



PAH IN DER LUFT

Messergebnisse des Hintergrundstandortes Pillersdorf/Niederösterreich

Philipp Hohenblum
Katharina Gammer
Sigrid Scharf
Jürgen Schneider

REPORT
REP-0010

Wien, 2006



Projektleitung

Marina Fröhlich

Autoren

Philipp Hohenblum

Katharina Gammer

Sigrid Scharf

Jürgen Schneider

Übersetzung

Philipp Hohenblum

Lektorat

Maria Deweis

Alle Analysen wurden im Labor des Umweltbundesamtes durchgeführt.

Weitere Informationen zu Publikationen des Umweltbundesamtes unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Druck: Eigenvervielfältigung

Gedruckt auf Recyclingpapier

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2006
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-809-1



INHALT

	ZUSAMMENFASSUNG	4
	SUMMARY	5
1	EINLEITUNG	6
1.1	Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH).....	6
1.2	Rechtslage	7
2	MESSVERFAHREN	8
2.1	Probenahme.....	8
2.2	Beschreibung der Messstelle.....	8
2.3	Analytik.....	9
3	ERGEBNISSE	10
3.1	Einzelergebnisse	10
3.2	Monatsmittelwerte.....	11
3.3	Jahresmittelwert.....	11
3.4	Vergleich High Volume Sampler – PM10-Sammelmethode	12
3.5	Vergleich mit weiteren Messergebnissen	13
3.6	Relativer Anteil BAP an PM10	14
4	LITERATUR	15
	ANHANG	16
	Einzelergebnisse der Messungen.....	16



ZUSAMMENFASSUNG

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) sind kondensierte, aromatische Verbindungen, die bei der unvollständigen Verbrennung organischen Materials oder fossiler Brennstoffe entstehen. Aufgrund der in Tierversuchen für einige Substanzen nachgewiesenen kanzerogenen und mutagenen Wirkung stellen PAHs eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar. Der Großteil der PAH-Emissionen ist auf Hausbrand, kalorische Kraftwerke, Kfz-Verkehr und industrielle Anlagen, insbesondere Kokereien, Gaswerke und Raffinerien, zurückzuführen.

Aufgrund der Gesundheitsgefährdung durch PAHs legt die Europäische Union in der vierten Tochterrichtlinie zur Richtlinie 96/62/EG einen Immissionszielwert für PAHs in der Luft fest. Als Marker für PAH soll Benz(a)pyren (BAP) herangezogen werden, welches mit 1 ng/m^3 in der PM10-Fraktion als Jahresmittelwert limitiert ist. Diese Tochterrichtlinie wird in österreichisches Recht integriert und tritt als Novelle zum Immissionsschutzgesetz Luft Anfang 2006 in Kraft.

In dieser Studie wurden an der Hintergrundmessstelle „Pillersdorf“ über den Zeitraum von mehr als einem Jahr Luftproben gemäß der Tochterrichtlinie gesammelt und auf BAP analysiert. Zusätzlich wurden Vergleichsmessungen durchgeführt, um Unterschiede der verschiedenen Schwebestaubfraktionen (Gesamtstaub, PM10-Fraktion) feststellen zu können.

Die Messungen zeigten, dass bei der Messstelle Pillersdorf der Zielwert von 1 ng/m^3 BAP im Jahresmittelwert nicht erreicht wurde ($0,45 \text{ ng/m}^3$). Im Jahresgang sind saisonale Effekte deutlich zu erkennen: in den Wintermonaten sind die Konzentrationen von BAP um bis zu einen Faktor 14 höher als in den Sommermonaten (in Bezug auf die Einzelmessergebnisse). Darüber hinaus wurden in den Monaten Dezember und Jänner Monatsmittelwerte größer 1 ng/m^3 bestimmt. Einzelwerte betragen in den Wintermonaten über 4 ng/m^3 , in den Sommermonaten wurde ein Mittelwert von $0,06 \text{ ng/m}^3$ registriert.

Der Vergleich der Analyse der PM10-Fraktion und des Gesamtstaubes zeigt, dass die Konzentration der PM10-Fraktion rund 90 % der Konzentration der Gesamtstaubfraktion ausmacht.

SUMMARY

Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH) are condensed, aromatic compounds which are formed during the incomplete combustion of organic matter and fossil fuels. The majority of PAH emissions can be attributed to domestic combustion, power plants using fossil fuels, traffic and industrial emissions. In vivo tests revealed a carcinogenic and mutagenic potential of some PAHs. Hence, these substances constitute a risk to human health.

In the fourth daughter directive of directive 96/62/EG, the European Union sets an air quality target value for PAH in the air. Benzo(a)pyrene (BAP) was selected as marker substance with a limit value of 1 ng/m^3 in the PM₁₀ fraction as an annual average. The directive will have to be transposed into Austrian law, which will be done through an amendment to the Immissionschutzgesetz Luft [Austrian Air Quality Protection Act]. This amendment is expected to enter into force early in 2006.

For this study, air samples were collected at the rural background measurement site of "Pillersdorf" in Lower Austria. The sampling and measurements of BAP were carried out over a period of one year (May 2003 until June 2004) according to the requirements specified in the directive. Additionally, a comparison was made to identify differences between sampling methods (total suspended material – PM₁₀).

