49	22	23	17
ANT	2,6	9,4	0,83	0,33	2,8	0,33	9,4	3,2	2,6	3,6
FLA	8,5	27	3,6	1,7	8,6	1,7	27	10	8,5	10
PYR	5,4	13	2,7	1,2	5,4	1,2	13	5,5	5,4	4,4
BNT	0,12	0,51	0,03	0,04	0,06	0,03	0,51	0,15	0,06	0,20
CCP	1,0	4,2	0,07	0,16	0,99	0,07	4,2	1,3	0,99	1,7
BAA	1,5	5,3	0,19	0,30	1,4	0,19	5,3	1,7	1,4	2,1
CHR	1,9	6,1	0,39	0,53	1,9	0,39	6,1	2,2	1,9	2,3
BBF	1,7	5,6	0,30	0,54	1,5	0,30	5,6	1,9	1,5	2,2
BKF	0,87	3,2	0,19	0,25	0,93	0,19	3,2	1,1	0,87	1,2
BEP	1,3	4,5	0,27	0,33	1,2	0,27	4,5	1,5	1,2	1,7
BAP	1,7	5,7	0,20	0,35	1,6	0,20	5,7	1,9	1,6	2,2
IND	1,5	4,8	0,33	0,40	1,6	0,33	4,8	1,7	1,5	1,8
DBA	0,12	0,49	0,04	0,05	0,17	0,04	0,49	0,18	0,12	0,18
BPE	1,8	5,4	0,45	0,42	1,8	0,42	5,4	2,0	1,8	2,0
COR	0,95	2,3	0,23	0,18	0,79	0,18	2,3	0,89	0,79	0,85

Tabelle 17: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Jänner 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.01.	08.01.	14.01.	20.01.	26.01.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	77	25	69	36	24	24	69	46	36	25
ACY	12	29	5,0	3,2	20	3,2	29	14	12	11
ACE	8,0	11	4,2	4,0	13	4,0	13	8,1	8,0	4,0
FLU	11	13	8,2	9,6	16	8,2	16	11	11	2,8
PHE	34	34	16	21	39	16	39	29	34	9,6
ANT	2,6	3,4	2,2	0,66	4,0	0,66	4,0	2,6	2,6	1,3
FLA	12,2	10	10	7,3	14	7,3	14	11	10	2,5
PYR	7,0	7,2	6,2	4,3	8,5	4,3	8,5	6,6	7,0	1,5
BNT	0,32	0,05	0,54	0,08	0,31	0,05	0,54	0,26	0,31	0,20
CCP	0,81	0,93	0,59	0,58	0,51	0,51	0,93	0,68	0,59	0,18
BAA	1,7	1,4	2,4	0,93	1,9	0,93	2,4	1,7	1,7	0,56
CHR	2,8	1,9	3,3	1,9	2,7	1,9	3,3	2,5	2,7	0,60
BBF	2,5	1,7	3,2	2,1	2,6	1,7	3,2	2,4	2,5	0,57
BKF	1,2	0,93	1,6	0,91	1,3	0,91	1,6	1,2	1,2	0,27
BEP	1,7	1,2	2,0	1,4	1,7	1,2	2,0	1,6	1,7	0,32
BAP	1,8	1,5	2,2	1,3	1,8	1,3	2,2	1,7	1,8	0,35
IND	1,8	1,5	2,0	1,6	1,9	1,5	2,0	1,8	1,8	0,22
DBA	0,21	0,12	0,24	0,13	0,19	0,12	0,24	0,18	0,19	0,05
BPE	1,9	1,7	1,9	1,6	2,1	1,6	2,1	1,9	1,9	0,21
COR	0,77	0,73	0,67	0,73	0,82	0,67	0,82	0,74	0,73	0,05

