

Andrea HANUS-ILLNAR

## Reports

**UBA-95-098**

**Immissionen von aromatischen  
Kohlenwasserstoffen  
im Stadtbereich von Wien**

Wien, Juni 1995

Bundesministerium für Umwelt



Autorin und  
Projektleitung: Andrea Hanus-Illnar

Analytik: Isabella Hrabcik, Alexandra Messner, Ingrid Stach

Probenahme: Andreas Reisenhofer

Textbearbeitung: Evelyn Neuhold

Graphiken: Isabella Hrabcik

Übersetzung: Irmgard Zach

**Impressum**

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5  
Druck: Melzer, 1070 Wien

© Umweltbundesamt, Wien, Juni 1995  
Alle Rechte vorbehalten  
ISBN 3-85457-242-5

## ***Immissionen von aromatischen Kohlenwasserstoffen im Stadtbereich von Wien - Kurzzusammenfassung (Report UBA-95-098)***

Für Benzol, einen leichtflüchtigen aromatischen Kohlenwasserstoff, werden aufgrund seiner Toxizität zunehmend Emissions- und Immissionsbegrenzungen diskutiert. Im Entwurf einer Verordnung zum geplanten Bundesimmissionsschutzgesetz ist die Festlegung eines Immissionsgrenzwertes für Benzol vorgesehen.

In Österreich liegen bisher wenig Daten über die Immissionskonzentrationen von Benzol, insbesondere über längere Zeiträume, vor. Daher hat das Umweltbundesamt Messungen in Ballungsgebieten durchgeführt.

Der geplante Immissionsgrenzwert stellt einen Jahresmittelwert dar. Daher wurden nach einer kurzen Vorerhebung im Sommer 1991 Immissionsmessungen an 15 Meßstellen über den Zeitraum eines Jahres (März 1992 bis März 1993) durchgeführt. Der lokale Schwerpunkt der Messungen lag mit 11 Meßstellen im Großraum Wien, wobei sowohl Meßstellen mit einer erwartungsgemäß hohen Belastung (verkehrsreiche Straßen, Treibstoffumschlagplätze) als auch solche mit geringer Belastung gewählt wurden. Im Meßzeitraum 1992/93 wurde das Meßprogramm auf die Erfassung anderer aromatischer Kohlenwasserstoffe, die als Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung relevant sind (Toluol, Xylole) ausgedehnt. Weiters wurden, um zusätzliche Informationen über die Konzentrationsverläufe an einzelnen Tagen zu erhalten, an einigen Meßstellen, die aufgrund der langfristigen Messungen interessant erschienen, kurzfristige Stichprobenmessungen durchgeführt.

Die Ergebnisse der passiven Probenahmen erbrachten, daß die höchsten Benzolkonzentrationen an vielbefahrenen Straßen und an Kraftstoffumschlagplätzen auftraten. Der geplante Grenzwert von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert wurde dabei an einigen Meßstellen überschritten. Die Konzentrationen der anderen untersuchten Kohlenwasserstoffe korrelierten mit denen des Benzol. Die Jahresmittelwerte der einzelnen Verbindungen zueinander wiesen an den verkehrsnahen Meßstellen ein konstantes Verhältnis auf. Bei den Tanklagern war der Benzolanteil gegenüber den verkehrsnahen Meßstellen erhöht. Ein Vergleich der Daten aus 1991 mit denen von 1992/93 zeigte einen Rückgang der Benzolkonzentrationen an den Meßstellen im Bereich einer Tankstelle und des Tanklagers Lobau. Die Konzentrationen an den anderen Meßstellen zeigten kaum Veränderungen.

Bei den 14 Tage-Mittelwerten traten an den einzelnen Meßstellen kaum jahreszeitliche Schwankungen auf. Die größten Schwankungen ergaben sich bei den Kraftstoffumschlagplätzen. Bei den kurzfristigen Stichprobenmessungen über

den Zeitraum einiger Stunden war der auftretende Konzentrationsbereich wesentlich größer, da bei Kurzzeitmessungen nicht nur Schwankungen der Emissionen, sondern auch der meteorologischen Parameter größeren Einfluß haben als bei einer Meßdauer von 14 Tagen. Dies sollte bei der Festlegung der Meßmodalitäten in der Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz berücksichtigt werden.

Die Studie beinhaltet neben den umfangreichen Ergebnissen eine detaillierte Beschreibung von unterschiedlichen Methoden zur Erfassung von Benzol und anderen aromatischen Kohlenwasserstoffen sowie deren Anwendungsmöglichkeiten.

Für die Erfassung von Langzeitmittelwerten, wie es der geplante Benzol-Immissionsgrenzwert darstellt, eignet sich die Methode der passiven Probenahme auf Aktivkohleröhrchen mit 14 tägiger Expositionszeit und anschließender gaschromatographischer Laboranalyse. Mit dieser Methode steht eine leistungsfähige, relativ kostengünstige Methode zur Überwachung der Immissionssituation zur Verfügung. Inwieweit der aus den Meßergebnissen mittels passiver Probenahme errechnete Langzeitwert im Bereich des geplanten Grenzwertes (Jahresmittelwert) mit ausreichender Sicherheit als überschritten beurteilt werden kann, muß durch Vergleiche mit „kontinuierlich“ arbeitenden Monitorgeräten noch überprüft werden.

Zur Erfassung von kurzfristigen Konzentrationsspitzen muß auf arbeits- und damit kostenintensivere Methoden der aktiven Probenahme zurückgegriffen werden.

Die Ergebnisse unterstützen die Bemühungen zur Reduktion von Benzolemissionen. Zur Kontrolle des Erfolgs allfälliger Maßnahmen plant das Umweltbundesamt in den kommenden Jahren weitere Immissionsmessungen.

## ***Ambient air concentrations of aromatic hydrocarbons in the Vienna urban area - Summary (Report UBA-95-098)***

Benzene is a highly volatile aromatic hydrocarbon and due to its toxicity limitations of emission and ambient air concentrations are being increasingly discussed. A limiting value for ambient air concentrations of benzene is planned in an ordinance to the draft Austrian Federal Act on Protection against Ambient Air Pollution.

In Austria till now only few data are available on the ambient air concentrations of benzene, particularly on those measured over a longer period of time. Thus, the Federal Environment Agency has carried out measurements in conurbation areas.

The planned limiting value represents an annual mean value. Therefore, after a short preliminary data collection in summer 1991, measurements were carried out at 15 sampling sites over the period of one year (March 1992 to March 1993). The major part of the sampling (11 sites) took place in and around Vienna, the sampling sites chosen being areas where either particularly high concentrations were to be expected (busy roads, places of fuel loading) or where the concentrations promised to be low. During the sampling period 1992/93, the programme was extended to include other aromatic hydrocarbons which are of relevance in the forming of ozone (toluene, xylene). Furthermore, at those sampling sites with interesting results of the long-term measurements, short-term random samples were taken in order to receive additional information on the concentration patterns on single days.

The results of passive sampling showed that the highest benzene concentrations occurred at busy roads and places of fuel transshipment. The planned limiting value of  $10\mu\text{g}/\text{m}^3$  as annual mean was exceeded at some of the sampling stations. The concentrations of the other hydrocarbons investigated correlated with those of benzene and there was a constant correlation between the annual mean values of the individual substances measured at the sampling stations close to areas with heavy traffic. At the fuel depots the percentage of benzene was higher than at the stations close to heavy traffic. A comparison of the data gathered in 1991 with those of 1992/93 showed a reduction in the benzene concentrations at the sampling sites at a filling station and the fuel depot Lobau. The concentrations at the other sampling sites had remained more or less unchanged.

Regarding the mean values over a 2-week sampling period, hardly any seasonal changes could be observed. The greatest fluctuations were found at the places of fuel loading. With the short-term random samplings over a period of several hours, the concentrations varied considerably more. This is due to

both varying emission levels and meteorological conditions; the variability of short-time random samples should be taken into account when defining sampling modalities and methods in the ordinance to the planned Federal Act.

In addition to the extensive results, the present study gives a detailed description of the various methods for the quantification of benzene and other aromatic hydrocarbons as well as their applicability.

The method of passive sampling with activated carbon tubes, with an exposure time of 2 weeks and subsequent gas chromatographic analysis, is suitable for the determination of long-term mean values, such as the planned limiting value for ambient air concentrations of benzene. This is an effective and low-cost method for monitoring ambient air quality. It is still to be clarified, however, in how far the long-term value determined by means of passive sampling can be considered exceeding the planned limiting value (annual mean); here parallel measurements with a continuously operating monitoring device are required.

For the determination of short-term peak concentrations more time- and money-consuming active sampling methods must be used.

The results support the efforts to reduce the emission levels of benzene. Additional measurements of ambient air concentrations are planned by the Federal Environment Agency to determine the effect of future reduction policies.

**INHALTSVERZEICHNIS**

	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>1</b>
<b>1.</b>	<b>AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE</b> .....	<b>2</b>
1.1.	Eigenschaften .....	2
1.2.	Umweltrelevanz von Benzol .....	3
1.3.	Umweltrelevanz von Toluol und Xylole .....	5
<b>2.</b>	<b>MESSPROGRAMM</b> .....	<b>6</b>
2.1.	April 1991- September 1991 .....	6
2.2.	März 1992 - März 1993 .....	7
2.2.1.	Beschreibung der Meßstellen .....	7
<b>3.</b>	<b>ANALYSEMETHODEN</b> .....	<b>9</b>
3.1.	Passive Anreicherung auf Aktivkohleröhrchen .....	9
3.1.1.	Probenahme .....	9
3.1.2.	Probenvorbereitung .....	12
3.1.3.	Gaschromatographische Analyse .....	12
3.1.4.	Qualitätssichernde Maßnahmen .....	13
3.2.	Aktive Anreicherung auf Aktivkohle .....	14
3.2.1.	Probenahme .....	14
3.2.2.	Probenvorbereitung .....	15
3.2.3.	Gaschromatographische Analyse .....	16
3.2.4.	Qualitätssichernde Maßnahmen .....	17
3.3.	Aktive Anreicherung auf Tenax - Thermische Desorption .....	18
3.3.1.	Probenahme .....	18
3.3.2.	Gaschromatographische Analyse .....	19
3.3.3.	Qualitätssichernde Maßnahmen .....	22
3.4.	Versuche zur Methode .....	23
<b>4.</b>	<b>METHODENVERGLEICH</b> .....	<b>26</b>

---

5.	ERGEBNISSE .....	28
5.1.	Ergebnisse der Meßkampagne April 1991- September 1991.....	28
5.2.	Ergebnisse der Meßkampagne März 1992 - März 1993 .....	30
5.2.1.	Ergebnisse der passiven Probenahmen.....	30
5.2.2.	Ergebnisse der aktiven Probenahmen.....	42
5.2.2.1.	Aktivprobenahme vom 30.06.1992 - Tanklager I.....	42
5.2.2.2.	Aktivprobenahme vom 03.08.1992 - Spittelauer Lände.....	45
5.2.2.3.	Aktivprobenahme vom 04.08.1992 - Spittelauer Lände.....	46
5.2.2.4.	Aktivprobenahme vom 05.08.1992 - Tanklager II.....	48
5.2.2.5.	Aktivprobenahme vom 12.08.1992 - Spittelauer Lände.....	50
5.2.2.6.	Aktivprobenahme vom 19.08.1992 - Tanklager II.....	51
5.2.2.7.	Aktivprobenahme vom 26.08.1992 - Spittelauer Lände.....	53
5.2.2.8.	Aktivprobenahme vom 08.09.1992 - Tanklager II.....	54
6.	ZUSAMMENFASSUNG und Ausblick .....	55
7.	Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	57
8.	Literaturverzeichnis.....	59

## **EINLEITUNG**

Benzol, ein leichtflüchtiger aromatischer Kohlenwasserstoff, ist aufgrund seiner Toxizität von großer Umweltrelevanz.

Das Umweltbundesamt führte Benzolimmissionsmessungen zur Schaffung einer Datenbasis durch. Für Benzol wird derzeit im Rahmen des Bundesimmissionsschutzgesetzes ein Immissionsgrenzwert diskutiert.

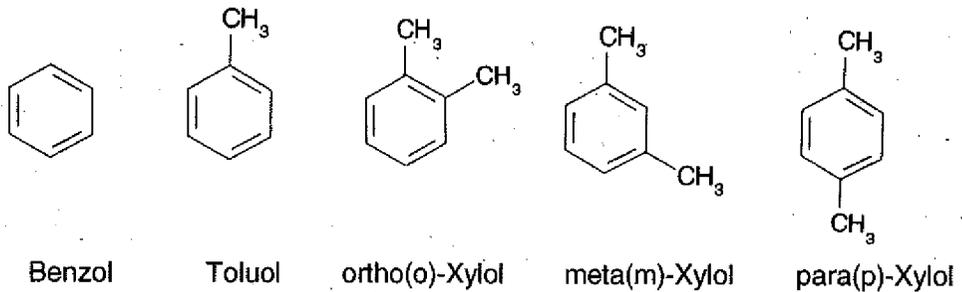
Im Zeitraum von April bis September 1991 wurde ein erstes Meßprogramm zur Erfassung von Benzolimmissionen im Stadtbereich von Wien durchgeführt. Diese Messungen hatten orientierenden Charakter, sollten einen Überblick über die Immissionssituation in Bezug auf Benzol geben und die Tauglichkeit der Meßmethodik unter Beweis stellen.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Messungen wurde von März 1992 bis März 1993 ein umfangreiches Meßprogramm durchgeführt. Der lokale Schwerpunkt der Messungen lag im Großraum Wien (11 Meßstellen, drei weitere in Niederösterreich, eine im Burgenland), wobei sowohl Meßstellen mit erwartungsgemäß hoher Belastung (Tanklager) als auch solche mit geringer Belastung ausgewählt wurden (Illmitz, Exelberg). Die Messungen wurden so durchgeführt, daß die für den geplanten Grenzwert relevanten Jahresmittelwerte der Benzolimmissionskonzentrationen ermittelt wurden.

Da sämtliche leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe als Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung relevant sind, wurde das Meßprogramm auf weitere aromatische Kohlenwasserstoffe (Toluol und Xylole) ausgedehnt.

## 1. AROMATISCHE KOHLENWASSERSTOFFE

### 1.1. EIGENSCHAFTEN



Die aromatischen Kohlenwasserstoffe sind farblose Flüssigkeiten, mit Wasser wenig bzw. nicht mischbar, die Dämpfe sind schwerer als Luft.

Tab.1 : Eigenschaften der aromatischen Kohlenwasserstoffe

Substanz	Siedepunkt [°C]	Dampfdruck bei 20° [hPa]	Dichte [g/cm <sup>3</sup> ]	Diffusions- koeffizient [cm <sup>2</sup> /s]	Umrechnungs- faktor bei 293 K, 101300 Pa
Benzol	80	100	0,88	0,0859	1ppm = 3,26mg/m <sup>3</sup>
Toluol	110	29	0,87	0,0763	1ppm = 3,84mg/m <sup>3</sup>
o-Xylol	144	9	0,88	0,0727	1ppm = 4,4mg/m <sup>3</sup>
m-Xylol	139	7	0,86	0,067	1ppm = 4,4mg/m <sup>3</sup>
p-Xylol	138	12	0,86	0,0672	1ppm = 4,4mg/m <sup>3</sup>

**Benzol** wird überwiegend durch die Atmung aufgenommen, ist karzinogen und weist chronische sowie akute Toxizität auf. Die akute Toxizität beruht analog zu anderen Lösemitteln auf der guten Lipidlöslichkeit und führt zu Einwirkungen auf das Zentralnervensystem. Die chronische Toxizität äußert sich durch Wirkung auf das blutbildende System (MÜCKE, 1994).

Die Toxizität von **Toluol** ist, verglichen mit der von Benzol, relativ gering. Es verursacht beim Einatmen Kopfschmerzen und Übelkeit und wirkt wie viele andere organische Lösemittel in größeren Mengen narkotisierend (VDI Lexikon).

Technisches **Xylol** (Dimethylbenzol) liegt als Gemisch von drei Isomeren vor (10-25% o-Xylol, ca. 60% p-Xylol, 10-25% m-Xylol) (RÖMPP) und wird in der Technik selten getrennt. Bei der gaschromatographischen Analyse werden üblicherweise m- und p-Xylol gemeinsam detektiert, eine Trennung ist aufgrund der geringen Unterschiede der Siedepunkte nur sehr schwer möglich. Das o-Xylol kann gaschromatographisch von den andere beiden Isomeren getrennt werden.