The measurements revealed that the target value of 1 ng/m^3 BAP was not exceeded in Pillersdorf (annual average: 0.45 ng/m^3). However, seasonal variations were found: individual concentrations of BAP varied by a factor of 14 between summer and winter, with much higher concentrations during the winter months. Moreover, monthly average concentrations of BAP exceeded 1 ng/m^3 in December and January. A maximum concentration of 4 ng/m^3 was determined in one sample in December whereas the average of all summer samples (May until September) was 0.06 ng/m^3 .

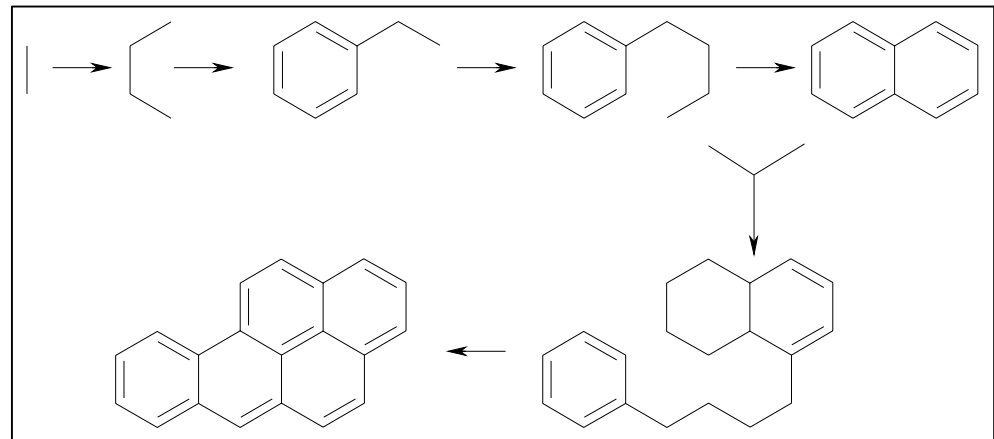
A comparison of the PM₁₀ fraction and the total suspended material showed that BAP concentrations in PM₁₀ account for about 90 % of the concentration of the total suspended material fraction.

1 EINLEITUNG

1.1 Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH)

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) bestehen aus zwei oder mehr kondensierten aromatischen Ringen und enthalten in der Regel nur Kohlenstoff- und Wasserstoffatome im Molekül. PAHs entstehen bei der unvollständigen Verbrennung biogener oder fossiler Brennstoffe. Der genaue Entstehungsmechanismus ist nicht bekannt. Es wird jedoch ein Mechanismus postuliert, nach welchem PAHs aus freien, bei der Pyrolyse entstandenen Radikalen, gebildet werden (vgl. Abb. 1): Durch Kondensation, Ringschließungen, Dehydrierungen, Diels-Alder-Reaktionen und anderen Reaktionen entstehen aus kleinen, instabilen Verbindungen größere, aromatische und damit stabilere Moleküle (GIBSON & SUBRAMANIA 1984).

Abb. 1:
Mechanismus der
Entstehung von
Benz(a)pyren (GIBSON &
SUBRAMANIA 1984)



Der Großteil der PAH-Belastung ist auf Emissionen aus Hausbrand, kalorischen Kraftwerken, Kfz-Verkehr und industriellen Anlagen, insbesondere Kokereien, Gaswerken und Raffinerien zurückzuführen. Darüber hinaus stellen Waldbrand, offenes Feuer auf landwirtschaftlich genutzten Flächen (Feldbrand) sowie Vulkanismus eine Quelle für PAHs dar. Durch die Einstellung der Primäraluminiumproduktion (Elektrodenabbrand) in Österreich im Jahre 1992 konnten die PAH-Emissionen im Zeitraum 1990-2003 um 50 % gesenkt werden. Ein weiterer Beitrag zur Emissionsreduktion war das Verbot der offenen Strohverbrennung (Feldabbrand). Seither sind die Kleinverbraucher mit 78 % der PAH-Emissionen (2003) die Hauptverursacher. 4 % der PAH-Emissionen wurden von der Industrie verursacht, 3 % durch die Landwirtschaft und 16 % durch den Verkehr, wobei der Anteil des Verkehrs in den letzten 13 Jahren von 4 % (1990) auf 16 % (2003) angestiegen ist (UMWELTBUNDESAMT 2005).

PAHs werden sowohl partikelgebunden als auch in gasförmigem Zustand über die Atmosphäre verbreitet. Die Verteilung zwischen diesen beiden Phasen wird entscheidend vom Dampfdruck der Substanzen bei Umgebungstemperatur und somit auch der Jahreszeit, beeinflusst. Das atmosphärische Verhalten der PAHs wurde bereits früher diskutiert (UMWELTBUNDESAMT 2001). Für die menschliche Gesund-



heit ist insbesondere die Größe der Trägerpartikel von Bedeutung, da sie die Eindringtiefe und Verweildauer der Teilchen im Atemtrakt bestimmt. Besonders Feinstaub – particulate matter (PM) – mit einem Durchmesser von $10\ \mu\text{m}$ oder $2,5\ \mu\text{m}$ (PM₁₀, PM_{2,5}) ist in diesem Zusammenhang hervorzuheben.