Tabelle 18: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Februar 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	01.02.	07.02.	13.02.	19.02.	25.02.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	18	71	15	14	19	14	71	27	18	24
ACY	5,6	48	10	3,0	4,6	3,0	48	14	5,6	19
ACE	3,3	23	6,9	2,6	3,4	2,6	23	7,8	3,4	8,6
FLU	6,3	21	12	5,0	6,5	5,0	21	10	6,5	6,4
PHE	15	51	32	12	15	12	51	25	15	17
ANT	0,97	7,4	3,1	0,67	1,2	0,67	7,4	2,7	1,2	2,8
FLA	4,9	21	11	3,5	7,1	3,5	21	9,6	7,1	7,2
PYR	3,5	13	7,2	2,3	4,4	2,3	13	6,0	4,4	4,2
BNT	0,04	0,94	0,25	0,03	0,18	0,03	0,94	0,29	0,18	0,38
CCP	0,18	2,9	0,80	0,15	0,55	0,15	2,9	0,91	0,55	1,1
BAA	0,41	4,6	1,4	0,26	1,0	0,26	4,6	1,5	0,95	1,8
CHR	0,81	5,9	2,4	0,50	1,7	0,50	5,9	2,3	1,7	2,2
BBF	0,69	5,6	1,9	0,50	1,6	0,50	5,6	2,0	1,6	2,1
BKF	0,34	2,8	0,97	0,23	0,70	0,23	2,8	1,0	0,70	1,0
BEP	0,51	4,0	1,5	0,34	1,0	0,34	4,0	1,5	1,0	1,5
BAP	0,44	4,6	1,4	0,35	1,0	0,35	4,6	1,6	1,0	1,7
IND	0,51	3,6	1,4	0,37	0,96	0,37	3,6	1,4	0,96	1,3
DBA	0,05	0,36	0,11	0,03	0,08	0,03	0,36	0,13	0,08	0,13
BPE	0,59	4,2	1,7	0,43	1,1	0,43	4,2	1,6	1,1	1,5
COR	0,25	1,6	0,74	0,19	0,44	0,19	1,6	0,65	0,44	0,58

Tabelle 19: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz März 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.03.	09.03.	15.03.	21.03.	27.03.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	15	41	14	91	15	14	91	35	15	33
ACY	6,2	10	8,7	27	2,3	2,3	27	11	8,7	9,4
ACE	6,4	8,6	13	13	4,2	4,2	13	8,9	8,6	3,8
FLU	10	14	13	16	8,1	8,1	16	12	13	2,9
PHE	30	36	33	38	13	13	38	30	33	10
ANT	1,0	2,0	2,8	5,5	0,89	0,89	5,5	2,4	2,0	1,9
FLA	8,2	10	10	14	5,5	5,5	14	9,7	10	3,2
PYR	4,5	5,8	5,9	8,1	3,3	3,3	8,1	5,5	5,8	1,8
BNT	0,07	0,21	0,24	0,67	0,11	0,07	0,67	0,26	0,21	0,24
CCP	0,55	0,30	0,10	0,58	0,57	0,10	0,58	0,42	0,55	0,21
BAA	0,68	0,90	0,81	2,8	0,84	0,68	2,8	1,2	0,84	0,90
CHR	1,4	1,7	1,4	3,5	1,4	1,4	3,5	1,9	1,4	0,92
BBF	1,6	1,9	1,3	3,4	1,4	1,3	3,4	1,9	1,6	0,85
BKF	0,66	0,79	0,54	1,3	0,63	0,54	1,3	0,79	0,66	0,32
BEP	0,98	1,2	0,85	2,3	0,92	0,85	2,3	1,3	0,98	0,60
BAP	0,94	1,1	0,59	2,2	0,92	0,59	2,2	1,2	0,94	0,64
IND	1,1	1,2	0,76	1,9	0,91	0,76	1,9	1,2	1,1	0,45
DBA	0,09	0,10	0,09	0,26	0,09	0,09	0,26	0,13	0,09	0,08
BPE	1,2	1,4	0,92	2,2	0,97	0,92	2,2	1,3	1,2	0,50
COR	0,49	0,57	0,36	0,68	0,42	0,36	0,68	0,50	0,49	0,13