Die Toxizität ist, verglichen mit Benzol, ähnlich gering wie die des Toluol.

## 1.2. UMWELTRELEVANZ VON BENZOL

Die wesentlichste Benzolquelle stellt der **Kraftfahrzeugverkehr** dar, wobei der Hauptanteil der Emissionen durch die **KFZ-Abgase** gegeben ist. Diese Emissionen setzen sich zusammen aus dem Benzolanteil, der als unverbrannte Treibstoffkomponente in das Abgas gelangt, und dem Benzolanteil der durch Verbrennungsprozesse höherer Aromaten, die im Treibstoff enthalten sind, im Motor zu Benzol abgebaut wird. Weiters erfolgen Benzolemissionen durch **Verdunstungsverluste** aus dem Tank und dem Kraftstoffsystem, die unterschiedliche Ursachen haben (WAWERKA, 1990):

- Temperaturschwankungen während des Tages verursachen Tankatmungsverluste, die unabhängig vom Betrieb des Fahrzeuges sind (diurnal losses)
- Nach Abstellen des Motors entweichen Dämpfe aus dem Vergaserbereich, die durch den heißen Motorblock angesaugt werden (hot soak losses)
- Während des Betriebes verdunstet Benzol aus dem Kraftstoffsystem (running losses), insbesondere moderne Motoren mit Einspritzsystem weisen hohe Betriebsverluste auf
- Während des Betankungsvorganges werden Kraftstoffdämpfe aus dem Tank verdrängt (diese Emissionen werden durch die Gaspendelung vermindert)

Weitere Benzolquellen sind der Hausbrand und Kokereien. Als Lösemittel wird es weitgehend durch Toluol und Xylol ersetzt. Benzol wird als Ausgangsstoff

für Synthesen in der chemischen Industrie eingesetzt und ist natürlicher Bestandteil von Mineralölprodukten.

In Österreich ist Benzol im Benzin mit 3 Volumsprozent reglementiert, eine Absenkung wird diskutiert und vom Umweltbundesamt gefordert (UBA 94-104). In der EU gilt derzeit noch ein Grenzwert von 5 Volumsprozent. Die im Zuge von Marktuntersuchungen des FICHTE-Instituts gemessenen tatsächlichen Gehalte lagen in Österreich zwischen durchschnittlich 2,0 und 2,5 Volumsprozent. In Deutschland liegt der durchschnittliche Gehalt laut Auskunft des UBA Berlin bei 2,1 Volumsprozent.

Rohöle unterschiedlicher Herkunft haben verschiedene Benzolgehalte. Der Benzolgehalt des Kraftstoffes resultiert aber auch aus den Benzolvorläufer-substanzen (Cyclohexan, Methylcyclopentan) (UBA 94-104).

Nach ORTHOFER UND URBAN (1989) betragen die Benzolemissionen aus KFZ-Abgasen und -Verdunstungen 1987 in Österreich rund 4000 Tonnen, (90% davon durch Verbrennungsemissionen, 10% durch Verdunstung).

In einer Studie von WAWERKA (1990) werden jährliche Benzolemissionen von ca. 4600 Tonnen aus Abgasen, 175 Tonnen aus der Verdampfung und 45 Tonnen durch Betankungsvorgänge angegeben.

In Deutschland betragen die Benzolemissionen aus dem KFZ-Verkehr 1991 51700 Tonnen, was 91% der gesamten Benzolemissionen darstellt. Davon stammen 47800 Tonnen aus dem Abgas und 3900 Tonnen aus der Verdunstung. Aus Umschlag und Betankung kommt ein Beitrag von 1700 Tonnen. (Enquete-Kommission 1993)

Mögliche Maßnahmen zur Senkung von Benzolemissionen:

- Reduktion des Benzolgehaltes im Kraftstoff
- Einsatz von geregelten 3-Wege-Katalysatoren
- Verminderung der Verdunstungsemissionen durch Gaspindelung bei Tankvorgängen
- Minimierung der Verdunstungsverluste durch Einbau von Aktivkohlefiltern ("Kohlekanister")

### 1.3. UMWELTRELEVANZ VON TOLUOL UND XYLOLEN

Toluol und Xylol finden hauptsächlich als Lösemittel Verwendung, teilweise als Ersatz für Benzol. Weiters entstehen sie bei unvollständigen Verbrennungsprozessen.

Toluol und Xylol sind reaktiver als Benzol und weisen ein höheres Ozonbildungspotential auf, wobei das von Xylol höher ist als das Ozonbildungspotential von Toluol (GRÜNHAGE).

Im Benzin sind in Summe ca. 30% Aromaten enthalten. Toluol und o-Xylol sind zu je etwa 10%, m,p-Xylol zu etwa 7-8 % enthalten.

Abgase eines 100%igen Toluol-Kraftstoffes bestehen zu 70% aus Toluol und zu 8,7% Benzol (UBA, 1994-104).

## 2. MESSPROGRAMM

### 2.1. MESSPROGRAMM APRIL 1991 - SEPTEMBER 1991

Zehn Probenahmestellen wurden sowohl an voraussichtlichen Immissions-schwerpunkten als auch in weniger belasteten Gebieten ausgewählt. Die Probenahme erfolgte durch passive Anreicherung an Aktivkohleröhrchen (s. 3.1.), bei einer Expositionszeit von jeweils zwei Wochen. Die erhaltenen Meßwerte stellen somit einen Mittelwert über den jeweiligen Zeitraum von 14 Tagen dar.

Diese Probenahmemethode wurde gewählt, da das Ziel der Untersuchung die Erhebung der langfristigen Belastung und nicht die Erfassung von kurzfristigen Konzentrationsspitzen war (s. 3).

Tab. 2: Beschreibung der Meßstellen

Meßstelle	Expositionshöhe	Bemerkung
<b>WIEN</b>		
Währingerstraße	ca.25 m	verkehrsfern
Spittelauerlände	6 m	verkehrsnah
Arsenal, Postturm, oben	ca. 115 m	verkehrsfern
Arsenal, Postturm, unten	1,7 m	verkehrsfern
Zentralfriedhof	1,5 m	verkehrsfern
Rinnböckstraße	2 m	verkehrsnah
Lobau, Tanklager	2 m	verkehrsfern
		emittentennah
Tankstelle	1,5 m	verkehrsnah
		emittentennah
Hietzinger Kai, Bezirksamt	1,5 m	verkehrsnah
<b>NIEDERÖSTERREICH</b>		
Exelberg	ca. 70 m	verkehrsfern

## 2.2. MESSPROGRAMM MÄRZ 1992 - MÄRZ 1993

Der zur Diskussion stehende Immissionsgrenzwert für Benzol ist ein Jahresmittelwert, daher wurden die Messungen über den Zeitraum eines Jahres durchgeführt. Es wurde wiederum die Methode der passiven Anreicherung auf Aktivkohle, die sich sehr bewährt hat, angewandt. Es wurden 25 Probenahmezyklen bei einer Expositionszeit von jeweils 14 Tagen durchgeführt. Zusätzlich wurden an einigen Tagen Probenahmen durch aktive Anreicherung, bei einer Besaugungsdauer der Röhrchen von ein bis zwei Stunden, durchgeführt, um einen kurzzeitigen Verlauf der Immissionskonzentrationen zu erhalten. Im Rahmen dieses Meßprogrammes wurden neben Benzol weitere aromatische Kohlenwasserstoffe (Toluol, Xylol) erfaßt.

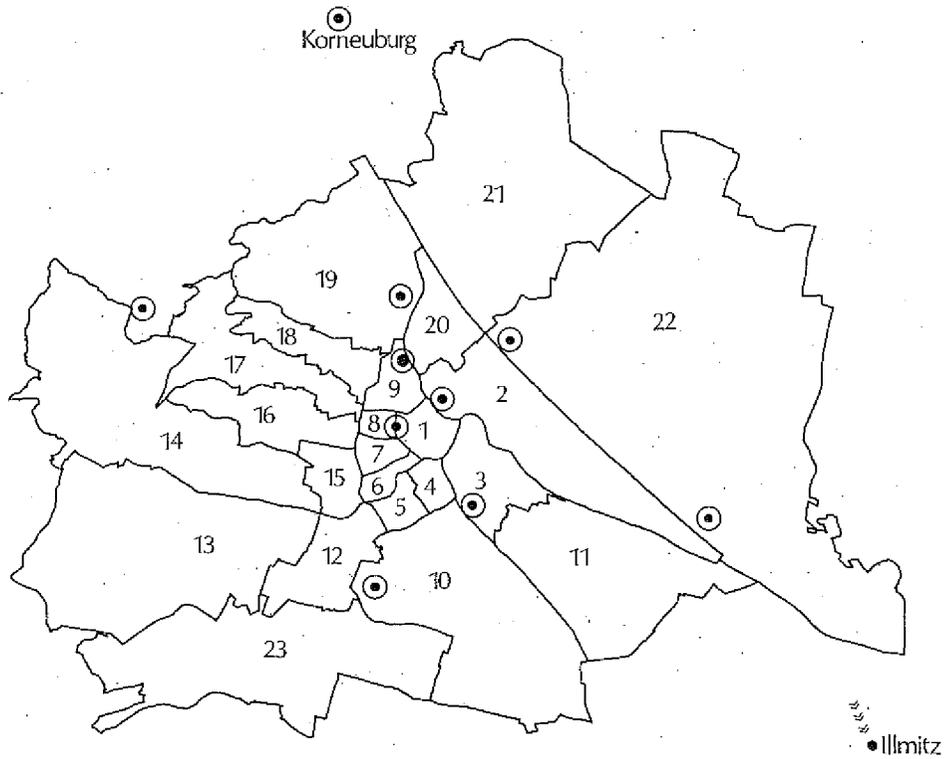
### 2.2.1. Beschreibung der Meßstellen

Die Meßhöhe betrug an den meisten Meßstellen ca. 1,5 m. An einigen Meßstellen wurde zusätzlich in größerer Höhe gemessen, um die Höhenverteilung des Benzols feststellen zu können.

Tab. 3: Überblick der Meßstellen

<b>Wien - verkehrsnah</b>	<b>Wien - verkehrsfern</b>
Praterstraße	Donauturm
Landesgerichtsstraße	Hohe Warte
Spittelauer Lände	Arsenal
Tankstelle	Lobau (Tanklager I)
<b>Burgenland</b>	<b>Niederösterreich</b>
Illmitz - Hintergrundmeßstelle	Tanklager II
	Exelberg - Hintergrundmeßstelle

Abb. 1: Überblick der Meßstellen



### 3. ANALYSENMETHODEN

Für die Analyse von leichtflüchtigen Kohlenwasserstoffen in Luftproben werden gaschromatographische Verfahren mit massenspezifischem Detektor bzw. Flammenionisationsdetektor eingesetzt.

Da die zu analysierenden Komponenten in der Umgebungsluft in Konzentrationen vorliegen, die unterhalb der Nachweisgrenzen des Analysenverfahrens sind, ist vor der Bestimmung eine Anreicherung erforderlich. Dafür haben sich Adsorptionsröhrchen mit verschiedenen festen Adsorptionsmaterialien bewährt. Umgebungsluft wird über diese Röhrchen gesaugt (aktive Probenahme, s. 3.2.1.), bzw. werden Röhrchen der Umgebungsluft ausgesetzt, und die Luftinhaltsstoffe gelangen durch Diffusion auf das Sorptionsmaterial (passive Probenahme, s. 3.1.1.).

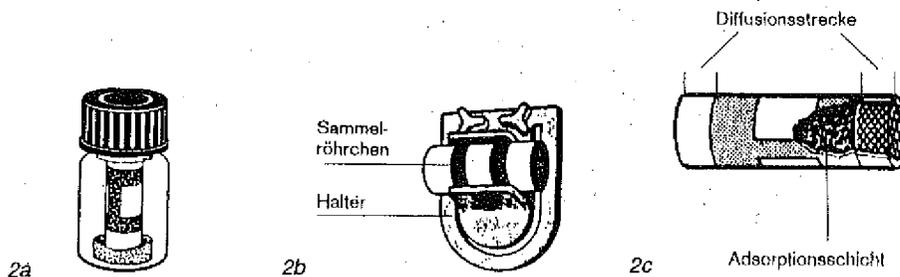
Zur Desorption der angereicherten Komponenten gibt es die Möglichkeit der thermischen Desorption (s. 3.3.2.) und der Desorption mittels Lösungsmittel (s. 3.1.2. bzw. 3.2.2.).

#### 3.1. PASSIVE ANREICHERUNG AUF AKTIVKOHLE

##### 3.1.1. Probenahme

Die Anreicherung der zu analysierenden Substanzen erfolgt durch kontrollierte Diffusion auf ein Aktivkohleröhrchen (Orsa-5 Diffusionssammler, Fa. Dräger).

Abb.2a): Diffusionssammler in Transportverpackung,  
b): bei der Probenahme  
c): Aufbau des Diffusionssammlers (Dräger)



Ein Diffusionssammler besteht aus einer Sammelschicht (400 mg Kokosnußschalenkohle) und einer Diffusionsstrecke vor dieser Schicht (s. Abb. 2c). Die Diffusionsstrecke ist mit poröser Acetatcellulose gefüllt, um Konvektionsströmungen zu verhindern.

Für die Probenahme wird das Sammelröhrchen der Umgebungsluft ausgesetzt (s. Abb. 2b). Dabei strömen die Schadstoffmoleküle, bedingt durch das Konzentrationsgefälle zwischen Luft und Sorptionsschicht zur Aktivkohle, wo sie adsorbiert werden. Die genaue Dauer der Probenahme ist für die spätere Berechnung der Konzentrationen zu dokumentieren.

Der Probenahmevergung erfolgt gemäß dem 1. Fick'schen Diffusionsgesetz, das zur Berechnung der adsorbierten Schadstoffmassen herangezogen wird.

$$m = D \cdot A \cdot t \cdot c / L$$

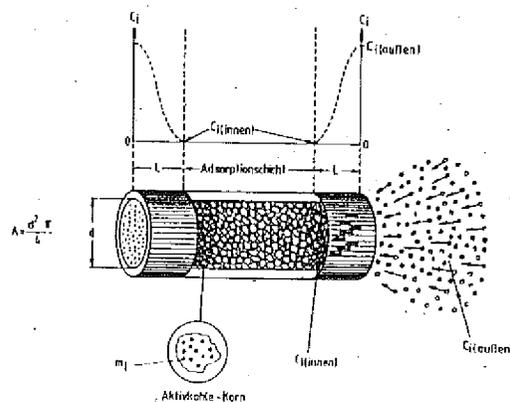
$m$  = Stoffmasse, die in der Zeit  $t$  [d] durch die Querschnittsfläche  $A$  [ $m^2$ ] des Sammlers diffundiert [ $\mu g$ ]

$c$  = Umgebungskonzentration [ $\mu g/m^3$ ]

$D$  = stoffspezifischer Diffusionskoeffizient [ $m^2/d$ ]

$L$  = Diffusionsstrecke [m]

Abb. 3: Meßprinzip der passiven Probenahme mit dem Diffusionsröhrchen (Dräger)



Die vom Diffusionssammler aufgenommene Stoffmenge ist abhängig von der Konzentration des entsprechenden Stoffes in der Luft und der Probenahmedauer, sowie dem stoffspezifischen Diffusionskoeffizienten. Aus dem Diffusionskoeffizienten der zu bestimmenden Komponenten, der Geometrie des Sammlers (A, L) (wird für die Orsa-Röhrchen von der Fa. Dräger angegeben) ergibt sich die Sammelrate. Die Sammelrate ist das Volumen, das durch Diffusion pro Zeiteinheit auf das Röhrchen gelangt. Da verschiedene Substanzen unterschiedliche Diffusionskoeffizienten haben, sind auch die Sammelraten unterschiedlich (s. Tab. 4).

Aus der Sammelrate und der Expositionszeit läßt sich durch Bestimmung der sorbierten Stoffmenge die Konzentration der betreffenden Komponente in der Umgebungsluft bestimmen.