Aufgrund ihrer kanzerogenen und mutagenen Wirkung stellen PAHs eine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar. Als krebserzeugend werden Benz(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)anthracen, Dibenzo(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3-c,d)pyren angesehen (IARC-MONOGRAPHIEN 1988). Es wird empfohlen (JACOB & SEIDEL 2002), die EPA PAH (16 von der Environmental Protection Agency ausgewählte, in der Umwelt vorkommende Substanzen) bei Umwelt- und Arbeitsplatzanalysen zukünftig durch einen Summenparameter aus 17 kanzerogenen PAHs zu ersetzen. Die Autoren weisen darauf hin, dass der Wirkungsanteil von BAP am krebserzeugenden Gesamtpotenzial einer Probe stark matrixabhängig ist.

1.2 Rechtslage

Aufgrund der Richtlinie 96/62/EG des Rates vom 27. September 1996 über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität musste die Europäische Kommission einen Vorschlag zur Festlegung eines Grenzwertes von PAH in der Luft vorlegen.

In der 4. Tochterrichtlinie 2004/107/EG wurde für Benz(a)pyren ein Immissionszielwert für PAH von $1\ \text{ng}/\text{m}^3$ im Jahresmittel festgelegt. Die 4. Tochterrichtlinie ist bis 2007 in nationales Recht zu integrieren; in Österreich erfolgt dies durch eine Novelle des Immissionsschutzgesetzes Luft, welche Anfang 2006 in Kraft treten wird (BGBl. 115/97 i.d.g.F.).

Die Richtlinie weist darauf hin, dass für die enthaltenen Schadstoffe keine Schwellenwerte festgelegt werden können, unter denen ein Risiko für die menschliche Gesundheit ausgeschlossen werden kann. Der Zielwert von $1\ \text{ng}/\text{m}^3$ wurde aufgrund einer Expertenbeurteilung festgelegt.

Die Richtlinie verpflichtet die Mitgliedstaaten, alle notwendigen, nicht mit übermäßigen Kosten verbundenen Maßnahmen zu ergreifen, um diesen Wert ab 31.12.2012 nicht zu überschreiten. Im Falle industrieller Emissionsquellen werden jedoch keine über den Einsatz der bestmöglichen Technologie (Best Available Technology „BAT“) hinausgehenden Maßnahmen verlangt.

2 MESSVERFAHREN

2.1 Probenahme

Die Probenahme erfolgte im Zeitraum von Mai 2003 bis Juli 2004 an jedem 6. Tag über eine Dauer von 24 Stunden. An der Messstelle erfolgte eine kontinuierliche Überwachung meteorologischer Daten.

Die Probenahme erfolgte mit einem High Volume Sampler DHA 80 (DIGITEL) mit PM10-Kopf mit dem Ziel, eine Sammelcharakteristik zu verwirklichen, welche der thorakalen Fraktion des Gesamtschwebstaubes (jener Massenanteil einatembare, luftgetragener Partikel, die über den Kehlkopf hinaus gelangt) entspricht. Bei diesem Verfahren sollen per definitionem 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm erfasst werden; bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher. Flüchtige, sich in der Gasphase befindende PAHs werden durch dieses Probenahmeverfahren nicht erfasst.

Tab. 1:
Größen zur
Erfassung der
Schwebstaubbelastung

Gesamtschwebstaub (TSP)	Als Gesamtschwebstaub (Total Suspended Particulates = TSP) wird die mit konventionellen Sammlern gemessene Schwebstaubkonzentration bezeichnet. Dabei wird ein Großteil der luftgetragenen Partikel erfasst.
PM10	Bei PM10-Messverfahren sollen per definitionem 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm erfasst werden. Die derart bestimmte Staubfraktion ist eine Teilmenge des TSP.
PM2,5	Bei diesem Verfahren sollen per definitionem 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 2,5 µm erfasst werden (der etwa dem Anteil entspricht, der bis in die Alveolen gelangt), bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher. Die derart bestimmte Staubfraktion ist eine Teilmenge des PM10 und sollte weitgehend der alveolengängigen Fraktion entsprechen.

2.2 Beschreibung der Messstelle

Pillersdorf

Die Messstation Pillersdorf befindet sich in der Gemeinde 2073 Pillersdorf bei Retz, am Öhlberg (Gemeinde Zellerndorf im Weinviertel). Sie besteht seit 1992 und wird als Teil des nationalen Hintergrundmessnetzes betrieben.

Seehöhe: 315 m

geogr. Länge: 15°56'18"

geogr. Breite: 48°43'19"



2.3 Analytik

Die besaugten Filter wurden mit einer Transportbox staubdicht ins Labor gebracht und bei Raumtemperatur gelagert. Aufgrund der Massendifferenz zwischen leerem und beladenem Filter wurde die Staubmasse ermittelt. Unter Berücksichtigung des durchgesaugten Volumens ($30 \text{ m}^3/\text{h}$ bei Umgebungsbedingungen, d. h. $720 \text{ m}^3/24 \text{ h}$) kann so die Staubkonzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ errechnet werden.