Tabelle 20: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz April 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.04.	08.04.	14.04.	20.04.	26.04.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	10	6,5	9,1	15	13	6,5	15	11	10	3,3
ACY	7,2	2,3	1,6	4,4	9,5	1,6	9,5	5,0	4,4	3,3
ACE	24	3,6	4,0	3,6	14	3,6	24	9,8	4,0	9,0
FLU	17	5,7	4,6	6,0	13	4,6	17	9,2	6,0	5,4
PHE	36	14	11	14	24	11	36	20	14	10
ANT	2,8	0,83	0,58	0,86	2,7	0,58	2,8	1,5	0,86	1,1
FLA	15	4,4	3,3	4,3	9,3	3,3	15	7,2	4,4	4,7
PYR	7,3	2,8	2,3	2,9	5,4	2,3	7,3	4,2	2,9	2,1
BNT	0,48	0,03	0,02	0,03	0,42	0,02	0,48	0,20	0,03	0,23
CCP	0,36	0,08	0,14	0,09	0,13	0,08	0,36	0,16	0,13	0,11
BAA	1,2	0,19	0,24	0,23	1,0	0,19	1,2	0,58	0,24	0,50
CHR	2,4	0,42	0,57	0,59	1,9	0,42	2,4	1,2	0,59	0,90
BBF	2,1	0,28	0,48	0,41	1,5	0,28	2,1	1,0	0,48	0,80
BKF	0,88	0,16	0,23	0,22	0,70	0,16	0,88	0,44	0,23	0,33
BEP	1,3	0,21	0,31	0,28	1,0	0,21	1,3	0,64	0,31	0,52
BAP	1,2	0,20	0,30	0,24	0,90	0,20	1,2	0,56	0,30	0,45
IND	1,0	0,23	0,30	0,30	0,76	0,23	1,0	0,52	0,30	0,35
DBA	0,11	0,02	0,02	0,02	0,08	0,02	0,11	0,05	0,02	0,04
BPE	1,3	0,31	0,39	0,37	0,94	0,31	1,3	0,67	0,39	0,45
COR	0,52	0,15	0,17	0,17	0,30	0,15	0,52	0,26	0,17	0,16



Tabelle 21: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Mai 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	02.05.	08.05.	14.05.	20.05.	26.05.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	5,1	7,0	6,6	12	5,7	5,1	12	7,4	6,6	2,9
ACY	1,1	6,7	0,58	12	1,7	0,58	12	4,3	1,7	4,7
ACE	8,5	11	10	31	18	8,5	31	16	11	9,2
FLU	28	15	21	31	25	15	31	24	25	6,0
PHE	67	30	43	60	49	30	67	50	49	15
ANT	5,9	2,7	2,1	9,5	2,1	2,1	9,5	4,4	2,7	3,2
FLA	34	12	17	32	13	12	34	22	17	11
PYR	14	6,1	6,6	13	4,8	4,8	14	8,8	6,6	4,1
BNT	1,4	0,45	0,47	1,4	0,19	0,19	1,4	0,79	0,47	0,58
CCP	0,41	0,10	0,09	0,40	0,04	0,04	0,41	0,21	0,10	0,18
BAA	2,9	0,94	0,73	3,5	0,30	0,30	3,5	1,7	0,94	1,4
CHR	5,2	2,0	1,6	5,7	0,71	0,71	5,7	3,1	2,0	2,2
BBF	4,9	1,9	1,6	5,6	0,75	0,75	5,6	2,9	1,9	2,1
BKF	2,1	0,74	0,59	2,1	0,30	0,30	2,1	1,2	0,74	0,86
BEP	3,0	1,1	0,93	3,5	0,44	0,44	3,5	1,8	1,1	1,4
BAP	2,5	0,95	0,81	2,5	0,34	0,34	2,5	1,4	0,95	1,0
IND	2,1	0,86	0,66	2,2	0,33	0,33	2,2	1,2	0,86	0,88
DBA	0,23	0,09	0,09	0,35	0,04	0,04	0,35	0,16	0,09	0,13
BPE	2,4	1,0	0,75	2,5	0,38	0,38	2,5	1,4	1,0	0,97
COR	0,55	0,32	0,20	0,59	0,13	0,13	0,59	0,36	0,32	0,21