Tab. 4: Sammelraten für die Orsa-Röhrchen (Pannwitz)

Substanz	Sammelrate ml/min
Benzol	7,3
Toluol	6,5
m-,p-Xylol	5,7
o-Xylol	6,2

Die Diffusionssammler sind für Probenahmen über einen längeren Zeitraum zur Ermittlung von Durchschnittskonzentrationen geeignet. Konzentrationsspitzen im Zeitraum der Probenahme können nicht erfaßt werden. Diese Röhrchen werden üblicherweise für Arbeitsplatzüberwachungen über einen Zeitraum von 8 Stunden und bei Konzentrationen im Bereich von  $\text{mg}/\text{m}^3$  eingesetzt. Um die Eignung dieser Probenahmemethode für die Erfassung der Immissionssituation zu überprüfen, wurden zahlreiche Tests durchgeführt (s. 3.4.).

Vorteile der passiven Probenahme sind die geringeren Personalkosten gegenüber aktiver Probenahme mittels Pumpe und der geringere apparative Aufwand gegenüber stationär betriebenen Monitorgeräten. Insbesondere zur Überwachung von Langzeitmittelwerten erscheint diese Methode als sehr zweckmäßig. In Deutschland wurden ebenfalls bereits Benzolimmissionsmessungen mittels Passivsammlern durchgeführt (UMEG, 1993).

### 3.1.2. Probenvorbereitung

Nach der Probenahme werden die Sammelröhrchen in der fest verschlossenen Transportflasche (s. Abb 2a) ins Labor gebracht. Die Aktivkohle wird in ein gasdichtes Reaktionsgefäß (5 ml) übergeführt und mit 2 ml flüssigem Schwefelkohlenstoff, der Chlorbenzol als internen Standard enthält, versetzt und verschlossen. Um die Desorption zu unterstützen wird die Suspension über einen Zeitraum von 30 Minuten, in Intervallen von 5 Minuten, händisch geschüttelt. Nach Absetzen der Aktivkohle wird die überstehende Lösung, die nun die zu analysierenden Komponenten enthält, in ein Autosampler-Fläschchen pipettiert.

Die Aktivkohleröhrchen werden nach erfolgter Aufarbeitung entsorgt.

Wenn eine sofortige Aufarbeitung nicht möglich ist, werden die Röhrchen bei minus 74° C gelagert. Die Lagerung ist bis vier Wochen ohne Verluste möglich.

### 3.1.3. Gaschromatographische Analyse

Die in Schwefelkohlenstoff gelösten Komponenten (s. 3.1.2.) werden einer gaschromatographischen Analyse unterzogen. Zur Detektion wird ein Flammenionisationsdetektor eingesetzt, die Quantifizierung erfolgt über den internen Standard (Chlorbenzol). Das Ergebnis dieser Quantifizierung ergibt die Konzentration der Komponenten in der Schwefelkohlenstoff-Lösung (in ng/µl). Diese Konzentration wird über das Luftvolumen, das über das Röhrchen diffundiert ist, in die Konzentration der Komponente in der Umgebungsluft (µg/m<sup>3</sup>) umgerechnet.

Tab. 5 : Gaschromatographische Bedingungen

<b>GC:</b>	Sichromat 2-8 (Siemens)
<b>Säule:</b>	DB 624 (J&W), 30 m, 0,32 mm I.D., 1,8µm Schichtdicke
<b>Trägergas:</b>	Helium 5.0
<b>Injektor:</b>	Flüssiginjektor mit Autosampler Temperatur: 200°C
<b>Detektor:</b>	FID Temperatur: 250°C
<b>Temperaturprogramm:</b>	5 min 50°C mit 20°/min auf 180°C - 5 min mit 20°/min auf 240°C - 5 min

Tab. 6: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen bezogen auf eine Probenahme von 14 Tagen

Substanz	Nachweisgrenzen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Bestimmungsgrenzen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Benzol	0,7	1,2
Toluol	0,9	1,3
m,p-Xylol	0,3	3,0
o-Xylol	0,2	1,4

### 3.1.4. Qualitätssichernde Maßnahmen

- Überprüfung der Reinheit des zur Desorption verwendeten Schwefelkohlenstoffes (auch bei Verwendung von Schwefelkohlenstoff der höchsten am Markt erhältlichen Reinheitsstufe kann es Probleme mit Verunreinigungen geben)
- Überprüfung der Orsa Röhrchen auf mögliche Blindwerte (1 Röhrchen pro Probenahme)
- vor jeder Analysenserie wird kalibriert, wobei frisch zubereitete Verdünnungen der Standardlösungen mit denen früherer Analysenserien verglichen werden
- nach 5 Proben wird ein Kontrollstandard analysiert
- zur Absicherung der Meßergebnisse werden Parallelmessungen durchgeführt; d.h. an jeder Meßstelle werden jeweils zwei Röhrchen exponiert, die Ergebnisse werden als Mittelwerte dieser beiden Messungen angegeben.

### 3.2. AKTIVE ANREICHERUNG AUF AKTIVKOHLE

(in Anlehnung an VDI 3482, Blatt 4)

Die aktive Probenahme bewährt sich zur Bestimmung von Konzentrationen über den Zeitraum von einer bis mehrerer Stunden. Damit ist die Erfassung von Konzentrationsverläufen möglich (s. 5.2.2.).

#### 3.2.1. Probenahme

Für die Probenahme wird bei bekannter Pumpenleistung (200-500ml/min) über einen Zeitraum von zwei bis vier Stunden Außenluft über Aktivkohleröhrchen gesaugt. Die Röhrchen enthalten zwei Schichten: die Sammel- und Kontrollschicht (s. Abb 4).

Abb.4: Aktivkohleröhrchen für die aktive Probenahme (Pannwitz)

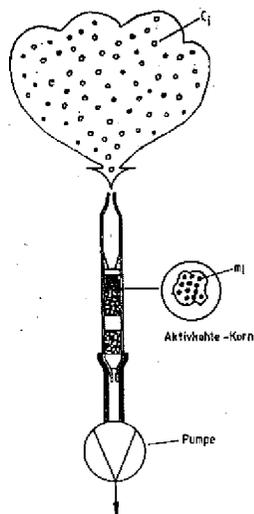
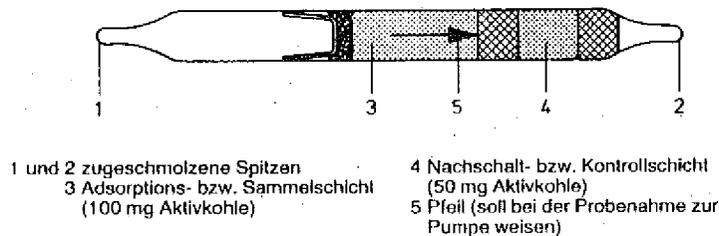


Abb.5: Meßprinzip der aktiven Probenahme

Für die Probenahme werden die abgeschmolzenen Spitzen des Röhrchens abgebrochen und so an die Pumpe angeschlossen, daß die Luft zuerst durch die Sammelschicht geleitet wird (siehe Pfeil am Röhrchen, Abb.4). Auf der Sammelschicht werden die interessierenden Komponenten sorbiert (s. Abb.5)

Ist die Sorptionskapazität der Sammelschicht erschöpft, gelangen die Komponenten in die dahinterliegende Kontrollschicht; man spricht dann vom Durchbruch der Substanzen. Durch getrennte Analyse dieser beiden Schichten kann dieser Vorgang erkannt werden. Werden 10% der Konzentration, die in der Sammelschicht nachgewiesen wurde, in der Kontrollschicht gefunden, hat ein Durchbruch stattgefunden und die Probe ist zu verwerfen.

Es werden von verschiedenen Firmen Aktivkohleröhrchen mit unterschiedlichen Füllmengen angeboten. Im Rahmen des Meßprogrammes wurden Orbo 32 Standard Aktivkohleröhrchen (Supelco) verwendet. Diese enthalten in der Sammelschicht 100 mg und in der Kontrollschicht 50 mg Kokosnußschalenkohle.

Als Pumpe wird das Modell Alpha 1 der Firma DuPont mit einer Pumpleistung von 100 ml/min bis 1000 ml/min verwendet. Im vorliegenden Meßprogramm betrug der Pumpenfluß zwischen 200 und 500 ml.

Nach der Probenahme werden die Röhrchen mit den beigefügten Polyethylenkappen verschlossen und ins Labor gebracht.

### **3.2.2. Probenvorbereitung**

Die Aktivkohle wird in gasdichte Reaktionsgefäße (5 ml) übergeführt und mit flüssigem Schwefelkohlenstoff, der Chlorbenzol als internen Standard enthält, versetzt und verschlossen. Um einen möglichen Durchbruch von sorbierten Komponenten feststellen zu können (s. 3.2.1.), erfolgt die Aufarbeitung der Sammel- und Kontrollschicht getrennt.

Das Desorptionsvolumen beträgt bei der Sammelschicht : 1 ml  
bei der Kontrollschicht: 0,5 ml

Um die Desorption zu unterstützen wird die Suspension über einen Zeitraum von 30 Minuten, in Intervallen von 5 Minuten, händisch geschüttelt. Nach Absetzen der Aktivkohle wird die überstehende Lösung, die nun die zu analysierenden Komponenten enthält, in ein Autosampler-Fläschchen pipettiert.

Die Aktivkohle wird nach erfolgter Aufarbeitung entsorgt.

Wenn eine sofortige Aufarbeitung nicht möglich ist, werden die Röhrchen bei minus 74° C gelagert. Die Lagerfähigkeit ist jedoch sehr beschränkt (max. 2 Tage), da auch bei Kühlung eine Diffusion von der Sammel- in die Kontrollschicht stattfinden kann.

### 3.2.3 Gaschromatographische Analyse

Die in Schwefelkohlenstoff gelösten Komponenten (s.3.2.2.) werden einer gaschromatographischen Analyse unterzogen. Zur Detektion wird ein Flammenionisationsdetektor eingesetzt, die Quantifizierung erfolgt über den internen Standard.

Die gaschromatographischen Bedingungen und die Berechnung der Konzentration in der Umgebungsluft entsprechen denen der passiven Probenahme (s. Tab. 4, Kap. 3.1.3. ).

Tab.7: Nachweis - und Bestimmungsgrenzen von Probelösungen

Substanz	Nachweis- grenzen in ng/µl	Bestimmungs- grenzen in ng/µl
Benzol	0,05	0,09
Toluol	0,06	0,09
m-,p-Xylol	0,02	0,2
o-Xylol	0,01	0,09

Die in der Tabelle angegebenen Nachweis-, und Bestimmungsgrenzen beziehen sich auf die Probelösungen, d.h. sie müssen auf die entsprechenden Luftvolumina der jeweiligen Probenahme umgerechnet werden, um die Konzentrationen der Komponenten im Kubikmeter zu erhalten.

### 3.2.4. Qualitätssichernde Maßnahmen

- Überprüfung der Reinheit des zur Desorption verwendeten Schwefelkohlenstoffes (auch bei Verwendung von Schwefelkohlenstoff der höchsten am Markt erhältlichen Reinheitsstufe kann es Probleme mit Verunreinigungen geben)
- Analyse von Blindwerten (pro Probenahme wird mindestens 1 Röhrchen analysiert)
- vor jeder Analysenserie wird kalibriert, wobei frisch zubereitete Verdünnungen der Standardlösungen mit denen früherer Analysenserien verglichen werden
- nach 5 Proben wird ein Kontrollstandard analysiert

### **3.3. AKTIVE ANREICHERUNG AUF TENAX - THERMISCHE DESORPTION**

(in Anlehnung an VDI 3482 Blatt 6)

Die Vorteile der thermischen Desorption gegenüber der Lösemitteldesorption sind das Wegfallen der Probenaufarbeitung und damit das Hantieren mit dem toxischen Schwefelkohlenstoff sowie die geringeren Bestimmungsgrenzen, die erzielt werden, da die Probenverdünnung entfällt. Daher eignet sich diese Methode zur Erfassung von Tagesgängen und der Analyse von geringen Immissionskonzentrationen.

Die Nachteile der Methode sind die geringe Lagerfähigkeit der Proben (max. 2 Tage) und der komplette Verbrauch der Probe bei einer Analyse, wodurch keinerlei Wiederholungen stattfinden können.

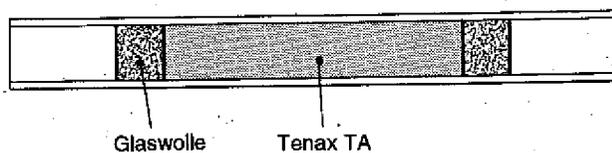
#### **3.3.1. Probenahme**

Außenluft wird mittels einer Pumpe (Compur 4903) bei bekannter Flußrate (30-50ml/min) über ein mit Tenax TA (poröses Polymer aus 2,6, Diphenyl-p-phenylenoxid) gefülltes Röhrchen gesaugt. Tenax zeigt ein hohes Adsorptionsvermögen gegenüber organischen Verbindungen bei einem geringen Adsorptionsvermögen gegenüber Wasser.

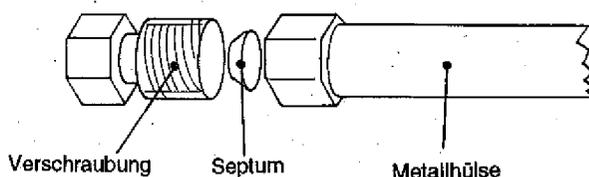
Vor Verwendung der Sorptionsröhrchen ist, um nötige Reinheit zu gewährleisten, eine Konditionierung durchzuführen. Dazu werden die Röhrchen bei 200°C mit Helium- oder Stickstoffspülung (10ml/min) mindestens 15 Stunden ausgeheizt. Während der Abkühlphase bleibt die Spülung aufrecht, um die Adsorption von Störsubstanzen aus der Umgebungsluft zu vermeiden. Diese vorbehandelten, unbeladenen Röhrchen sollten nicht länger als 2 Tage lagern, um Verunreinigungen zu verhindern.

Die mit Tenax gefüllten Glasröhrchen (s. Abb. 6a) befinden sich in Metallhüllen mit Verschraubung, wobei Septen die Röhrchen luftdicht abschließen (s. Abb. 6b). Die Verschraubung wird nur während der Probenahme geöffnet, für die Konditionierung und die Analyse durchstechen Nadeln die Septen.

Abb.6a) Glasröhrchen mit Tenax gefüllt,



b) Metallhülse mit Verschraubung und Septum



Nach der Probenahme werden die Röhrchen gut verschlossen ins Labor gebracht.

Die Lagerung erfolgt in einem Exsikkator und sollte 2 Tage nicht übersteigen, da sonst bereits mit Verlusten zu rechnen ist. Eine Lagerung im Eiskasten hat sich nicht bewährt (die dabei aufgenommene Feuchtigkeit ist bei der nachfolgenden Analyse problematisch).

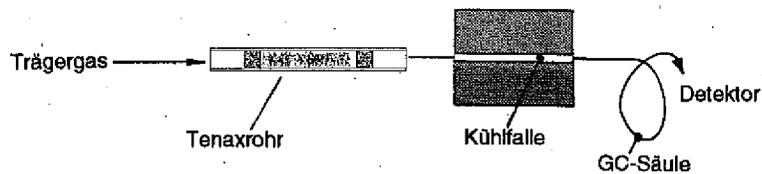
Die Röhrchen sind im Gegensatz zu den Aktivkohleröhrchen wiederverwendbar.

### 3.3.2. Gaschromatographische Analyse

Die beprobten Röhrchen werden ohne Vorbereitung einer gaschromatographischen Analyse unterzogen. Als Probeneinlaßsystem dient eine Thermo-desorptionseinheit, in die das beladene Röhrchen eingespannt wird. Das Röhrchen wird aufgeheizt und die Komponenten werden im Trägergasstrom auf ei-

ne Kühlfalle gespült und ausgefroren (s. Abb. 7). Durch rasches Aufheizen der Kühlfalle werden die Substanzen im Trägergasstrom auf die Kapillarsäule gespült.

Abb. 7: Prinzip der thermischen Desorption



Nach der Desorption der Substanzen folgt ein 10 minütiger Reinigungszyklus durch Ausheizen des Tenaxrohres ( $210^{\circ}\text{C}$ ) und der Kühlfalle ( $240^{\circ}\text{C}$ ).

Die Detektion wird routinemäßig mit dem Flammenionisationsdetektor durchgeführt. Die Quantifizierung erfolgt durch Kalibration mit zertifiziertem Kalibriergas, das alle interessierenden Substanzen enthält. Diese Standardsubstanzen dienen gleichzeitig der Identifikation der Komponenten anhand der Retentionszeiten.