Nach erfolgter Massenbestimmung wurden die kompletten Filter (Filterdurchmesser 150 mm, besaugte Fläche ca. 140 mm) aufgearbeitet und analysiert. Die Probenahme erfolgte gemäß der EN 12341 (1999) „Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM₁₀-Fraktion im Schwebestaub“.

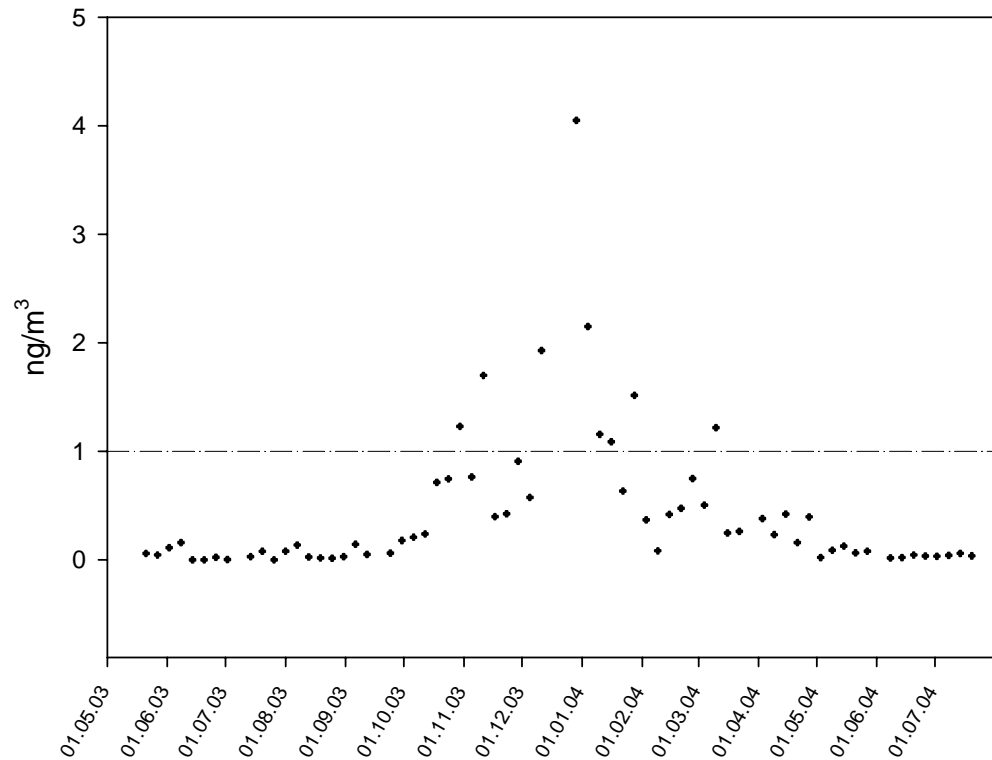
Die Bestimmung der PAH erfolgte mittels Gaschromatographie mit Massenspektroskopischer Detektion (Agilent 6890A Series II Plus GC und Agilent 5973N MSD), ausgestattet mit einer 60 m x 0,32 mm i.d. DB-5MS fused silica Kapillarsäule (0,25 μm Filmdicke, J&W Scientific, Folsom, CA). Die Messung erfolgte gemäß der DIN ISO 12884 (Dezember 2000) „Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe“. Die Chromatogramme wurden im selektiven Ionenmodus (SIM) mit Fluoranthen-¹³C als internem Standard aufgenommen. Nachweisgrenzen und Bestimmungsgrenzen wurden nach DIN 32 645 ermittelt (99 %). Die Bestimmungsgrenzen für Benzo(a)pyren liegt bei $0,005 \text{ ng}/\text{m}^3$ bei ca. 720 m^3 Probevolumen. Zur Überprüfung der Extraktionseffizienz wurde ein deuterierter BaP-Surrogate-Standard verwendet.

3 ERGEBNISSE

3.1 Einzelergebnisse

In Abb. 2 sind die Einzelergebnisse der Messungen im Beobachtungszeitraum graphisch dargestellt. Deutlich zu erkennen sind die saisonalen Variationen zwischen den Sommer- und Wintermonaten. Dies ist u. a. auf die erhöhten Emissionen der Kleinverbraucher sowie auf ungünstige Ausbreitungsbedingungen und die atmosphärische Stabilität während der Wintermonate zurückzuführen (Hausbrand, spezielle Wetterlage etc.). Der höchste Messwert wurde im Dezember bestimmt ($4,1 \text{ ng/m}^3$). Der Mittelwert der Messergebnisse während der Sommermonate Mai bis September betrug $0,06 \text{ ng/m}^3$, der Mittelwert während der Wintermonate Oktober bis April betrug $0,82 \text{ ng/m}^3$. Dieser Unterschied entspricht einem Faktor 14. Außerdem war die Standardabweichung während der Wintermonate deutlich größer ($0,05$ bzw. $0,79 \text{ ng/m}^3$).

Abb. 2:
Darstellung der Einzel-
Messergebnisse von
BAP im Beobachtungs-
zeitraum in ng/m^3



Eine vollständige tabellarische Darstellung der Einzelmesswerte ist im Anhang angeführt.