Tabelle 22: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Juni 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	01.06.	07.06.	13.06.	20.06.	26.06.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	5,4	5,2	3,3	3,8	6,8	3,3	6,8	4,9	5,2	1,4
ACY	3,1	1,8	0,40	0,83	0,96	0,40	3,1	1,4	0,96	1,1
ACE	8,9	9,4	7,1	4,4	15	4,4	15	9,0	8,9	4,0
FLU	11	12	14	5,1	16	5,1	16	12	12	4,2
PHE	24	21	27	8,4	28	8,4	28	22	24	7,8
ANT	2,1	1,0	0,90	0,48	1,5	0,48	2,1	1,2	1,0	0,63
FLA	6,6	4,2	7,0	2,2	6,9	2,2	7,0	5,4	6,6	2,1
PYR	3,7	2,1	2,6	1,3	2,9	1,3	3,7	2,5	2,6	0,93
BNT	0,26	0,07	0,11	0,02	0,22	0,02	0,26	0,13	0,11	0,10
CCP	0,11	0,07	0,05	0,04	0,08	0,04	0,11	0,07	0,07	0,03
BAA	0,36	0,17	0,13	0,07	0,42	0,07	0,42	0,23	0,17	0,15
CHR	0,63	0,29	0,31	0,12	0,70	0,12	0,70	0,41	0,31	0,25
BBF	0,83	0,35	0,33	0,13	0,83	0,13	0,83	0,49	0,35	0,32
BKF	0,32	0,16	0,13	0,06	0,34	0,06	0,34	0,20	0,16	0,12
BEP	0,48	0,23	0,19	0,09	0,48	0,09	0,48	0,29	0,23	0,18
BAP	0,41	0,23	0,18	0,10	0,44	0,10	0,44	0,27	0,23	0,15
IND	0,55	0,31	0,23	0,15	0,55	0,15	0,55	0,36	0,31	0,19
DBA	0,09	0,04	0,04	0,02	0,10	0,02	0,10	0,06	0,04	0,03
BPE	0,53	0,33	0,20	0,16	0,46	0,16	0,53	0,34	0,33	0,16
COR	0,18	0,15	0,07	0,10	0,14	0,07	0,18	0,13	0,14	0,04

Tabelle 23: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Juli 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum				Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	01.07.	07.07.	13.07.	19.07.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	2,8	1,9	2,1	5,6	1,9	5,6	3,1	2,5	1,7
ACY	0,44	0,24	0,24	1,9	0,24	1,9	0,72	0,34	0,82
ACE	8,2	5,9	5,6	9,1	5,6	9,1	7,2	7,1	1,7
FLU	9,1	23	14	14	9,1	23	15	14	5,7
PHE	13	33	22	28	13	33	24	25	8,3
ANT	0,64	2,0	1,3	1,5	0,64	2,0	1,4	1,4	0,58
FLA	3,0	13	6,1	7,7	3,0	13	7,4	6,9	4,0
PYR	1,3	5,1	2,4	4,0	1,3	5,1	3,2	3,2	1,7
BNT	0,02	0,16	0,06	0,07	0,02	0,16	0,08	0,07	0,06
CCP	0,02	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04	0,03	0,03	0,01
BAA	0,05	0,17	0,11	0,10	0,05	0,17	0,11	0,10	0,05
CHR	0,09	0,38	0,19	0,20	0,09	0,38	0,22	0,20	0,12
BBF	0,10	0,35	0,21	0,20	0,10	0,35	0,21	0,20	0,10
BKF	0,04	0,15	0,08	0,09	0,04	0,15	0,09	0,08	0,04
BEP	0,06	0,20	0,12	0,13	0,06	0,20	0,13	0,12	0,06
BAP	0,07	0,20	0,12	0,10	0,07	0,20	0,12	0,11	0,06
IND	0,09	0,31	0,19	0,22	0,09	0,31	0,20	0,20	0,09
DBA	0,01	0,05	0,03	0,03	0,01	0,05	0,03	0,03	0,02
BPE	0,09	0,29	0,18	0,19	0,09	0,29	0,19	0,19	0,08
COR	0,04	0,09	0,08	0,10	0,04	0,10	0,08	0,09	0,03