Zur Absicherung wurden auch Analysen mit massenspezifischer Detektion durchgeführt und die Substanzen durch Vergleich der Spektren identifiziert.

Tab. 8: Analysenbedingungen

<b>GC:</b>	5890 (Hewlett Packard)
<b>Säule:</b>	CP-Sil 5CB (Chrompack) 25m, 0,15mm I.D., 1,2µm Schichtdicke
<b>Trägergas:</b>	Helium 5.0
<b>Injektorbasis:</b>	Temperatur: 220°C
<b>Detektor:</b>	<b>MSD</b> Temperatur: 270°C Scanmode: Masse 35-200
	<b>FID</b> Temperatur: 250°C
<b>Temperaturprogramm:</b>	5 min 35°C mit 10°/min auf 180°C - 5 min mit 20°/min auf 250°C - 7 min
<b>Desorptionseinheit:</b>	(Ama)
<b>Kühlzeit:</b>	10 min
<b>Kühltemperatur:</b>	-140°C
<b>Aufheizzeit:</b>	3 min
<b>Heiztemperatur Kühlfalle:</b>	230°C
<b>Heiztemperatur Röhrchen:</b>	200°C
<b>Desorptionsfluß:</b>	8ml/min

Tab. 9: Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für die FID-Detektion aller analysierter Komponenten

Nachweisgrenze absolut	0,14 ng
Bestimmungsgrenze absolut	0,35 ng
Bestimmungsgrenze bezogen auf 3,5l Probevolumen*	0,1 µg/m <sup>3</sup>

\* 3,5l Probevolumen entsprechen etwa einer Probenahmezeit von 1,5 Stunden

Die in der Tabelle angegebenen Nachweis- und Bestimmungsgrenzen beziehen sich ausschließlich auf die Detektion mittels Flammenionisationsdetektor, da die Quantifizierung ausschließlich damit erfolgte.

Die in der Tabelle angegebenen Absolutkonzentrationen der Nachweis- und Bestimmungsgrenzen müssen, um die Konzentrationen im Kubikmeter zu erhalten, mit den entsprechenden Probenvolumina umgerechnet werden. Für ein Probenvolumen von 3,5 Liter (entspricht dem zumeist verwendeten Probenvolumen) ist die bereits umgerechnete Bestimmungsgrenze in der Tab. 9 angegeben.

### 3.3.3. Qualitätssichernde Maßnahmen

- nach dem Ausheizen werden die Röhrchen zumindest stichprobenartig auf Verunreinigungen überprüft
- bei jeder Probenahme wird mindestens ein konditioniertes Röhrchen, das den gleichen Transport- und Lagerbedingungen ausgesetzt war, als Blindwert analysiert
- vor jedem Analysengang werden Kontrollstandards zur Überprüfung der Kalibration analysiert
- bei jedem Tenaxrohr wird der Fluß der Compur-Pumpe, der vor jeder Probenahme eingestellt wird, im Anschluß an die Analyse nochmals exakt bestimmt

### 3.4. VERSUCHE ZUR METHODE

#### Versuche zur Lagerstabilität:

Mit allen in Verwendung stehenden Röhrcen wurden Lagerversuche unter Laborbedingungen durchgeführt; die Röhrcen wurden mit bekannten Konzentrationen beaufschlagt und die Wiederfindungen nach unterschiedlichen Zeiträumen analysiert. Die Versuche ergaben:

**Orsa-Röhrcen** für die passive Probenahme können bis 4 Wochen bei  $-74^{\circ}$  ohne Verluste gelagert werden

**Orbo-Röhrcen** für die aktive Probenahme können bis 2 Tage bei  $-74^{\circ}$  gelagert werden; die Lagerfähigkeit ist durch die Möglichkeit der Diffusion innerhalb der beiden Aktivkohleschichten (s. Kap. 3.2.) stark eingeschränkt

**Tenax-Röhrcen** können maximal 2 Tage bei Raumtemperatur im Exsikkator gelagert werden; eine Lagerung im Tiefkühl- oder Eisschrank ist problematisch, da durch die aufgenommene Luftfeuchtigkeit die Kühlfalle bei der Analyse zufriert.

#### Kalibration und Kalibriergase:

Die Kalibration für die Analyse der Aktivkohleröhrcen wurde anfangs mit externem Standard durchgeführt. Die Kalibration mit internem Standard hat sich aufgrund der höheren Präzision besser bewährt.

Die Versuche einer Kalibrierung für die thermische Desorption mittels Injektion von flüssigen Standardsubstanzen auf das Tenax-Röhrcen erbrachten keine reproduzierbaren Ergebnisse. Die Substanzen wurden größtenteils irreversibel sorbiert.

Es wurde versucht, Kalibriergasmischungen durch Injektion von flüssigen Standardsubstanzen in einer Gasmaus selbst herzustellen. Diese Gas-mischungen wurden wie Umgebungsluft über die Röhrcen (Tenax und Aktivkohle) gesaugt und analysiert. Die Versuche erbrachten keine reproduzierbaren Ergebnisse, vermutlich aufgrund von Wandeffekten (Reaktion der Komponenten mit der Glaswand der Gasmaus).

In weiterer Folge wurde daher **zertifiziertes Kalibriergas** (Fa. Linde) verwendet. Diese Kalibriergasmischungen enthalten alle zu analysierenden Komponenten, sie werden auf Kundenwunsch individuell hergestellt. Die geringste erhältliche Konzentration beträgt ein ppm. Das Kalibriergas wird wie eine Probe über das Röhrchen gesaugt. Durch entsprechende Wahl der Probenahmezeit und des Pumpenflusses erzielt man unterschiedliche Konzentrationen.

Für die **thermische Desorption** werden alle Kalibrierungen mit diesem Kalibriergas durchgeführt.

Die Kalibration für die Analyse der **Aktivkohleröhrchen** (mittels flüssiger Standardlösungen) wurde durch Analyse von Kalibriergasproben überprüft.

Für qualitative Versuche (Vergleich von Retentionszeiten etc.) eignen sich auch Kalibriergasmischungen in Sprühdosen, die von verschiedenen Herstellern angeboten werden und preisgünstiger sind als die zertifizierten Kalibriergase.

#### Versuche zur Desorptionsausbeute:

Flüssige Standardmischung unterschiedlicher Konzentration wurde auf Orsa- bzw. Orbo-Röhrchen injiziert und die Wiederfindungen bestimmt.

Mit Kalibriergas beladene Tenaxröhrchen wurden einer zweiten Analyse unterzogen, um die Vollständigkeit der Desorption zu überprüfen.

#### Versuche zum Durchbruchverhalten:

An einer Meßstelle wurden **Orsa-Röhrchen** unterschiedlich lang exponiert (ein, zwei und vier Wochen), und die Ergebnisse miteinander verglichen. Dabei hat sich eine Expositionszeit von **zwei Wochen** bewährt. Bei einer Expositionszeit von vier Wochen ist bereits mit Verlusten zu rechnen (Diffusion bereits adsorbierter Substanzen aus dem Röhrchen), bei einer Woche sind bei geringen Konzentrationen die Nachweisgrenzen nicht ausreichend.

Bei den **Orbo-Röhrchen** wird, durch die getrennte Aufarbeitung der beiden Phasen (s. 3.2.2), bei jeder Analyse der Durchbruch bestimmt. Bei den in der Umgebungsluft auftretenden Konzentrationen der aromatischen Kohlenwasserstoffe war auch bei Probenahmen über mehrere Stunden kein Durchbruch festzustellen.

Um das Durchbruchsvolumen der aromatischen Kohlenwasserstoffe auf den **Tenax-Röhrchen** zu bestimmen, wurde Kalibriergas über ein Röhrchen, hinter dem ein zweites angebracht war, gesaugt. Anschließend wurden beide Röhrchen analysiert. Es zeigte sich, daß bis 5 l Probevolumen kein Durchbruch stattfindet.

#### 4. METHODENVERGLEICH

Im Bereich der Analytik von leichtflüchtigen Luftschadstoffen werden in Österreich derzeit keine Ringversuche durchgeführt. Eine Teilnahme an einem internationalen Ringversuch war noch nicht möglich.

Daher hat das Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit der ÖMV (Labor für Forschung und Produktentwicklung, Abteilung Umwelttechnik) einen Methodenvergleich zur Erfassung von Benzolimmissionen durchgeführt.

Die in den beiden Labors zur Anwendung kommenden Methoden der adsorptiven Anreicherung und der gaschromatographischen Analyse wurden auf ihre Vergleichbarkeit überprüft. Beide Labors wenden die Methode der thermischen Desorption mit Tenax als Sorptionsmedium an, die gerätemäßige Ausstattung, insbesondere die Einrichtung zur thermischen Desorption ist unterschiedlich.

Weiters wurde die im Umweltbundesamt ebenfalls angewandte Methode der Anreicherung auf Aktivkohle und Elution mittels Schwefelkohlenstoff ( $CS_2$ ) für den Vergleich herangezogen.

Es wurden sowohl Kalibriergasproben als auch gleichzeitig genommene Luftproben für diesen Vergleich herangezogen. Die Kalibration mittels Kalibriergas (s. 3.3.2.) wurde verglichen mit der über ein Permeationsröhrchen. Dazu wurde ein Tenax-Röhrchen im Kalibrator mit Hilfe eines Permeationsrohres, das Benzol in flüssiger Form enthält, mit einer definierten Konzentration an Benzol befüllt. Dieser Vergleich brachte keine signifikanten Unterschiede.

Der Methodenvergleich wurde in weiterer Folge auf die Analyse von Toluol ausgedehnt.

Die Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse einer gleichzeitigen Probenahme von vier Luftproben (A-D) an derselben Probenahmestelle durch UBA und ÖMV.

Tab.10: Ergebnisse von 4 Luftproben

	Labor	Adsorbens	Desorption	Analysengerät	Benzol in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Toluol in $\mu\text{g}/\text{m}^3$
A	UBA	Tenax	thermisch	GC-MSD	6,6	25,4
B	ÖMV	Tenax	thermisch	GC-MSD	7,8	18,3
C	ÖMV	Tenax	thermisch	GC-MSD	8,7	20,3
E	UBA	Aktivkohle	$CS_2$	GC-FID	8,1	22,1

Die Konzentrationen an Benzol und Toluol liegen im Bereich mäßig belasteter Umgebungsluft. Die Abweichungen lagen im Bereich von  $\pm 20\%$ .

Die bei der Analytik erreichte Übereinstimmung ist als sehr gut zu bezeichnen, da in diesem Spurenbereich mit systembedingten Schwankungen zu rechnen ist. In der Literatur werden für diesen Bereich Schwankungen von  $\pm 25\%$  angegeben (DULSON, 1978).

Der Vergleich zeigt die Übereinstimmung der Ergebnisse sowohl zwischen den beiden Methoden der thermischen Desorption (unterschiedliche Geräteausrüstung) als auch zwischen thermischer Desorption und Lösungsmitteldesorption.

## **5. ERGEBNISSE**

### **5.1. ERGEBNISSE DES MESSZEITRAUMES**

#### **APRIL 1991 - SEPTEMBER 1991**

Das Ziel der Untersuchungen, die Brauchbarkeit der Methode der passiven Anreicherung der Umgebungsluft auf Sorptionsröhrchen (s. 3.1.) unter Beweis zu stellen, wurde erfüllt.

Nach den zahlreichen Laborarbeiten zur Überprüfung der Methode (s. 3.4.) konnte die Methode erfolgreich zur Messung von Immissionskonzentrationen angewandt werden. Ein Probenahmezeitraum von 14 Tagen hat sich bewährt, insbesondere zur Erfassung von Langzeitmittelwerten ist dieser Zeitraum ausreichend. Die Ausfälle durch defekte Proberöhrchen waren gering und konnten durch geeignete Wahl der Meßstellen minimiert werden.

Im Bereich von Straßen mit starkem Verkehr (Spittelauer Lände, Hietzinger Kai) wurden im Mittel über 14 Tage Benzolkonzentrationen bis ca. 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen. Bei den verkehrsfernen Meßstellen (Exelberg, Zentralfriedhof) lagen die Konzentrationen unter 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Im Bereich der Tankstelle und des Tanklagers traten Werte bis 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  auf, in den Wochen mit den höchsten Außentemperaturen auch Werte darüber. Die Tankstelle liegt an einer vielbefahrenen Straße; daher stammt sicherlich ein Teil der gemessenen Benzol-immissionskonzentrationen vom KFZ-Verkehr und ein Teil aus den Betankungsvorgängen.

Ein Vergleich der Meßstelle Arsenal bodennah und auf dem Postturm zeigt, daß die Benzolkonzentration mit zunehmender Höhe abnimmt (die Konzentration an der bodennahen Meßstelle ist im Mittel doppelt so hoch wie auf dem Postturm).

Tab.11: Minimal- und Maximalwerte der im Meßzeitraum gemessenen Benzolmissionskonzentrationen( 14-Tage Mittelwert) sowie die über den Meßzeitraum gemittelten Benzolmissionskonzentrationen

Meßstelle	Meßhöhe in m	Minimalwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Maximalwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mittelwert $\mu\text{g}/\text{m}^3$	n*
Währingerstraße	25	<1,2	7,8	**	
Spittelauer Lände	6	4,1	21,7	12	10
Arsenal Postturm	115	<1,2	5,9	**	
Arsenal Postturm	1,7	<1,2	12,4	**	
Zentralfriedhof	1,5	<1,2	4,7	**	
Rinnböckstraße	2	<1,2	7,4	**	
Lobau, Tanklager	2	25,2	224,6	86	10
Tankstelle	1,5	18,7	67,8	43	12
Hietzinger Kai	1,5	2,0	15,0	9	12
Exelberg	70	<1,2	3,7	**	

\* n gibt die Anzahl der Probenahmeperioden an, die zur Mittelwertbildung herangezogen wurden (teilweise Ausfälle durch Verlust von Proberöhrchen)

\*\* lagen die Konzentrationen einzelner Probenahmen unter der Bestimmungsgrenze wurden keine Mittelwerte gebildet

## 5.2. ERGEBNISSE DES MESSZEITRAUMES MÄRZ 1992- MÄRZ 1993

### 5.2.1. ERGEBNISSE DER PASSIVEN PROBENAHMEN

Die Probenahmen erfolgten durch passive Anreicherung der Umgebungsluft auf Sorptionsröhrchen (s. 3.1.). Es wurden 25 Probenahmen durchgeführt, die Expositionszeit betrug 14 Tage (organisatorisch bedingte Ausnahmen möglich). Zur Absicherung der Meßergebnisse wurden Parallelmessungen durchgeführt; d.h. an jeder Meßstelle waren jeweils zwei Röhrchen über den Probenahmezeitraum exponiert. Die Ergebnisse werden als Mittelwert dieser beiden Messungen angegeben. Aus diesen 25 Mittelwerten über die Probenahmedauer von 14 Tagen wurden die Jahresmittelwerte gebildet.

Bei Verlust eines der beiden Röhrchen wurde das Ergebnis des anderen Röhrchens zur Berechnung herangezogen. Teilweise kam es zu Verlust beider Röhrchen einer Meßstelle. In diesen Fällen wurden die Jahresmittelwerte über die verfügbaren Werte der 14-Tagesmittelwerte gebildet (durch **n** in Tab. 12-15 angegeben).

Teilweise lagen die Konzentrationen einer oder mehrerer Meßperioden (14-Tage-Mittelwert) unter der Bestimmungsgrenze. Für diese Probenahmestellen wurden keine Jahresmittelwerte gebildet. In diesen Fällen sind in den Tab. 12-15 nur die Minimal- und Maximalkonzentration angegeben.

Die höchsten Jahresmittelwerte der **Benzolkonzentrationen** traten wie zu erwarten an den verkehrsnahen Meßstellen bzw. den Kraftstoffumschlagplätzen auf (s. Tab. 12, Abb. 8.) Die Konzentrationen überstiegen dabei teilweise den geplanten Immissionsgrenzwert von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert (in der Graphik - Abb. 8. als dicker Balken markiert).

Untersuchungen in Deutschland ergaben ebenfalls, daß in urbanen Bereichen mit starkem KFZ-Einfluß Konzentrationen über  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auftraten (BUCK, ELLERMANN, 1988; PFEFFER, 1991).