3.2 Monatsmittelwerte

In Abb. 3 sind die Monatsmittelwerte für BAP dargestellt. Die Messergebnisse zeigen einen deutlichen saisonalen Effekt. In den Herbst- und Wintermonaten sind die Konzentrationen von BAP deutlich höher als im Rest des Jahres. Zum einen tragen während der Wintermonate vermehrter Hausbrand sowie ungünstige Ausbreitungsbedingungen zu den höheren Benz(a)pyrenwerten und zu einer höheren Streuung der Messwerte bei. Zum anderen sind niedrige Temperaturen und die geringere Sonneneinstrahlung dafür verantwortlich, dass photolytische und chemolytische Prozesse nur in verringertem Ausmaß stattfinden und daher höhere atmosphärische Halbwertszeiten der PAH verzeichnet werden. Vor allem in den Monaten Dezember und Jänner wurden Monatsmittelwerte größer als 1 ng/m^3 ermittelt (Dezember: $2,2 \text{ ng/m}^3$, Jänner: $1,3 \text{ ng/m}^3$).

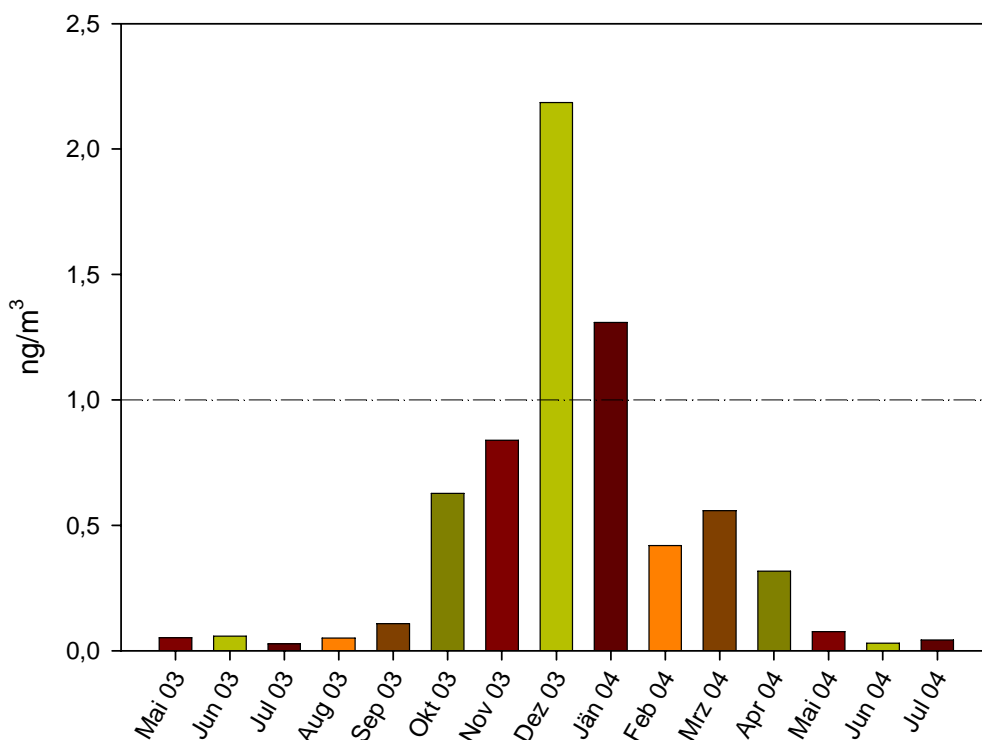


Abb. 3:
Monatsmittelwerte
für BAP in ng/m^3

3.3 Jahresmittelwert

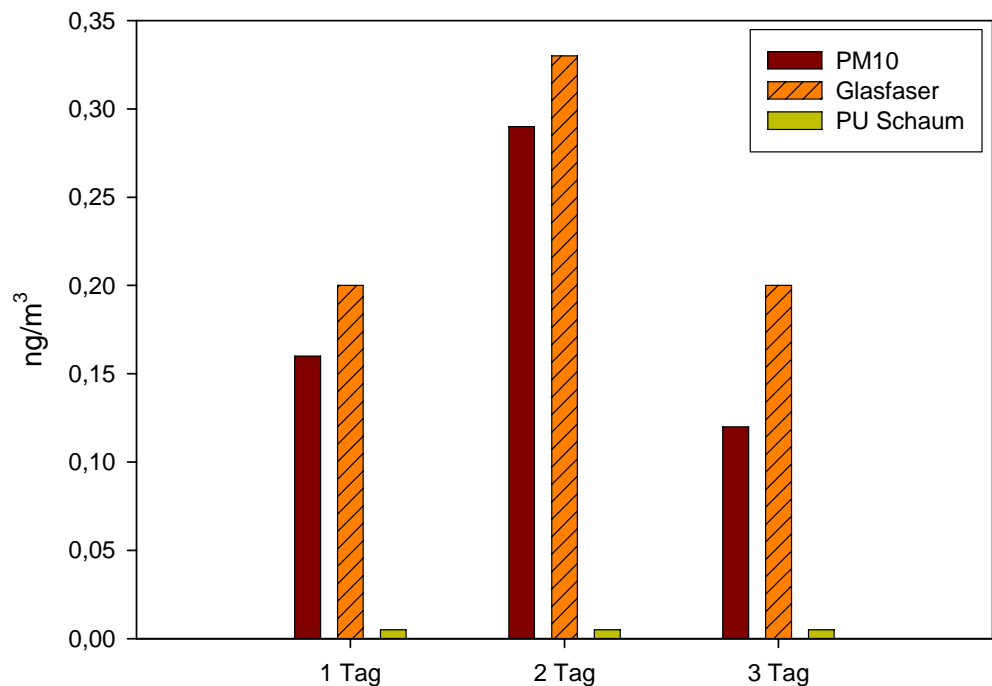
Der Jahresmittelwert wurde auf Basis der Monatsmittelwerte berechnet. Er beträgt $0,45 \text{ ng/m}^3$ und liegt unter dem Zielwert von 1 ng/m^3 . Während der Monate Dezember und Jänner waren jedoch die Monatsmittelwerte höher als der für den Jahresdurchschnitt definierte Zielwert. Es ist auch zu beachten, dass es sich bei diesem Standort um eine naturgemäß gering belastete Hintergrundmessstelle handelt und der Jahresmittelwert als hoch zu betrachten ist.