Tabelle 24: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz August 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	06.08.	12.08.	18.08.	24.08.	30.08.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	5,2	2,7	2,8	15	6,1	2,7	15	6,3	5,2	4,9
ACY	2,9	1,4	0,23	3,7	1,6	0,23	3,7	2,0	1,6	1,3
ACE	14	7,4	6,9	19	13	6,9	19	12	13	5,0
FLU	18	11	26	24	14	11	26	18	18	6,3
PHE	37	20	47	41	26	20	47	34	37	11
ANT	2,8	0,88	2,4	3,5	1,6	0,88	3,5	2,2	2,4	1,0
FLA	9,7	6,9	17	20	9,2	6,9	20	13	9,7	5,6
PYR	6,7	2,6	5,9	8,5	3,9	2,6	8,5	5,5	5,9	2,3
BNT	0,32	0,11	0,26	0,61	0,17	0,11	0,61	0,29	0,26	0,19
CCP	0,09	0,07	0,03	0,18	0,04	0,03	0,18	0,08	0,07	0,06
BAA	0,66	0,28	0,41	1,1	0,33	0,28	1,1	0,56	0,41	0,35
CHR	0,85	0,48	0,80	2,0	0,56	0,48	2,0	0,95	0,80	0,63
BBF	0,87	0,60	0,75	2,2	0,56	0,56	2,2	0,99	0,75	0,68
BKF	0,35	0,22	0,30	0,77	0,21	0,21	0,77	0,37	0,30	0,23
BEP	0,58	0,36	0,50	1,4	0,35	0,35	1,4	0,63	0,50	0,42
BAP	0,50	0,33	0,45	1,2	0,27	0,27	1,2	0,54	0,45	0,36
IND	0,45	0,31	0,41	1,1	0,31	0,31	1,1	0,52	0,41	0,34
DBA	0,08	0,04	0,07	0,18	0,04	0,04	0,18	0,08	0,07	0,06
BPE	0,49	0,35	0,44	1,2	0,33	0,33	1,2	0,55	0,44	0,34
COR	0,19	0,15	0,15	0,31	0,13	0,13	0,31	0,19	0,15	0,07

Tabelle 25: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz September 2001

Leitsubstanz	Probenahmedatum					Kenngrößen in ng/Nm <sup>3</sup>				
	05.09.	11.09.	18.09.	24.09.	30.09.	Min	Max	MW	Med	RSD
NAP	4,9	8,1	27	7,7	12	4,9	27	12	8,1	8,9
ACY	1,8	2,5	16	5,9	7,6	1,8	16	6,7	5,9	5,5
ACE	3,9	5,0	18	8,2	20	3,9	20	11	8,2	7,6
FLU	5,1	4,5	11	12	18	4,5	18	10	11	5,6
PHE	9,8	9,1	29	22	40	9,1	40	22	22	13
ANT	0,74	0,68	3,8	3,4	4,9	0,68	4,9	2,7	3,4	1,9
FLA	4,7	3,8	12	13	14	3,8	14	9,5	12	4,8
PYR	2,3	2,1	5,7	6,1	8,1	2,1	8,1	4,9	5,7	2,6
BNT	0,02	0,03	0,34	0,29	0,42	0,02	0,42	0,22	0,29	0,19
CCP	0,02	0,03	0,15	0,12	0,38	0,02	0,38	0,14	0,12	0,14
BAA	0,08	0,14	1,2	1,1	1,2	0,08	1,2	0,74	1,1	0,58
CHR	0,13	0,26	1,6	1,3	1,8	0,13	1,8	1,0	1,3	0,79
BBF	0,12	0,25	1,8	1,4	1,8	0,12	1,8	1,1	1,4	0,83
BKF	0,05	0,10	0,69	0,50	0,73	0,05	0,73	0,42	0,50	0,32
BEP	0,10	0,17	1,1	0,84	1,3	0,10	1,3	0,70	0,84	0,54
BAP	0,10	0,17	1,1	0,66	1,1	0,10	1,1	0,63	0,66	0,49
IND	0,11	0,20	1,0	0,76	1,2	0,11	1,2	0,66	0,76	0,49
DBA	0,01	0,02	0,15	0,09	0,14	0,01	0,15	0,08	0,09	0,07
BPE	0,14	0,25	1,1	0,85	1,3	0,14	1,3	0,74	0,85	0,53
COR	0,08	0,13	0,44	0,32	0,53	0,08	0,53	0,30	0,32	0,19