Tab.12: **Minimal-und Maximalwerte** der im Beobachtungszeitraum gemessenen Benzol-Immissionskonzentrationen (14-Tage-Mittelwerte) sowie die **Jahresmittelwerte**

Meßstelle Meßhöhe in m		Benzolkonzentration in µg/m <sup>3</sup>			
		Minimalwert	Maximalwert	Jahresmittel	n
Prater Straße	1,5	9,4	19,2	<b>16</b>	21
Landesgerichtstr.	1,5	10,7	23,1	<b>18</b>	21
Spittelauer Lände a	25	2,1	8,6	<b>5</b>	24
Spittelauer Lände b	6	4,5	12,1	<b>9</b>	24
Tankstelle	1,5	10,4	23,4	<b>17</b>	24
Donauturm a	180	<1,2	4,4	**	--
Donauturm b	2	<1,2	6,1	**	--
Hohe Warte	35	<1,2	7,7	**	--
Arsenal a	115	<1,2	5,0	**	--
Arsenal b	1,5	<1,2	14,6	**	--
Lobau, Tanklager I	1,5	5,8	33,9	<b>15</b>	25
Illmitz	1,5	<1,2	7,1	**	--
Tanklager II a*	1,5	2,1	41,7	<b>14</b>	19
Tanklager II b*	1,5	3,2	52,6	<b>14</b>	16
Exelberg	70	<1,2	2,3	**	--

\*..... ca. 160 m voneinander entfernt

n.....gibt die Anzahl der Probenahmeperioden (max. 25) an, die zur Mittelwertbildung herangezogen wurden (teilweise Ausfälle durch Verlust von Proberöhrchen)

\*\*.....lagen die Konzentrationen einzelner Probenahmen unter der Bestimmungsgrenze wurden keine Mittelwerte gebildet

Tab.13: **Minimal-und Maximalwerte** der im Beobachtungszeitraum gemessenen **Toluol-** Immissionskonzentrationen (14-Tage-Mittelwerte) sowie die **Jahresmittelwerte**

Meßstelle	Meßhöhe in m	Toluolkonzentration in µg/m <sup>3</sup>			
		Minimalwert	Maximalwert	Jahresmittel	n
Prater Straße	1,5	23,8	46,8	40	20
Landesgerichtstr.	1,5	28,1	59,4	44	20
Spittelauer Lände a	25	6,0	26,9	14	23
Spittelauer Lände b	6	11,0	31,2	24	23
Tankstelle	1,5	25,4	51,2	40	23
Donauturm a	180	<1,3	7,5	**	--
Donauturm b	2	<1,3	13,4	**	--
Hohe Warte	35	2,8	24,1	6	18
Arsenal a	115	<1,3	14,1	**	--
Arsenal b	1,5	<1,3	16,6	**	--
Lobau, Tanklager I	1,5	6,7	70,8	24	24
Illmitz	1,5	1,0	5,1	3	6
Tanklager II a*	1,5	7,1	52,3	25	19
Tanklager II b*	1,5	<1,3	412,5	**	--
Exelberg	70	<1,3	4,1	**	--

\*..... ca. 160 m voneinander entfernt

n.....gibt die Anzahl der Probenahmeperioden (max.25) an, die zur Mittelwertbildung herangezogen wurden (teilweise Ausfälle durch Verlust von Proberöhrchen)

\*\*.....lagen die Konzentrationen einzelner Probenahmen unter der Bestimmungsgrenze wurden keine Mittelwerte gebildet

Tab. 14: **Minimal-und Maximalwerte** der im Beobachtungszeitraum gemessenen **m,p - Xylo-**Immissionskonzentrationen (14-Tage-Mittelwerte) sowie die **Jahresmittelwerte**

Meßstelle Meßhöhe in m		m,p-Xylokonzentration in µg/m <sup>3</sup>			
		Minimalwert	Maximalwert	Jahresmittel	n
Prater Straße	1,5	18,6	35,6	29	20
Landesgerichtstr.	1,5	22,4	44,4	33	20
Spittelauer Lände a	25	3,8	14,1	9	23
Spittelauer Lände b	6	8,3	22,9	16	23
Tankstelle	1,5	18,8	37,6	26	23
Donauturm a	180	<3	5,9	**	--
Donauturm b	2	<3	9,0	**	--
Hohe Warte	35	<3	10,5	**	--
Arsenal a	115	<3	7,1	**	--
Arsenal b	1,5	<3	9,1	**	--
Lobau, Tanklager I	1,5	4,9	42,3	14	24
Illmitz	1,5	<3	<3	**	--
Tanklager II a*	1,5	4,8	19,0	11	18
Tanklager II b*	1,5	<3	35,2	**	--
Exelberg	70	<3	3,9	**	--

\*..... ca. 160 m voneinander entfernt

n.....gibt die Anzahl der Probenahmeperioden (max. 25) an, die zur Mittelwertbildung herangezogen wurden (teilweise Ausfälle durch Verlust von Proberöhrchen)

\*\*.....lagen die Konzentrationen einzelner Probenahmen unter der Bestimmungsgrenze wurden keine Mittelwerte gebildet

Tab.15: **Minimal-und Maximalwerte** der im Beobachtungszeitraum gemessenen **o - Xylo-** Immissionskonzentrationen (14-Tage-Mittelwerte) sowie die **Jahresmittelwerte**

Meßstelle		o-Xylokonzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Minimalwert	Maximalwert	Jahresmittel	n
	Meßhöhe in m				
Prater Straße	1,5	1,4	11,3	9	21
Landesgerichtstr.	1,5	4,5	14,45	10	21

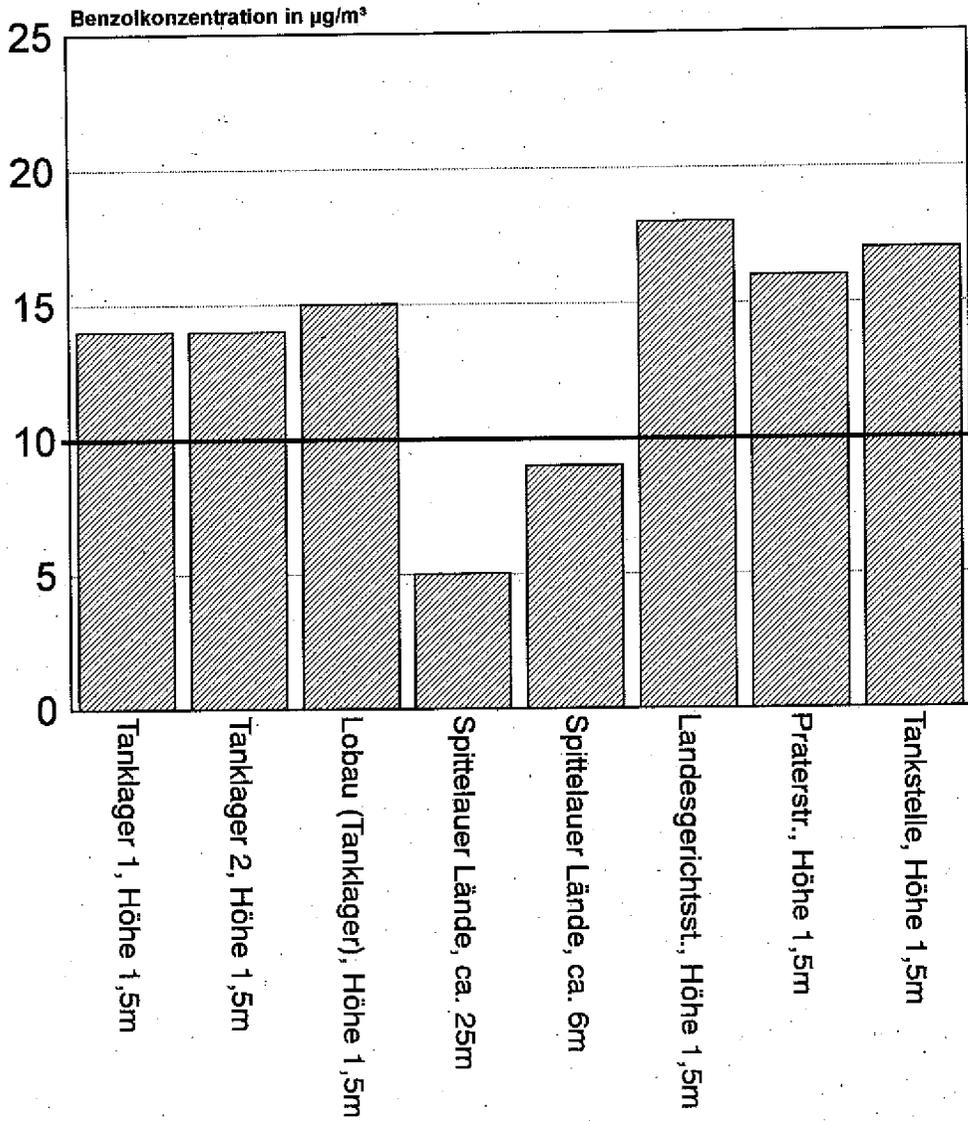
n.....gibt die Anzahl der Probenahmeperioden (max.25) an, die zur Mittelwertbildung herangezogen wurden (teilweise Ausfälle durch Verlust von Proberöhrchen)

An allen anderen Meßstellen lagen die Konzentrationen der 14-Tagesmittelwerte teilweise unter der Bestimmungsgrenze und es wurden keine Jahresmittelwerte berechnet. Die höchsten Maximalkonzentrationen traten an folgenden Meßstellen auf:

Lobau, Tanklager I	12,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tanklager II	11,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Tankstelle	11,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Spittelauer Lände	7,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Die Maximalkonzentrationen an den anderen Meßstellen lagen unter 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , die Minimalkonzentrationen unter der Bestimmungsgrenze von 1,4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Abb. 8: Graphische Darstellung der Jahresmittelwerte der Benzolkonzentrationen an den verkehrsnahen Meßstellen und den Kraftstoffumschlagplätzen



Die Spittelauer Lände weist gegenüber den anderen **verkehrsnahe Meßstellen** geringere Konzentrationen auf. Dies ist möglicherweise durch die bessere Durchlüftung dieser Straße gegenüber der Praterstraße und der Landesgerichtsstraße gegeben. Andererseits ist zu beachten, daß die Meßstelle anders situiert ist. Die Meßstelle befindet sich in einer Höhe von 5-6 m und die Röhren sind an der Hausmauer befestigt. An den beiden anderen Straßenmeßstellen ist die Probenahmeeinrichtung in 1,5 m zwischen den beiden Richtungsfahrbahnen angebracht. Dies war bei der Meßstelle Spittelauer Lände aufgrund von Passanteneinfluß leider nicht möglich.

Die beprobte **Tankstelle** liegt an einer vielbefahrenen Straße, daher dürfte ein Teil der Benzolkonzentration auf KFZ-Abgase zurückzuführen sein, und nicht nur von Betankungsvorgängen herrühren. Die nähere Betrachtung dieses Umstandes war nicht Ziel dieser Studie.

Die detaillierten Ergebnisse der gemessenen Benzolkonzentrationen an den verkehrsnahen Meßstellen und der Tankstelle sind in Tab. 17 aufgelistet.

In Bezug auf die Messungen der **Höhenverteilung** zeigen die Ergebnisse, wie auch schon bei den Messungen von 1991, daß die Benzolkonzentrationen mit steigender Meßhöhe abnehmen (vgl. in der Tab. 12. Spittelauer Lände - Meßstelle in 6 Meter und in 25 Meter; bzw. Donauturm und Arsenalturm). Dieses Phänomen wird auch in einer Studie aus dem Jahr 1986 (PUXBAUM, LANZERSTORFER) beschrieben.

An den meisten Meßstellen traten kaum jahreszeitliche Schwankungen auf. Diese Tendenz wird auch in einer deutschen Studie (BUCK, ELLERMANN, 1988) beschrieben. Die größten Schwankungen traten bei den Tanklagern bzw. der Tankstelle auf. Die jahreszeitlichen Verläufe an den verkehrsnahen Meßstellen und den Kraftstoffumschlagplätzen zeigen die Abb. 9 und 10.

Ein Vergleich mit den Daten aus dem Jahr 1991 zeigt ein Absinken der Benzolkonzentrationen an der Tankstelle sowie dem Tanklager. Die Konzentrationen an den anderen Meßstellen (Spittelauer Lände, Arsenal, Exelberg), hat sich kaum verändert. An der Spittelauer Lände traten 1991 größere Schwankungen und höhere Maximalkonzentrationen als 1992/93 auf.

Die Konzentrationen der **anderen aromatischen Kohlenwasserstoffe** korrelierten mit denen des Benzol, d.h. die Meßzyklen in denen die höchsten Benzolkonzentrationen auftraten, wiesen auch die höchsten Konzentrationen an Toluol und den Xylole auf. Die Verhältnisse der Jahresmittelwerte der aromatischen Kohlenwasserstoffe zueinander sind in Tab.16 angegeben.

Die Verhältnisse von Toluol zu Benzol sind an den verkehrsnahen Meßstellen im Bereich von 2,5 bis 2,6. Bei den Tanklagern ist der Benzolanteil höher als

an den verkehrsnahen Meßstellen (Verhältnis von Toluol zu Benzol von 1,8 bzw. 1,7). Die Tankstelle liegt mit einem Verhältnis von 2,4 dazwischen.

Für das Verhältnis m,p-Xylol zu Benzol ergibt sich ein ähnliches Bild. Auch hier ist der Benzolanteil bei den Tanklagern höher als an den verkehrsnahen Meßstellen.

Betreffend o-Xylol ist keine Aussage möglich, da nur an zwei verkehrsnahen Meßstellen Jahresmittelwerte berechnet werden konnten.

Tab.16: Konzentrationsrelationen der Jahresmittelwerte

Meßstelle	Toluol/ Benzol	m,p-Xylol/ Benzol	o-Xylol/ Benzol
Prater Straße	2,5	1,9	0,5
Landesgerichtstr.	2,5	1,9	0,6
Spittelauer Lände a	2,6	1,7	-
Spittelauer Lände b	2,6	1,8	-
Tankstelle	2,4	1,6	-
Lobau, Tanklager I	1,7	0,9	-
Tanklager II a*	1,8	0,8	-
Tanklager II b*	1,8	-	-