3.4 Vergleich High Volume Sampler – PM10-Sammelmethode

Um die mittels verschiedener Probenahmetechniken – High Volume Sampler bzw. PM10-Methode – gesammelten Proben vergleichen zu können, wurden am Standort Pillersdorf an drei Probenahmetagen im Juni 2004 mittels beider Techniken Proben genommen und diese auf ihren Gehalt an PAHs analysiert. High Volume Sampler erfassen sowohl den partikulären Anteil (Glasfaserfilter) als auch den gasförmigen Anteil (PU-Schaum) von BAP in der Luft. Die Ergebnisse zeigen, dass beide Methoden vergleichbare Werte liefern. Eine Gegenüberstellung der gemessenen BAP-Konzentrationen ist in Abb. 4 dargestellt.

An allen drei Tagen ergaben die PM10-Messungen leicht niedrigere Konzentrationen an Benz(a)pyren. Dies zeigt, dass die PM10-Fraktion etwa 90 % aller in der Luft vorhandenen Partikel (Total Solid Particulates) umfasst. Es hat sich auch gezeigt, dass aufgrund der geringen Flüchtigkeit von Benz(a)pyren die im PU-Schaum absorbierte Menge an gasförmigem BAP vernachlässigbar ist (alle drei Messungen unter der Bestimmungsgrenze).

Abb. 4:
Vergleich der
Probenahmetechniken
(PM10, und Glasfaser
und PU-Schaum) für
BAP an drei
verschiedenen
Probenahmetagen
(Juni 2004)



3.5 Vergleich mit weiteren Messergebnissen

In zwei Pilotstudien, welche in den Jahren 2000/2001 in Graz und Linz (UMWELTBUNDESAMT 2001) und 1998/1999 in Wien (UMWELTBUNDESAMT 1999) durchgeführt wurden, wurde Luft auf die gesamte Staubfraktion und die gasförmigen PAH beprobt. Aus diesem Grund sind diese Messwerte mit der vorliegenden Studie nur vergleichbar, wenn man berücksichtigt, dass zwei verschiedene Probenahmetechniken eingesetzt wurden (siehe 3.4 Vergleich der Probenahmetechniken).

Die in den beiden Studien bestimmten Jahresmittelwerte für Benz(a)pyren sind in Abb. 5 dargestellt. Der Zielwert wird einzig an der Hintergrundmessstelle Pillersdorf nicht überschritten. In Wien und Linz überschritten die Jahresmittelwerte den Zielwert von 1 ng/m^3 geringfügig, in Graz wurde der Zielwert deutlich überschritten. Dies ist auf die besondere geographische Beckenlage der Stadt und die damit verbundene häufige Inversionswetterlage zurückzuführen (UMWELTBUNDESAMT 2001).