## Anhang II – Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Mechanismus bei der Entstehung von Benzo(a)pyren durch Pyrolyse
- Abbildung 2: Luftschadstoffemissionen an PAH in Österreich
- Abbildung 3: Strukturformeln, Bezeichnungen und Abkürzungen der untersuchten Tracer und von Benzo(e)Pyren
- Abbildung 4: Strukturformeln, Bezeichnungen und Abkürzungen der untersuchten Leitsubstanzen
- Abbildung 5: Schema des Probenahmegerätes
- Abbildung 6: Filterkopf
- Abbildung 7: Geogr. Lage der Messstelle Graz - Süd
- Abbildung 8: Geogr. Lage der Messstelle Linz – ORF - Zentrum
- Abbildung 9: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Oktober 2000
- Abbildung 10: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Oktober 2000
- Abbildung 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / November 2000
- Abbildung 12: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / November 2000
- Abbildung 13: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Dezember 2000
- Abbildung 14: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Dezember 2000
- Abbildung 15: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Jänner 2001
- Abbildung 16: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Jänner 2001
- Abbildung 17: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Februar 2001
- Abbildung 18: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Februar 2001
- Abbildung 19: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / März 2001
- Abbildung 20: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / März 2001
- Abbildung 21: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / April 2001
- Abbildung 22: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / April 2001
- Abbildung 23: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Mai 2001

- Abbildung 24: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Mai 2001
- Abbildung 25: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Juni 2001
- Abbildung 26: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Juni 2001
- Abbildung 27: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / Juli 2001
- Abbildung 28: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / Juli 2001
- Abbildung 29: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / August 2001
- Abbildung 30: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / August 2001
- Abbildung 31: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Graz / September 2001
- Abbildung 32: Mittelwerte und Standardabweichungen der Parameter in Linz / September 2001
- Abbildung 33: : Mittelwerte und Standardabweichungen von NAP im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 34: Mittelwerte und Standardabweichungen von ACY im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 35: Mittelwerte und Standardabweichungen von ACE im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 36: Mittelwerte und Standardabweichungen von FLU im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 37: Mittelwerte und Standardabweichungen von PHE im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 38: Mittelwerte und Standardabweichungen von ANT im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 39: Mittelwerte und Standardabweichungen von FLA im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 40: Mittelwerte und Standardabweichungen von BNT im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 41: Mittelwerte und Standardabweichungen von CCP im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 42: Mittelwerte und Standardabweichungen von BAA im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 43: Mittelwerte und Standardabweichungen von CHR im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 44: Mittelwerte und Standardabweichungen von BBF im Messzeitraum in Graz und Linz

- Abbildung 45: Mittelwerte und Standardabweichungen von BKF im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 46: Mittelwerte und Standardabweichungen von BEP im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 47: Mittelwerte und Standardabweichungen von BAP im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 48: Mittelwerte und Standardabweichungen von IND im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 49: Mittelwerte und Standardabweichungen von DBA im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 50: Mittelwerte und Standardabweichungen von BPE im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 51: Mittelwerte und Standardabweichungen von COR im Messzeitraum in Graz und Linz
- Abbildung 52: Jahresmittelwerte der einzelnen Parameter in Graz
- Abbildung 53: Jahresmittelwerte der einzelnen Parameter in Linz
- Abbildung 54: Jahresmittelwerte der einzelnen Parameter der Pilotstudie in Wien
- Abbildung 55: Jahresmittelwert Benzo(a)pyren der Messstellen Graz und Linz, sowie Wien
- Abbildung 56: Anteil von Benzo(a)pyren an der Summe der EPA-PAH



## Anhang III – Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Jahresmittelwerte der Messstellen Graz und Linz  
Tabelle 2: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Oktober 2000  
Tabelle 3: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz November 2000  
Tabelle 4: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Dezember 2000  
Tabelle 5: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Jänner 2001  
Tabelle 6: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Februar 2001  
Tabelle 7: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz März 2001  
Tabelle 8: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz April 2001  
Tabelle 9: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Mai 2001  
Tabelle 10: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Juni 2001  
Tabelle 11: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz Juli 2001  
Tabelle 12: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz August 2001  
Tabelle 13: Einzelergebnisse und Kenngrößen Graz September 2001  
Tabelle 14: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Oktober 2000  
Tabelle 15: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz November 2000  
Tabelle 16: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Dezember 2000  
Tabelle 17: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Jänner 2001  
Tabelle 18: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Februar 2001  
Tabelle 19: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz März 2001  
Tabelle 20: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz April 2001  
Tabelle 21: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Mai 2001  
Tabelle 22: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Juni 2001  
Tabelle 23: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz Juli 2001  
Tabelle 24: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz August 2001  
Tabelle 25: Einzelergebnisse und Kenngrößen Linz September 2001