\*..... ca. 160 m voneinander entfernt

Abb. 9: Verlauf der Benzolkonzentrationen an verkehrsnahen Meßstellen

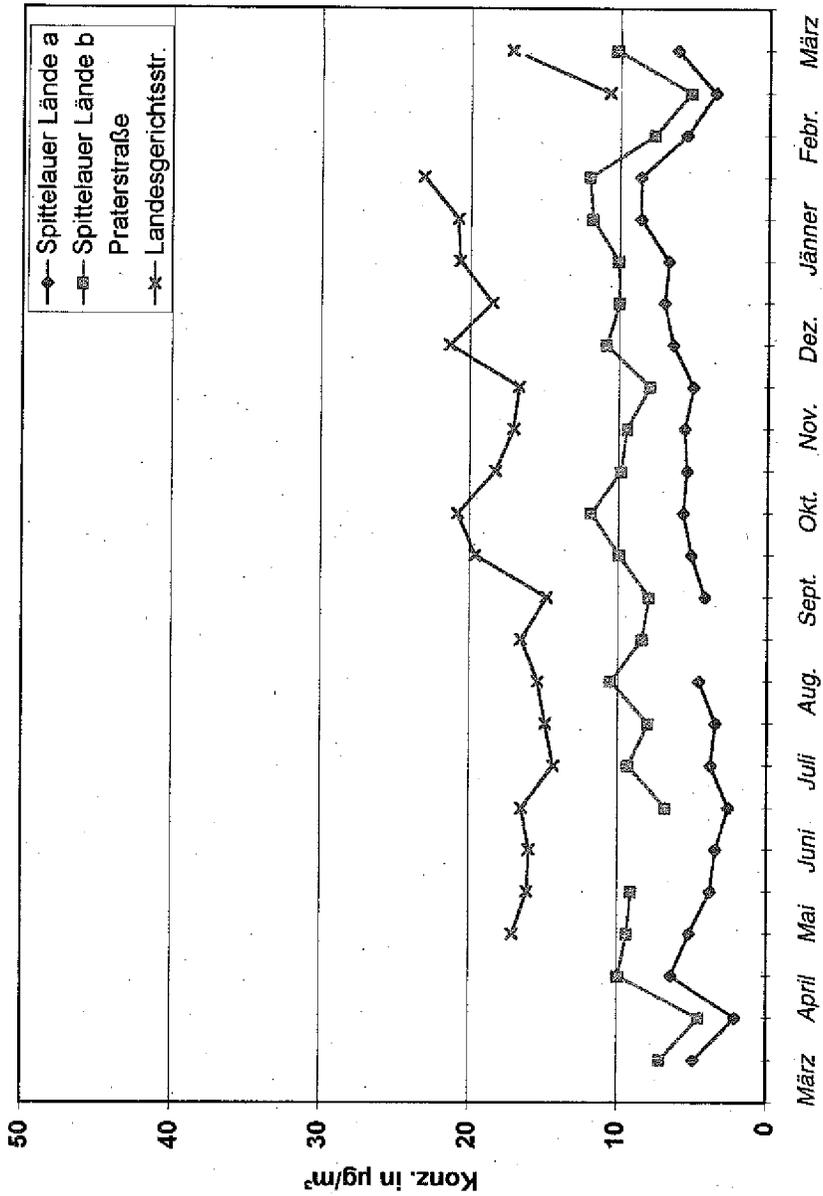
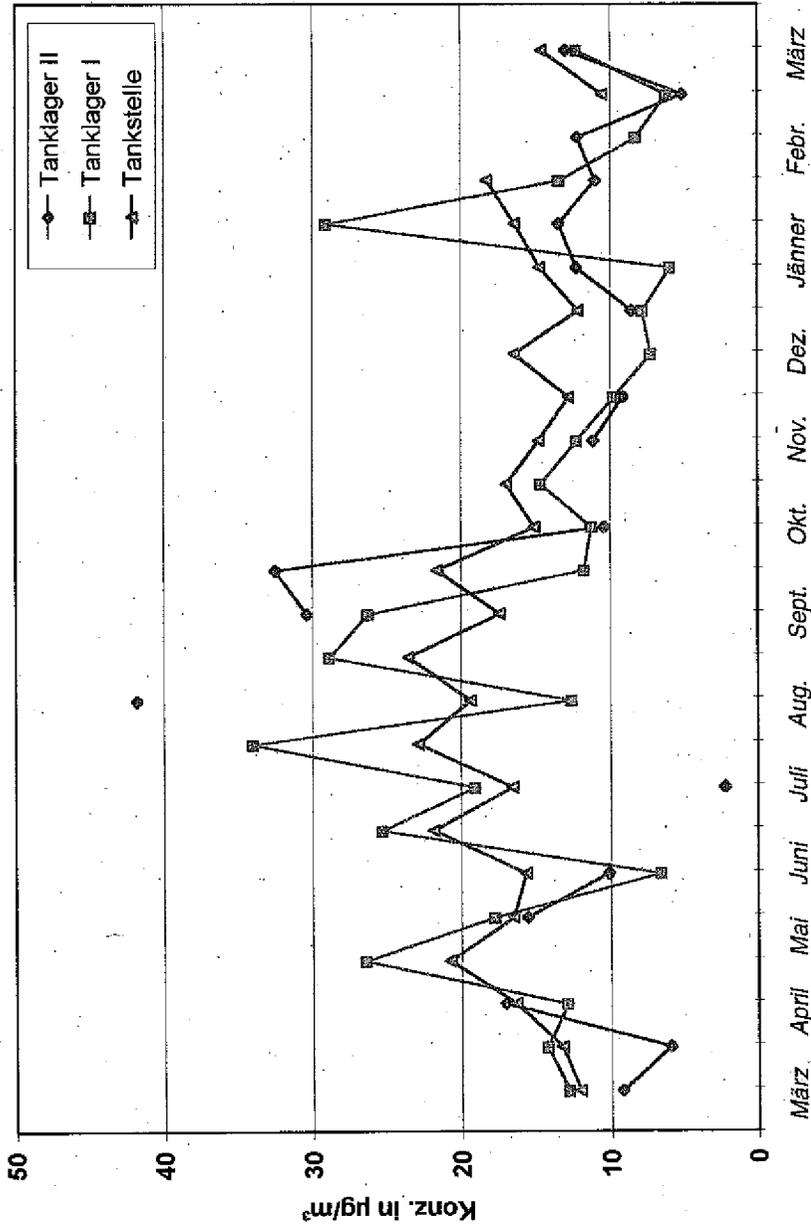


Abb. 10: Verlauf der Benzolkonzentrationen an Kraftstoffumschlagplätzen



Tab. 17: **Benzolkonzentrationen** (14-Tage-Mittelwerte) an den verkehrsnahen Meßstellen in Wien  
in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Meßstelle	Praterstraße	Landesgerichtsstraße	Pharmakon a	Pharmakon b	Tankstelle
Meßhöhe	1,5 m	1,5 m	25 m	6 m	1,5 m
Probenahme- Zeitraum					
23.3. bis 6.4.1992	---	---	4,9	7,1	11,9
6.4. bis 21.4.1992	---	---	2,1	4,5	13,1
21.4. bis 4.5.1992	---	---	6,4	9,9	16,2
4.5. bis 18.5.1992	15,9	17,1	5,2	9,4	20,6
18.5. bis 1.6.1992	14,7	16,1	3,8	9,1	16,4
1.6. bis 15.6.1992	15,2	16,0	3,4	---	15,5
15.6. bis 29.6.1992	14,3	16,4	2,6	6,8	21,7
29.6. bis 13.7.1992	16,2	14,4	3,8	9,3	16,4
13.7. bis 27.7.1992	16,3	14,9	3,5	8,0	22,7
27.7. bis 10.8.1992	19,2	15,4	4,6	10,5	19,3
10.8. bis 24.8.1992	18,3	16,5	---	8,4	23,4
24.8. bis 7.9.1992	17,7	14,8	4,2	7,9	17,3

Fortsetzung

Tab.17: 14-Tage-Mittelwerte der Benzolkonzentrationen an den verkehrsnahen Meßstellen in Wien in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle	Praterstraße	Landesgerichtsstraße	Pharmakon a	Pharmakon b	Tankstelle
Meßhöhe	1,5 m	1,5 m	25 m	6 m	1,5 m
Zeitraum					
7.9. bis 21.9.1992	17,2	19,6	5,1	10,0	21,5
21.9. bis 9.10.1992	17,0	20,8	5,7	11,9	15,0
9.10. bis 27.10.1992	14,2	18,3	5,4	9,8	16,9
27.10. bis 10.11.1992	14,9	17,1	5,6	9,5	14,7
10.11. bis 24.11.1992	14,7	16,7	5,0	8,0	12,7
24.11. bis 7.12.1992	17,4	21,4	6,4	10,9	16,3
7.12. bis 21.12.1992	14,0	18,5	7,0	10,0	12,0
21.12.92 bis 11.1.1993	14,6	20,7	6,7	10,1	14,6
11.1. bis 25.1.1993	17,9	20,8	8,6	11,8	16,3
25.1. bis 8.2.1993	18,7	23,1	8,6	12,1	18,2
8.2. bis 22.2.1993	---	---	5,6	7,7	---
22.2. bis 8.3.1993	9,4	10,7	3,6	5,3	10,4
8.3. bis 22.3.1993	16,9	17,3	6,2	10,3	14,5

## 5.2.2. ERGEBNISSE DER AKTIVEN PROBENAHMEN

Um zusätzliche Information über den Konzentrationsverlauf an einzelnen Tagen zu erhalten, wurden an einigen Meßstellen im Zeitraum von Juni 1992 bis September 1992 Stichprobenmessungen mittels aktiver Probenahme (s. 3.2.) durchgeführt. Ausgewählt wurden Meßstellen die aufgrund der Meßergebnisse der passiven Probenahmen interessant erschienen (verkehrsnahe, Treibstoffumschlagplatz).

Tab. 18: Probenahmedatum und Probenahmeort der Stichprobenmessungen

Probenahmetag	Probenahmeort
30.06.1992	Lobau, Tanklager I
03.08.1992	Spittelauer Lände
04.08.1992	Spittelauer Lände
05.08.1992	Tanklager II
12.08.1992	Spittelauer Lände
19.08.1992	Tanklager II
26.08.1992	Spittelauer Lände
08.09.1992	Tanklager II

### 5.2.2.1. Aktivprobenahme vom 30.06.1992 - Tanklager I (Lobau)

Die Probenahmen wurden an zwei Meßstellen beim Tanklager durchgeführt. Eine Meßstelle war an der dem Wind zugewandten (Luv), eine an der dem Wind abgewandten Seite (Lee) des Tanklagers. Die Probenahmen erfolgten in der Zeit von 8.40 bis 16.40 in einer Höhe von 1,5 Meter.

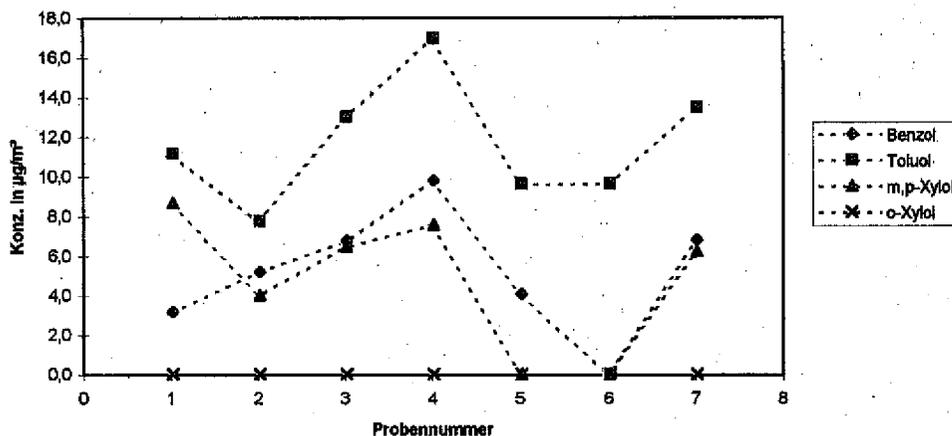
Über den gesamten Zeitraum wurde als Vergleich an der Meßstelle Spittelauer Lände/Dach ein Probenröhrchen besaugt.

Die Ergebnisse (s.Tab. 19) an den beiden Meßstellen in der Lobau zeigten einen deutlichen Unterschied. In Lee des Tanklagers lagen die Konzentrationen an Benzol, Toluol und m,p-Xylol über denen der Luvseite. Die Konzentrationen an o-Xylol lagen unter der Bestimmungsgrenze und wurden daher bei der Auswertung nicht berücksichtigt.

Die Abb. 11 zeigt den Konzentrationsverlauf an, der dem Wind abgewandten Meßstelle. Auffällig dabei war, daß die Benzolkonzentrationen teilweise über der von m,p-Xylol lagen.

Die Benzolkonzentrationen an der Meßstelle Spittelauer Lände lagen mit  $5,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in gleicher Höhe wie der 12 Monats-Mittelwert ( $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Die Konzentrationen an Toluol ( $22,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und m,p-Xylol ( $12,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) lagen etwas über den Jahresmittelwerten ( $13,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Toluol und  $8,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  m,p-Xylol).

Abb. 11: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe in Lee des Tanklagers



Tab. 19: Ergebnisse der Probenahmen in der Lobau/Tanklager I am 30.6.1992

Meßstelle/ Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in µg/m <sup>3</sup>		
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol
Lee/1	08.40-09.40	3,2	11,2	8,7
Luv/1	08.30-09.30	<3	4,1	<6
Lee/2	09.40-11.40	5,2	7,7	4,0
Luv/2	09.30-11.30	<1,5*	2,1*	<3*
Lee/3	11.40-12.40	6,7	13,0	6,5
Luv/3	11.30-12.30	<3	3,1	<6
Lee/4	12.40-13.40	9,8	17,0	7,6
Luv/4	12.30-13.30	<3	<3	<6
Lee/5	13.40-14.40	4,0	9,6	<6
Luv/5	13.30-14.30	<3	3,0	<6
Lee/6	14.40-15.40	n.a.	9,6	<6
Luv/6	14.30-15.30	<3	<3	<6
Lee/7	15.40-16.40	6,8	13,5	6,2
Luv/7	15.30-16.30	<3	<3	<6

\* 2 Stunden Probenahmezeit, daher niedrigere Bestimmungsgrenzen als bei einer Probenahmezeit von 1 Stunde

n.a. ... nicht auswertbar

### 5.2.2.2. Aktivprobenahme vom 03.08.1992 - Spittelauer Lände

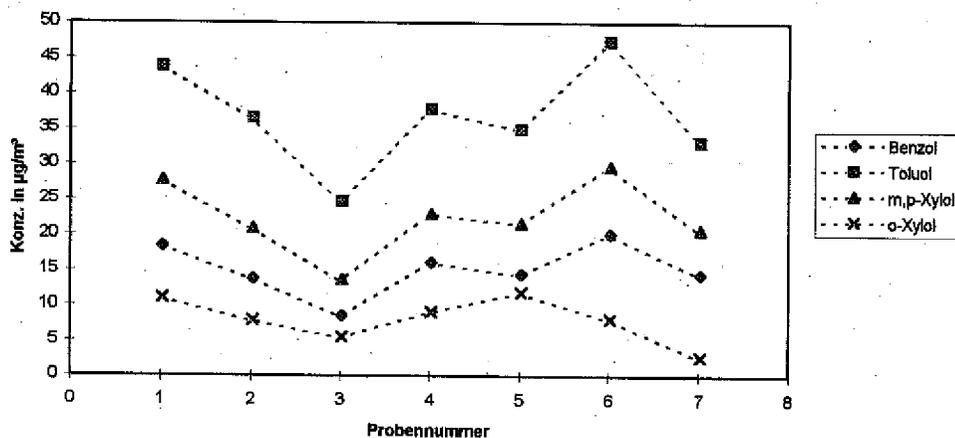
Der 3.8. war ein sonniger, warmer Tag mit Wind aus Süd bis Südost (mit ca. 2 m/s). Die Probenahmen wurden in der Zeit von 9.30 bis 15.30 neben dem Gebäudeeingang in 1,5 Meter Höhe durchgeführt. Die Probenahmezeit betrug jeweils eine Stunde, wobei jeweils zwei Röhrchen gleichzeitig beprobt wurden. Die in der Tab. 20 angegebenen Werte sind Mittelwerte dieser Parallelproben.

Die Konzentrationen der Kohlenwasserstoffe zueinander zeigten ein relativ konstantes Verhältnis (s. Abb. 12).

Tab. 20: Ergebnisse der Probenahmen an der Maßstelle Spittelauer Lände vom 3.8. 1992

Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol
1	09.30-10.30	18,3	43,7	27,6	10,9
2	10.30-11.30	13,7	36,4	20,8	7,8
3	11.30-12.30	8,4	24,5	13,5	5,4
4	12.30-13.30	16,0	37,7	22,8	9,0
5	13.30-14.30	14,3	34,8	21,5	11,7
6	14.30-15.30	20,0	47,3	29,6	8,0
7	15.30-16.50	14,3	33,0	20,6	2,0

Abb. 12: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 3.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände



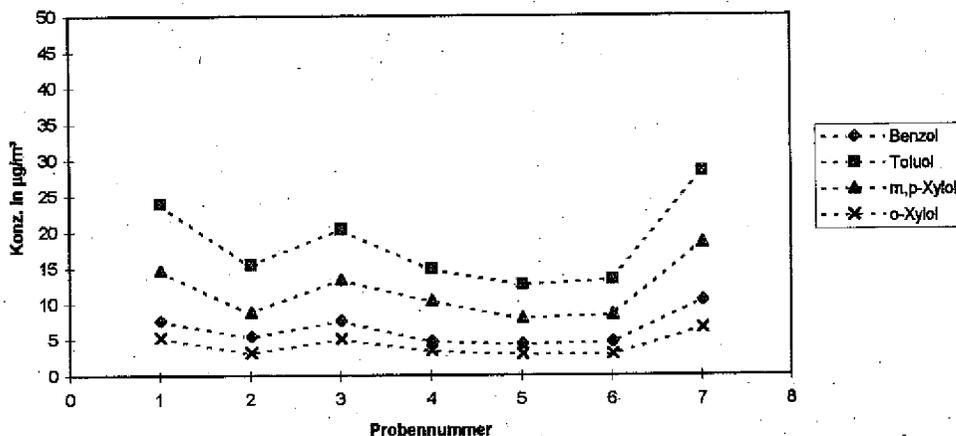
### 5.2.2.3. Aktivprobenahme vom 04.08.1992 - Spittelauer Lände

Der 4.8. wies zeitweise starke Bewölkung auf, am frühen Nachmittag kam es zu leichten Niederschlägen. Es wehte Westwind mit Geschwindigkeiten von ca. 3-4 m/s.