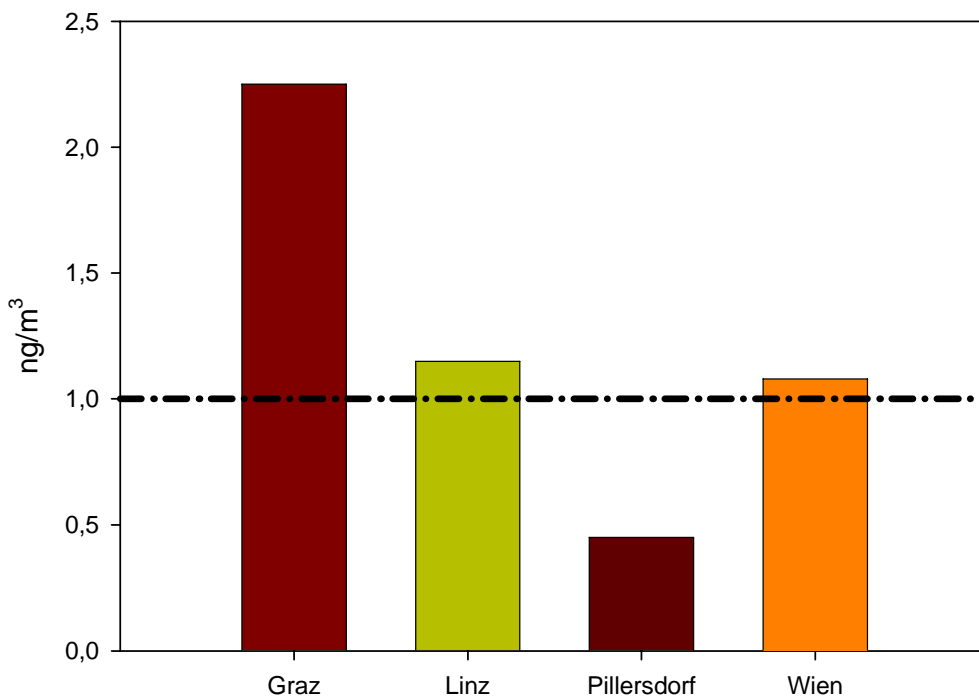
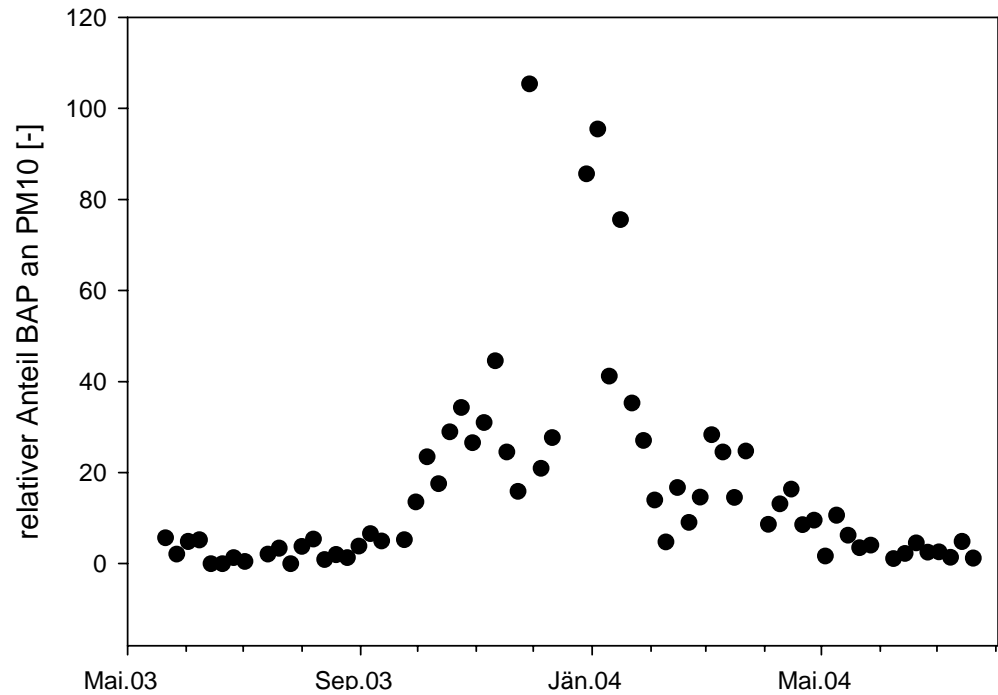


Abb. 5:
Vergleich des Jahresmittelwertes „Pillersdorf“ mit den Jahresmittelwerten „Graz“, „Linz“ und „Wien“ mit Hinweis auf die unterschiedlichen Probenahmetechniken und der dadurch nur bedingten Vergleichbarkeit der Ergebnisse

3.6 Relativer Anteil BAP an PM10

Abb. 6:
Relativer Anteil
von BAP an PM10



Der relative Anteil von BAP an der PM10-Konzentration in der Luft ist im zeitlichen Verlauf in Abb. 6 dargestellt. Dieser Anteil errechnet sich als Quotient der BAP-Konzentration und der PM10-Konzentration. Die Abbildung zeigt, dass der relative Anteil von BAP nicht konstant ist, sondern ähnlich der BAP-Konzentration einen Jahresgang mit einem Maximum im Winter aufweist. Grund dafür ist der Hausbrand, welcher neben großen PM10-Emissionen einen sehr hohen Anteil an PAHs aufweist.