## Anhang IV - Literatur

- AARHUS 1998: UN-ECE (United Nations Economic Commission for Europe), Konvention über den Zugang zu Informationen, die Öffentlichkeitsbeteiligung an Entscheidungsverfahren und den Zugang zu Gerichten in Umweltangelegenheiten (Juni 1998 ).
- BGBI. I 115/1997: Bundesgesetz: Immissionsschutzgesetz - Luft, IG-L. 1997.
- DIN ISO 12 884 (2000): Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe. Probenahme auf Filtern mit Sorbenzien und anschließender gaschromatograpischer/massenspektrometrischer Analyse. Dezember 2000.
- DIN 38 409 Teil 13: Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H): Bestimmung von polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Trinkwasser (H13 1-3). Juni 1981.
- EITZER, B.D.; HITES, R.A.; 1989: Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in the ambient air of Bloomington, Indiana. *Sci. Environ. Technol.* 23, 1389-1395
- FERNANDEZ, P., GRIMALT, J., VILANOVA, R (2002): Atmospheric Gas-Particle Partitioning of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in High Mountain Regions of Europe. *Environ. Sci. Technol.* 36, 1162-1168.
- FOREMAN, W.T.; BIDDLEMAN, T.F.; 1990: Semivolatile organic compounds in the ambient air of Denver, Colorado. *Atmos. Environ.* 24A, 2405-2416
- GANS, 2002: persönliche Mitteilung im Juni 2002.
- GANS, O., REMESCH, T., LESEMANN, C., SCHARF, S. (1999): Collection and Sampling of polycyclic aromatic hydrocarbons with glass fibr-polyurethane foam system in Vienna to establish PAH profiles for 1999. *Fresenius Environ. Bull.* 8, 576-585 (1999).
- GASTON WU, J.C.; CHANG, M.G.; 1997: Determination of PAH in aiorborne particulates using gel permeation chromatography and HPLC – Fluorescence – UV. *J. Environ. Sci. Health A* 32(5), 1525-1556
- GIBSON, T.D., SUBRAMANIA, V.: 1984: Microbial Degradation of organic compounds. In D.T. Gibson (ed.), Marcel Dekker, Inc. New York, 181-252.
- HEYDER, J.;1990: Ablagerung von Aerosolteilchen im Atemtrakt des Menschen. In: Neue Wege in der Inhalationstherapie obstruktiver Atemwegserkrankungen. München: Dustriverlag, 48-60
- HOHENBLUM, P., REMESCH, T., GANS, O., SCHARF, S. (2002): Sampling and Analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) in the Austrian Cities of Graz and Linz in order to establish PAH Profiles for 2000/2001. *Fresenius Environ. Bull.* 11 (12), 2002.
- IARC-Monographien, 1988: Abschätzung des Krebsrisikos beim Menschen.