Die Probenahmen wurden in der Zeit von 8.45 bis 15.45 neben dem Gebäudeingang in 1,5 Meter Höhe durchgeführt. Die Probenahmezeit betrug jeweils eine Stunde. Die Ergebnisse sind in Tab. 21 als Mittelwerte der Parallelprobenahmen aufgelistet.

Die Konzentrationen aller Kohlenwasserstoffe war geringer als am 3.8., was möglicherweise auf die höhere Windgeschwindigkeit zurückgeführt werden kann. Die Verhältnisse zueinander waren wieder relativ konstant (s. Abb. 13).

Abb. 13: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 4.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände



Tab. 21: Ergebnisse der Probenahmen an der Meßstelle Spittelauer Lände vom 4.8. 1992

Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in µg/m³			
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol
1	08.45-09.45	7,6	23,9	14,6	5,2
2	09.45-10.45	5,4	15,4	8,8	3,1
3	10.45-11.45	7,6	20,3	13,3	5,0
4	12.00-12.45	4,7	14,8	10,3	3,4
5	12.45-13.45	4,3	12,6	7,9	2,9
6	13.45-14.45	4,6	13,3	8,4	2,9
7	14.45-15.45	10,3	28,3	18,4	6,5

#### 5.2.2.4. Aktivprobenahme vom 05.08.1992 - Tanklager II

Die Probenahmen fanden an zwei Meßstellen (ca. 30 m voneinander entfernt) außerhalb des Tanklagergeländes in ca. 1,5 Meter Höhe statt. Die Windrichtung verlief so, daß der Einfluß der in der Nähe des Tanklagers befindlichen Autobahn zu vernachlässigen war (Windrichtung vom Tanklager über die Probenahmestelle zur Autobahn).

Die Konzentrationen an der Meßstelle I lagen bei allen analysierten Substanzen deutlich über denen der Meßstelle II (s.Tab. 22). Dies dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die Meßstelle I unter den gegebenen Windverhältnissen näher der Abfüllstation war als die Meßstelle II (Entfernung zur Abfüllstation bei Meßstelle I ca. 45 m, bei Meßstelle II ca. 60 m).

Die Konzentrationsmaxima an den beiden Meßstellen traten zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf. Auffällig war, daß an beiden Meßstellen die Benzolkonzentrationen höher lagen als die von m,p-Xylol (s.Abb. 14.).

Tab. 22: Ergebnisse der Probenahmen beim Tanklager II vom 5.8.1992

Meßstelle/ Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in µg/m <sup>3</sup>			
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol
I/1	10.00-11.00	67,1	84,8	32,6	12,3
II/1	10.00-11.00	8,2	16,9	6,8	2,2
I/2	11.00-12.00	149,9	170,4	56,3	56,3
II/2	11.00-12.00	21,1	37,9	15,9	5,4
I/3	12.00-13.00	49,2	68,3	24,9	9,4
II/3	12.00-13.00	9,7	18,6	7,1	2,4
I/4	13.00-14.00	97,3	120,4	38,8	14,6
II/4	13.00-14.00	66,3	83,7	27,4	10,3
I/5	14.00-15.00	79,6	79,6	29,7	11,1
II/5	14.00-15.00	41,6	48,6	15,7	5,9
I/6	15.00-16.00	38,2	56,9	20,7	7,8
II/6	15.00-16.00	18,6	30,1	11,4	4,5

Abb. 14 a) Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 5.8.1992 an der Meßstelle I beim Tanklager

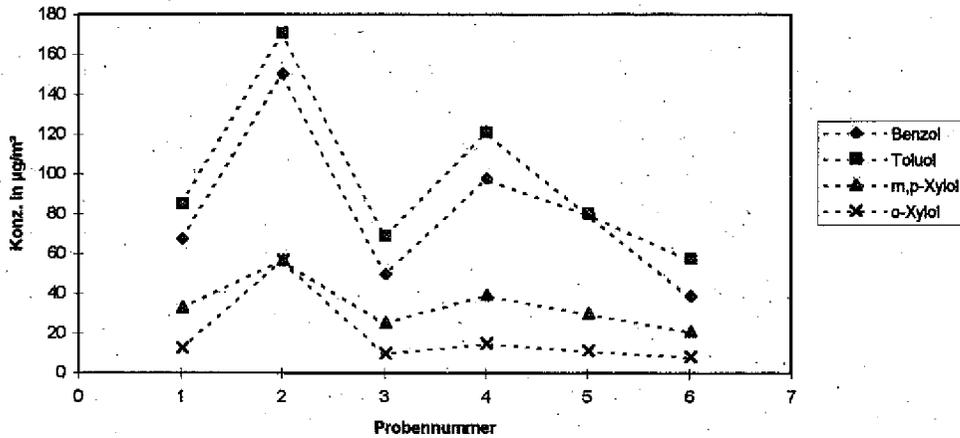
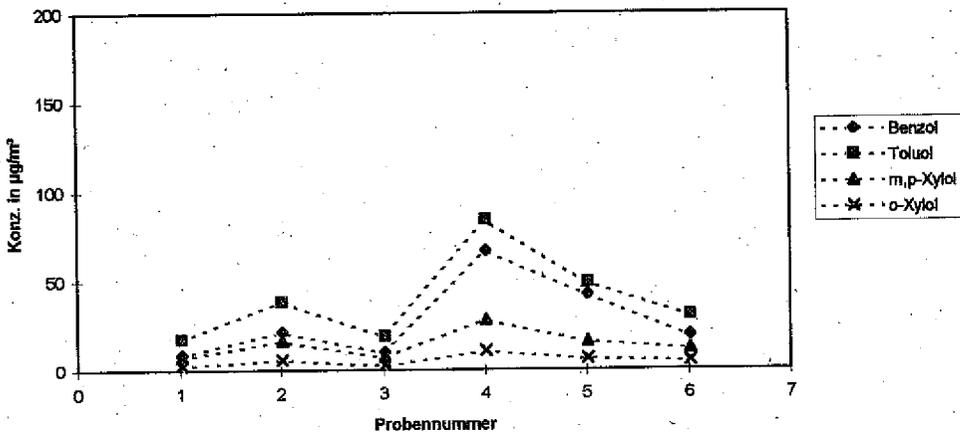


Abb. 14 b) Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 5.8.1992 an der Meßstelle II beim Tanklager



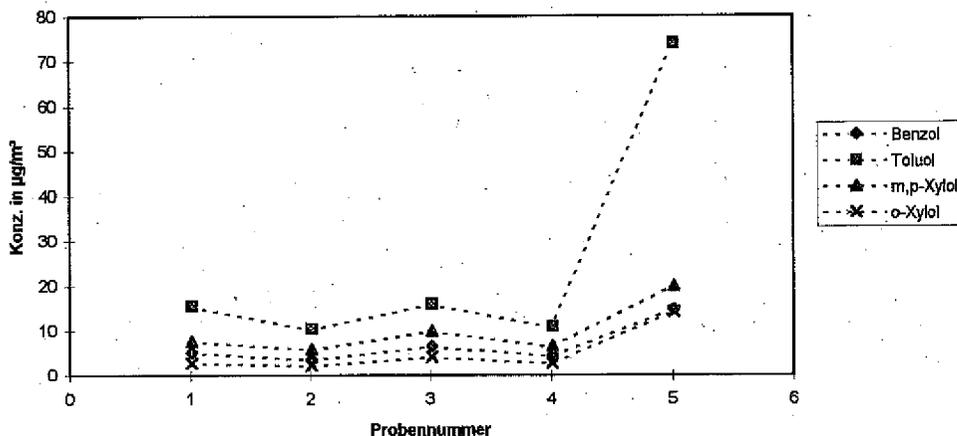
### 5.2.2.5. Aktivprobenahme vom 12.08.1992 - Spittelauer Lände

Die Probenahmen wurden in der Zeit von 9.25 bis 16.25 neben dem Gebäudeingang in 1,5 Meter Höhe durchgeführt. Es wurden Parallelproben von jeweils 1 Stunde genommen, die Ergebnisse in Tab. 23 stellen die Mittelwerte dar. Am 12.8. war es vormittags sonnig und es wehte Westwind mit einer Geschwindigkeit bis 4 m/s. Nachmittags war es stärker bewölkt, und der Wind drehte nach 15 Uhr auf Südost. Der Konzentrationsanstieg in der 5. Meßperiode (s.Tab. 23, Abb. 15) kann sowohl auf die Winddrehung als auch auf eine Zunahme der Emission zurückzuführen sein. Bemerkenswert war, daß die Konzentration von Toluol und o-Xylol in dieser Meßperiode stärker anstieg als die Konzentration von Benzol und m,p- Xylol.

Tab. 23: Ergebnisse der Probenahmen an der Meßstelle Spittelauer Lände vom 12.8.1992

Proben- nummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol
1	09.25-10.25	5,0	15,3	7,5	2,6
2	10.25-11.25	3,4	10,2	5,7	2,0
3	11.25-13.25	6,4	15,8	9,7	4,0
4	13.25-15.25	4,2	10,7	6,4	2,6
5	15.25-16.25	14,5	73,6	19,7	13,9

Abb. 15: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 12.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände



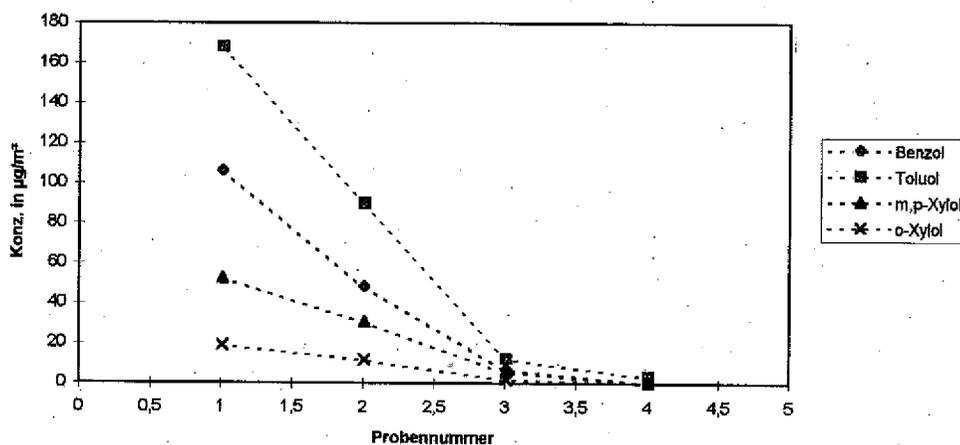
**5.2.2.6. Aktivprobenahme vom 19.08.1992 - Tanklager II**

Die Probenahmen wurden wie auch am 5.8. außerhalb des Tanklagergeländes durchgeführt. Es wurden Parallelproben in der Zeit von 10.25 bis 14.25 in 1,5 Meter Höhe genommen. Die Windverhältnisse variierten während der Probenahme sehr stark (s. Anmerkungen in Tab. 24). Dies dürfte auch der Grund für die eklatanten Konzentrationsänderungen gewesen sein. Wie auch bei der Probenahme vom 5.8. waren die Benzolkonzentrationen über denen von m,p-Xylol (s. Abb. 16).

Tab. 24: Ergebnisse der Probenahmen beim Tanklager II vom 19.8.1992

Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol	Anmerkungen
1	10.25-11.25	105,9	167,6	52,1	18,8	starker Wind aus Richtung Tanklager
2	11.25-12.25	48,0	89,3	30,4	11,3	Wind etwas nachgelassen
3	12.25-13.25	6,5	11,9	5,2	1,5	fast windstill
4	13.25-14.25	<1,8	3,1	<3,6	<1,8	Wind aus anderer Richtung

Abb. 16: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 19.8.1992 beim Tanklager II



### 5.2.2.7. Aktivprobenahme vom 26.08.1992 - Spittelauer Lände

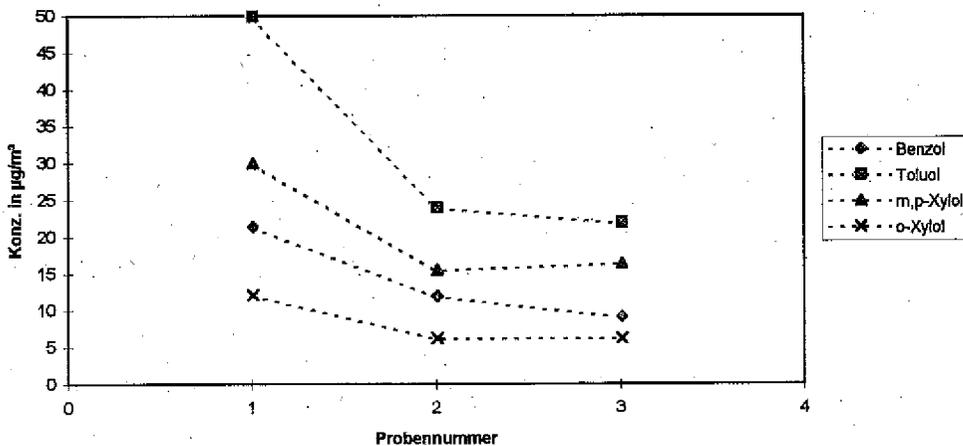
Es wurden Parallelprobenahmen neben dem Gebäudeeingang in 1,5 Meter Höhe durchgeführt. Die Probenahmezeit betrug jeweils zwei Stunden. Die Ergebnisse in Tab. 25 stellen Mittelwerte der Parallelproben dar.

Der 26.8. war sonnig und sehr warm, der Wind drehte im Tagesverlauf von Ostnordost auf Südsüdost, wobei die Windgeschwindigkeit von ca. 1,5 m/s auf 3 m/s zunahm. Die Windgeschwindigkeitszunahme könnte für die Konzentrationsabnahme im Laufe des Tages verantwortlich sein.

Tab. 25: Ergebnisse der Probenahmen an der Meßstelle Spittelauer Lände vom 26.8. 1992

Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol
1	09.30-11.30	21,3	49,8	29,9	12,0
2	11.30-14.25	11,8	23,8	15,4	6,1
3	14.25-16.10	9,0	21,8	16,2	6,1

Abb. 17: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 26.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände



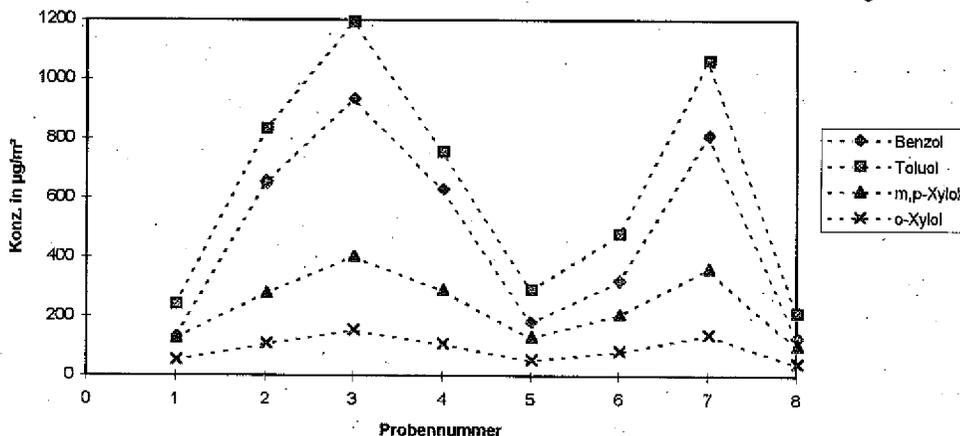
### 5.2.2.8. Aktivprobenahme vom 08.09.1992 - Tanklager II

Die Probenahmen fanden innerhalb des Tanklagersgeländes, direkt bei der LKW-Abfüllstation in ca. 5 Meter Höhe statt. Die Konzentrationen waren erwartungsgemäß hoch, wobei wiederum die Benzolkonzentrationen über den Konzentrationen von m,p-Xylol lagen (s.Tab. 26, Abb. 18).