4 LITERATUR

- DIN ISO 12 884 (2000): Außenluft – Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polycyclischer aromatischer Kohlenwasserstoffe – Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien und anschließender gaschromatographischer/massenspektrometrischer Analyse.
- 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.
- Foreman, W. T. & Bidleman, T. F. (1990): Semivolatile organic compounds in the ambient air of Denver, Colorado. *Atmos. Environ.* 24A, 2405-2416.
- Gibson, T. D. & Subramania, V. (1984): Microbial Degradation of organic compounds. In: D.T. Gibson (ed.), Marcel Dekker, Inc. New York, 181-252.
- IARC-Monographien (1988): Abschätzung des Krebsrisikos beim Menschen.
- Jacob, J. & Seidel, A. (2002): Zur Problematik der Verwendung von Benzo(a)pyren als Leitkomponente für das PAH-bedingte karzinogene Potential in Umweltmatrices. *Gefahrstoffe . Reinhaltung der Luft* 62 (2002) Nr. 6, 239-246.
- Lopez ,D., Barroso, R. & Polo Diez, L.M. (1996): Quantitation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon Compounds in Urban Air Particulate by HPLC with Programmed Fluorescence Detection. *Quimica Analitica* 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. (1996): Traffic contribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in the center of a large city. *Atmospheric Environment* Vol. 30, 3481-3490.
- 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.
- Richtlinie 96/62/EG des Rates; 27. Sep.1996: Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität.
- 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.
- Umweltbundesamt (1999): PAH in der Luft, Messungen in Wien 1999. Bericht, BE-178. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2001): PAH in der Luft – Messungen in Graz und Linz 2001. Bericht, BE-219. Umweltbundesamt, Wien.
- Umweltbundesamt (2005): Luftschadstoff-Trends in Österreich 1990-2003. Umweltbundesamt, Wien.

ANHANG

Einzelergebnisse der Messungen

Tab. 2:
Darstellung der
Einzelergebnisse
BAP (in ng/m^3) und
PM10 (in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Probenahmedatum	Labornummer	BAP [ng/m^3]	PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
21.05.2003	L 03 06 2449	0,0591	10
27.05.2003	L 03 06 2450	0,0448	21
02.06.2003	L 03 06 2451	0,1112	23
08.06.2003	L 03 06 2446	0,1578	30
14.06.2003	L 03 07 2670	n.n.	23
20.06.2003	L 03 07 2669	n.n.	13
26.06.2003	L 03 07 2823	0,0230	17
02.07.2003	L 03 07 2822	< 0,0072	7
14.07.2003	L 03 09 3745	0,0303	14
20.07.2003	L 03 09 3746	0,0780	23
26.07.2003	L 03 09 3744	n.n.	18
01.08.2003	L 03 09 3743	0,0803	21
07.08.2003	L 03 09 3747	0,1372	25
13.08.2003	L 03 09 3748	0,0270	30
19.08.2003	L 03 09 3749	0,0164	8
25.08.2003	L 03 11 4952	0,0158	12
31.08.2003	L 03 11 4951	0,0288	7
06.09.2003	L 03 11 4950	0,1441	22
12.09.2003	L 03 11 4949	0,0507	10
24.09.2003	L 03 11 4948	0,0614	12
30.09.2003	L 03 11 4947	0,1784	13
06.10.2003	L 03 11 4953	0,2077	9
12.10.2003	L 03 11 4955	0,2379	14
18.10.2003	L 03 11 4954	0,7153	25
24.10.2003	L 03 11 4946	0,7453	22
30.10.2003	L 04 01 0304	1,2300	46
05.11.2003	L 04 01 0303	0,7640	25
11.11.2003	L 04 01 0302	1,7000	38
17.11.2003	L 04 01 0301	0,3980	16
23.11.2003	L 04 01 0300	0,4240	27
29.11.2003	L 04 01 0299	0,9070	9
05.12.2003	L 04 01 0298	0,5740	27
11.12.2003	L 04 01 0297	1,9300	70
29.12.2003	L 04 01 0296	4,0500	47
04.01.2004	L 04 03 1114	2,1491	23
10.01.2004	L 04 03 1115	1,1569	28
16.01.2004	L 04 03 1116	1,0896	14
22.01.2004	L 04 03 1117	0,6353	18
28.01.2004	L 04 03 1118	1,5159	56



Probenahmedatum	Labornummer	BAP [ng/m³]	PM10 [µg/m³]
03.02.2004	L 04 03 1119	0,3687	26
09.02.2004	L 04 03 1120	0,0826	17
15.02.2004	L 04 03 1121	0,4177	25
21.02.2004	L 04 04 1654	0,4750	52
27.02.2004	L 04 04 1655	0,7494	51
04.03.2004	L 04 04 1661	0,5045	18
10.03.2004	L 04 04 1656	1,2198	50
16.03.2004	L 04 04 1657	0,2483	17
22.03.2004	L 04 04 1658	0,2612	11
03.04.2004	L 04 04 1659	0,3803	44
09.04.2004	L 04 04 1660	0,2319	18
15.04.2004	L 04 06 2616	0,4211	26
21.04.2004	L 04 06 2617	0,1590	19
27.04.2004	L 04 06 2618	0,3966	41
03.05.2004	L 04 06 2619	0,0225	13
09.05.2004	L 04 06 2620	0,0886	8
15.05.2004	L 04 06 2621	0,1265	20
21.05.2004	L 04 06 2622	0,0637	18
27.05.2004	L 04 06 2623	0,0795	20
02.06.2004	L 04 06 2624	kein Filter	16
08.06.2004	L 04 08 3645	0,0175	10
14.06.2004	L 04 08 3644	0,0218	10
20.06.2004	L 04 08 3646	0,0450	14
26.06.2004	L 04 08 3648	0,0350	13
02.07.2004	L 04 08 3647	0,0338	29
08.07.2004	L 04 08 3649	0,0416	12
14.07.2004	L 04 08 3650	0,0602	31
20.07.2004	L 04 08 3651	0,0374	26