- ISO 12 884 (2000): Ambient air -- Determination of gas- and particle-phase polycyclic aromatic hydrocarbons total -- Collection on sorbent-backed filters with gas chromatographic/mass spectrometric analysis.
- JACOB, J. und SEIDEL, A. (2002): Zur Problematik der Verwendung von Benzo(a)pyren als Leitkomponente für das PAH-bedingte karzinogene Potenzial in Umweltmatrices. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft* 62 (2002) Nr.6, 239-246.
- KAMENS, R.M., FULCHER, J.N., ZHISHI, G. (1986): *Atmos Environ* 10, 1579.
- LÄNDERAUSSCHUSS FÜR IMMISSIONSSCHUTZ, 1992: Krebsrisiko durch Luftverunreinigung; Ministerium f. Umweltschutz; NRW, Düsseldorf.
- LGBl. 34/1976: Gesetz vom 2. April 1976 über die Reinhaltung der Luft (Öö. Luftreinhaltegesetz).
- LGBl. 128/1974: Steiermärkisches Luftreinhaltegesetz.
- LÓPEZ LÓPEZ, D.; RUBIO BARROSO; POLO DÍEZ, L.M., 1996: Quantitation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Compounds in Urban Air Particulate by HPLC with Programmed Fluorescence Detection. *Química Analítica* 15, 224-229
- NEUKOMM, S.; DUC, T.V.; BARBLAN, C.; 1975: Comparison de la teneur de 14 hydrocarbures aromatiques polycycliques dans les poussières sédimentées et en suspension dans l'air, le long de secteurs d'autoroute à revêtement bitumineux et cimenté (autoroute Lausanne Genève). *Médecine sociale et préventive* 20, 65-68
- NIELSEN, T.; PILEGAARD, K.; JENSEN, A.B.; 1991: Occurrence and sources of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons at an international airport. In *Polycyclic Aromatic Compounds Synthesis, Properties, Analytical Measurements, Occurrence and Biological Effects PAH XIII* edited by GARRIGUES, P. and LAMOTTE, M.; 519-526
- NIELSEN, T.; 1996: Traffic contribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the center of a large city. *Atmospheric Environment* Vol. 30, 3481-3490
- OBERDÖRSTER, G.; 1988: Lung clearance of inhaled insoluble and soluble particles. *J. Aerosol Med.* 1/4, 289-330
- PANKOW, J.F.; 1987: Review and comparative analysis of the theories on partitioning between the gas and the particulate phases in the atmosphere. *Atmos. Environ.* 21, 2275-2283
- PANKOW, J.F.; 1988: The calculated effects of non-exchangeable material on the gas particle distribution of organic compounds. *Atmos. Environ.* 22, 1405-1409
- PEKLO et al. (1999): Ein Beitrag zur Bewertung der Toxizität immissionsbedingter polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe in Pflanzen mit Hilfe von Toxizitätsäquivalentfaktoren. *Gefahrenstoffe – Reinhaltung der Luft* 59, Nr. 11/12, 475-478.
- ROCHA, T.A.P., HORVATH, H., OLIVEIRA, J.A.B.P., DUARTE, A.C. (1999): Trends in Alkanes and PAHs in airborne particulate matter from Oporto and Vienna: identification and comparison. *Sci. Tot. Environ.* 236 (1999) 231- 236.

- SUN, J.D.; WOLFF, R.K.; MAIO, S.M.; BARR, E.B.; 1989: Influence of adsorption to carbon black particles on the retention and metabolic activation of benzo(a)pyrene in rat lungs following inhalation exposure or intratracheal instillation. *Inhalation Toxicology* 1, 1-19
- UMWELTBUNDESAMT Berlin 1979: Luftqualitätskriterien für ausgewählte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe. Berichte 1/79, Erich Schmidt Verlag, Berlin
- UMWELTBUNDESAMT (1999a): PAH in der Umwelt, Messungen 1989 – 1998. Reports R-153, Hrsg. Umweltbundesamt GesmbH Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (1999b): Luftschadstoff-Trends in Österreich 1980 – 1998. Berichte BE-165, Hrsg. Umweltbundesamt GesmbH Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2000): PAH in der Luft – Messungen in Wien 1999. Umweltbundesamt, Bericht UBA-BE-178, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2001): Luftschadstoff-Trends in Österreich 1980 – 2000. Umweltbundesamt, Bericht UBA-BE-181, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2002): Emissionen von Dioxinen, PCBs und PAHs aus Kleinf Feuerungen. Umweltbundesamt, Monographie Band 153, Wien
- VALENTIN, H.; KENTNER, M. (Hrsg.), Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
- VDI BERICHTE 358; 1980: Luftverunreinigung durch polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe. Erfassung und Bewertung. Düsseldorf: VDI-Verlag, 375-411
- WYBRANIEC, S.; de JONG, A.P.; 1996: Modified sampling and analysis method for large volatility range airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) using gas chromatography-mass spectrometry. *Fresenius J. Anal. Chem.* 356, 396-402
- YAMASAKI, H.; KUWATA, K. MIYAMOTO, H.; 1982: Effects of ambient temperature on aspects of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons. *Environ. Sci. Technol.* 16, 189-194