Tab. 26: Ergebnisse der Probenahmen beim Tanklager II vom 8.9.1992

Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol
1	10.35-11.05	130	240	120	50
2	11.05-11.35	650	830	280	110
3	11.35-12.05	930	1190	400	150
4	12.05-13.35	630	750	290	110
5	13.35-14.05	180	290	130	50
6	14.35-15.05	320	480	200	80
7	15.05-15.35	810	1060	360	140
8	15.35-16.35	130	210	100	40

Abb. 18: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 8.9.1992 Tanklager II



### 5.2.2.7. Aktivprobenahme vom 26.08.1992 - Spittelauer Lände

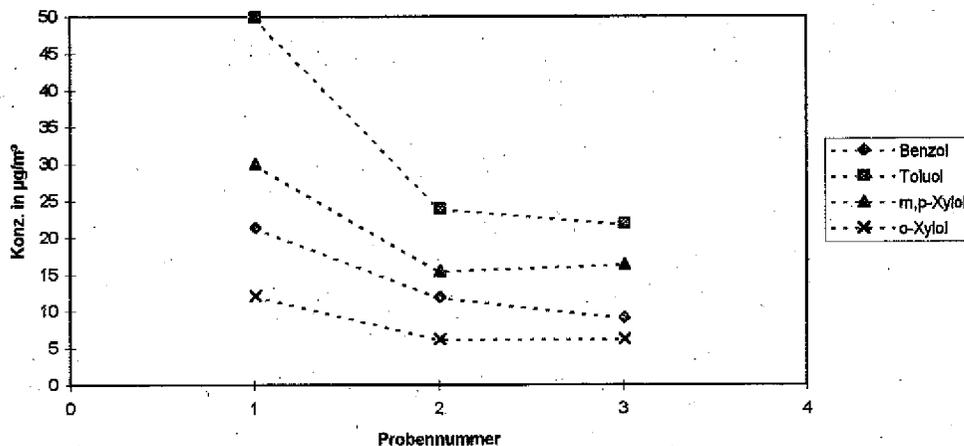
Es wurden Parallelprobenahmen neben dem Gebäudeeingang in 1,5 Meter Höhe durchgeführt. Die Probenahmezeit betrug jeweils zwei Stunden. Die Ergebnisse in Tab. 25 stellen Mittelwerte der Parallelproben dar.

Der 26.8. war sonnig und sehr warm, der Wind drehte im Tagesverlauf von Ostnordost auf Südsüdost, wobei die Windgeschwindigkeit von ca. 1,5 m/s auf 3 m/s zunahm. Die Windgeschwindigkeitszunahme könnte für die Konzentrationsabnahme im Laufe des Tages verantwortlich sein.

Tab. 25: Ergebnisse der Probenahmen an der Meßstelle Spittelauer Lände vom 26.8. 1992

Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol
1	09.30-11.30	21,3	49,8	29,9	12,0
2	11.30-14.25	11,8	23,8	15,4	6,1
3	14.25-16.10	9,0	21,8	16,2	6,1

Abb. 17: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 26.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände



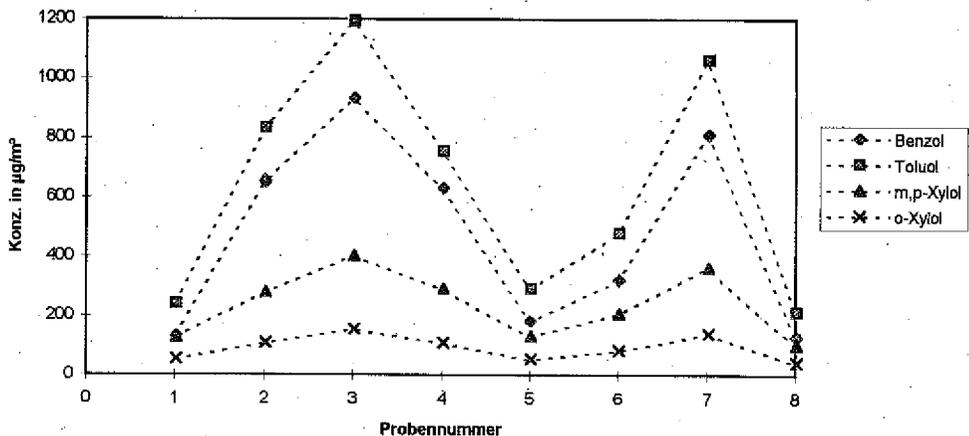
### 5.2.2.8. Aktivprobenahme vom 08.09.1992 - Tanklager II

Die Probenahmen fanden innerhalb des Tanklagersgeländes, direkt bei der LKW-Abfüllstation in ca. 5 Meter Höhe statt. Die Konzentrationen waren erwartungsgemäß hoch, wobei wiederum die Benzolkonzentrationen über den Konzentrationen von m,p-Xylol lagen (s.Tab. 26, Abb. 18).

Tab. 26: Ergebnisse der Probenahmen beim Tanklager II vom 8.9.1992

Probennummer	Uhrzeit der Probenahme	Konzentrationen in $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		Benzol	Toluol	m,p-Xylol	o-Xylol
1	10.35-11.05	130	240	120	50
2	11.05-11.35	650	830	280	110
3	11.35-12.05	930	1190	400	150
4	12.05-13.35	630	750	290	110
5	13.35-14.05	180	290	130	50
6	14.35-15.05	320	480	200	80
7	15.05-15.35	810	1060	360	140
8	15.35-16.35	130	210	100	40

Abb. 18: Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 8.9.1992 Tanklager II



## 6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Methode der passiven Anreicherung auf Aktivkohleröhrchen mit anschließender gaschromatographischer Laboranalyse hat sich für die langfristige Erfassung der Immissionssituation der aromatischen Kohlenwasserstoffe bewährt. Es steht damit eine leistungsfähige, relativ kostengünstige Methode zur Verfügung, die bei einer 14-tägigen Beprobung eine Überwachung der Immissionssituation gewährleistet.

Methoden der aktiven Probenahme auf Aktivkohleröhrchen, die arbeits- und damit kostenintensiver sind, müssen hingegen eingesetzt werden und bewähren sich, wenn Tagesgänge oder die Erfassung kurzzeitiger Konzentrationspitzen ermittelt werden müssen.

Inwieweit der aus den Meßergebnissen mittels passiver Probenahme errechnete Langzeitwert im Bereich des geplanten Grenzwertes (Jahresmittelwert) mit ausreichender Sicherheit als überschritten beurteilt werden kann, muß durch Vergleiche mit „kontinuierlich“ arbeitenden Monitorgeräten noch überprüft werden.

Um eine flächenhafte Überwachung Österreichs zu ermöglichen, erscheint die Anwendung der passiven Probenahme jedenfalls in Ergänzung zum Einsatz von teuren Monitorgeräten an zusätzlichen Meßstellen, an denen keine Grenzwertüberschreitung zu erwarten ist, sinnvoll.

Eine Überwachung der Immissionssituation im Hinblick auf den geplanten Grenzwert durch aktive Probenahme von z.B. Tagesproben auch in statistisch ausreichender Anzahl, erlaubt ebenso keine gesicherte Aussage über dessen Einhaltung/Überschreitung, sofern die Meßwerte nahe dem Wert des Grenzwertes liegen.

Die Ergebnisse der passiven Probenahme zeigen, daß die höchsten Konzentrationen, wie zu erwarten, an den verkehrsnahen Meßstellen und Kraftstoffumschlagplätzen auftraten, teilweise den Wert des geplanten Immissionsgrenzwertes für Benzol von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Jahresmittelwert) überschreiten würden. Die Konzentrationen der anderen untersuchten aromatischen Kohlenwasserstoffe (Toluol und Xylole) korrelierten mit denen des Benzols.

Die Verhältnisse der Jahresmittelwerte von Toluol zu Benzol, sowie die von m,p-Xylol zu Benzol waren an den verkehrsnahen Meßstellen in einem konstanten Verhältnis zueinander. Bei den Tanklagern war der Benzolanteil höher als an den verkehrsnahen Meßstellen. Jahreszeitliche Schwankungen traten kaum auf. Die größten Schwankungen der 14-Tage-Mittelwerte waren bei den Tanklagern und der Tankstelle feststellbar.

In Bezug auf die Höhenverteilung zeigen die Ergebnisse, daß die Benzolkonzentrationen mit zunehmender Meßhöhe abnahmen.

Ein Vergleich der Daten aus 1991 mit denen von 1992/93 zeigte einen Rückgang der Benzolkonzentrationen an der Tankstelle und dem Tanklager. Die Konzentrationen an den anderen Meßstellen zeigte kaum eine Veränderung.

Nach Beendigung dieses Meßprogrammes wurden zur weiteren Umweltkontrolle die Untersuchungen auf das gesamte Bundesgebiet ausgedehnt. An 35 Meßstellen wurden über den Zeitraum eines Jahres Probenahmen mittels passiver Probenahme durchgeführt. Die Auswertungen dieser Messungen werden Mitte 1995 vorliegen.

Im Anschluß daran wurden zwei weitere Meßprogramme zur Erfassung der Immissionssituation in Bezug auf aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylole) gestartet:

- An einigen Meßstellen im Bundesgebiet, insbesondere in Ballungsräumen werden die Messungen fortgesetzt.
- Im Stadtgebiet von Graz werden gemeinsam mit dem Amt der steiermärkischen Landesregierung Messungen an besonders verkehrsexponierten Standpunkten sowie Untersuchungen in Wohngebieten in der Nähe von Hauptverkehrssträgern durchgeführt, um eine flächendeckende Aussage zur Benzolimmissionssituation zu ermöglichen.

## 7. **ABBILDUNGS- UND TABELLENVERZEICHNIS**

Abb 1:	Überblick der Meßstellen	8
Abb 2a):	Diffusionssammler in Transportverpackung	9
Abb 2b):	Diffusionssammler bei der Probenahme	9
Abb 2c):	Aufbau des Diffusionssammlers	9
Abb 3:	Meßprinzip der passiven Probenahme mit dem Diffusionsröhrchen	10
Abb 4:	Aktivkohleröhrchen für die aktive Probenahme	14
Abb 5:	Meßprinzip der aktiven Probenahme	14
Abb 6a):	Glasröhrchen mit Tenax gefüllt	19
Abb 6b):	Metallhülse mit Verschraubung und Septum	19
Abb 7:	Prinzip der thermischen Desorption	20
Abb 8:	Graphische Darstellung der Jahresmittelwerte der Benzolkonzentrationen an den verkehrsnahen Meßstellen und den Kraftstoffumschlagplätzen	35
Abb 9:	Verlauf der Benzolkonzentrationen an verkehrsnahen Meßstellen	38
Abb 10:	Verlauf der Benzolkonzentrationen an Kraftstoffumschlagplätzen	39
Abb 11:	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 30.6.1992 in Lee des Tanklagers I	43
Abb 12:	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 3.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände	46
Abb 13:	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 4.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände	47
Abb 14:	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 5.8.1992 an der Meßstelle I beim Tanklager II	49
Abb 14b):	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 5.8.1992 an der Meßstelle II beim Tanklager II	49
Abb 15:	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 12.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände	51
Abb 16:	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 19.8.1992 beim Tanklager II	52
Abb 17:	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 26.8.1992 an der Meßstelle Spittelauer Lände	53
Abb 18:	Konzentrationsverlauf der aromatischen Kohlenwasserstoffe vom 8.9.1992 Tanklager II	54

Tab. 1:	Eigenschaften der aromatischen Kohlenwasserstoffe .....	2
Tab. 2:	Beschreibung der Meßstellen .....	6
Tab. 3:	Überblick der Meßstellen .....	7
Tab. 4:	Sammelraten für die Orsa-Röhrchen .....	11
Tab. 5:	Gaschromatographische Bedingungen/Aktivkohleröhrchen.....	12
Tab. 6:	Nachweis- und Bestimmungsgrenzen bezogen auf eine Probenahme von 14 Tagen .....	13
Tab. 7:	Nachweis- und Bestimmungsgrenzen von Probelösungen/ aktive Probenahme .....	16
Tab. 8:	Analysenbedingungen/thermische Desorption .....	21
Tab. 9:	Nachweis- und Bestimmungsgrenzen für die FID-Detektion.....	22
Tab.10:	Ergebnisse von 4 Luftproben analysiert durch UBA/ÖMV .....	26
Tab.11:	Minimal- und Maximalwerte der im Meßzeitraum gemessenen Benzolimmissionskonzentrationen (14-Tage Mittelwert) / über den Meßzeitraum gemittelten Benzolimmissionskonzentrationen.....	29
Tab.12:	Benzol-Minimal/Maximalwerte/Jahresmittelwerte März 92 - März 93 .....	31
Tab.13:	Toluol-Minimal/Maximalwerte/Jahresmittelwerte März 92 - März 93.....	32
Tab.14:	m,p-Xylol-Minimal/Maximalwerte/Jahresmittelwerte März 92 - März 93 ...	33
Tab.15:	o-Xylol-Minimal/Maximalwerte/Jahresmittelwerte März 92 - März 93 .....	34
Tab.16:	Konzentrationsrelationen der Jahresmittelwerte .....	37
Tab.17:	Benzolkonzentrationen (14-Tage-Mittelwerte) an den verkehrsnahen Meßstellen in Wien .....	40
Tab.18:	Probenahmedatum u. Probenahmeort der Stichprobenmessungen .....	42
Tab.19:	Ergebnisse der Probenahmen in der Lobau/Tanklager I vom 30.6.1992 .....	44
Tab.20:	Ergebnisse der Probenahmen an der Meßstelle Spittelauer Lände vom 3.8.1992 .....	45
Tab.21:	Ergebnisse der Probenahmen an der Meßstelle Spittelauer Lände vom 4.8.1992 .....	47
Tab.22:	Ergebnisse der Probenahmen beim Tanklager II vom 5.8.1992 .....	48
Tab.23:	Ergebnisse der Probenahmen an der Meßstelle Spittelauer Lände vom 12.8.1992 .....	50
Tab.24:	Ergebnisse der Probenahmen beim Tanklager II vom 19.8.1992 .....	52
Tab.25:	Ergebnisse der Probenahmen an der Meßstelle Spittelauer Lände vom 26.8.1992 .....	53
Tab.26:	Ergebnisse der Probenahmen beim Tanklager II vom 8.9.1992 .....	54

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

BUCK M., ELLERMANN K.

Die Immissionsbelastung durch Benzol in Nordrhein-Westfalen

LIS-Berichte Nr.82, 1988

DRÄGER Probenahme-Handbuch, Drägerwerk Lübeck, 1991

DULSON W.

Organisch-chemische Fremdstoffe in atmosphärischer Luft

Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene 47/1978

ENQUETE-KOMMISSION „Schutz des Menschen und der Umwelt“ des deutschen Bundestages, 1993

Verantwortung für die Zukunft

Wege zum nachhaltigen Umgang mit Stoff- und Materialströmen/Economica Verlag

FRIEDBACHER E.

Überlegungen zur Senkung des Benzolgehaltes von Ottokraftstoffen in Österreich

UBA-94-104

GRÜNHAGE L.

Vortrag im Rahmen des Workshops „Flüchtige Kohlenwasserstoffe“, Wien 1994

MÜCKE W.

Handbuch des Umweltschutzes - 72.Erg.Lfg. 6/94

ORTHOFFER R., URBAN G.

Abschätzung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen in Österreich

Österreichisches Forschungszentrum Seibersdorf, ÖFZS-4492, 1989

PANNWITZ K.

Probenahme-Systeme für die Probenahme und Analyse von organischen Lösemitteldämpfen / Dräger

PFEFFER H.-U.

Immissionen im Einflußbereich des Kraftfahrzeugverkehrs  
Staub - Reinhaltung der Luft, 51, 1991

PUXBAUM H., LANZERSTORFER Ch.

Flüchtige Kohlenwasserstoffe im Raum Wien  
TU Wien, Bericht 10/B/86

RÖMPP Chemie-Lexikon, 1979

VDI Lexikon Umwelttechnik, 1994

UMEG Gesellschaft für Umweltmessungen und Umwelterhebungen, Karlsruhe  
Benzol-Immissionsmessung in Straßennähe  
Bericht Nr.32-11, 1993

WAWERKA E., SCHMIDT A.

Alkylierung von Benzol mit Alkoholen als mögliche Maßnahme zur Verringerung der Benzol-  
emissionen aus Kraftfahrzeugen mit Ottomotor  
Erdöl, Erdgas, Kohle, Heft 4, 1990