

Niedersächsisches  
Landesamt für  
Ökologie

**Der Einsatz von Passivsammlern  
zur Ermittlung der Benzol-Belastung  
in Straßenschluchten**

 **Niedersachsen**

**Der Einsatz von Passivsammlern  
zur Ermittlung der Benzol-Belastung  
in Straßenschluchten**

Bücherei  
des Nds. Umweltministeriums

Inv.-Nr. 277/97

Dez. 14 - Lufthygienisches Überwachungssystem Niedersachsen (LÜN)

Dez. 53 - Gefahrstoffe, Gase und Dämpfe

## Vergleichsmessungen mit Passivsammlern an der LÜN-Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg

### I. LÜN-interne Vergleichsmessungen

An der Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg fanden während des Zeitraumes April 1995 bis Dezember 1996 Vergleichsmessungen mit Passivsammlern statt. Über erste Ergebnisse wurde im Anhang des LÜN-Monatsberichtes Dezember 1995 ausführlich berichtet (Anlage I). Hier wurden auch die Meßstation und die Probenahme vorgestellt. Die Meßmethodik der ORSA-Passivsammler mit Auswertung und Qualitätssicherung wurde im LÜN-Monatsbericht April 1995 (Anlage II) und im VDI-Bericht 1257 (VDI-Verlag, 1996) diskutiert. Die Anlage IV enthält eine Beschreibung der Vorgehensweise des NLÖ-Labors bei der Auswertung der ORSA-Passivsammler.

Im folgenden werden die in den vorangehenden Berichten veröffentlichten Ergebnistabellen fortgeführt, erweitert und kurz kommentiert.

#### Tab. N1 und N2: Vergleich der aktiven und passiven BTX-Messungen

An der Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg werden seit Oktober 1993 Die Immissionskonzentrationen der BTX-Komponenten mittels Gaschromatographen (GC, aktive Messung) und mit ORSA-Passivsammlern (passive Messung) bestimmt. Die beiden Meßreihen sind lückenlos; bis Dezember 1996 liegen insgesamt 39 Monatsmittelwerte vor; diese sind in Tab. N1 dokumentiert. Entsprechende Meßreihen wurden auch an den vier weiteren Verkehrsstationen des

LÜN erstellt. Eine Zusammenstellung aller Ergebnisse gibt Tab. N2. Da die kontinuierlichen GC-Messungen entsprechend der 4. BImSchVwV auf 0°C und die Auswertungen der Passivsammler auf 25°C bezogen werden, wurde in Tab. N2 ein einheitlicher Temperaturbezug (hier: 25°C) hergestellt.

Die Ergebnisse dieser Vergleiche belegen die gute Übereinstimmung von aktiven und passiven BTX-Messungen an allen Meßstellen in dem Konzentrationsbereich von 5 bis 15 µg/m³ für Benzol als Monatsmittelwert bzw. Jahresmittelwert.

#### Tab. N3: Exposition der Passivsammler innerhalb und außerhalb der Gasprobenahme

An der Verkehrsstation Bohlweg wurden seit Februar 1994 Passivsammler sowohl innerhalb als auch außerhalb der Gasprobenahme der Station exponiert:

- ORSA/I: zwangsbeströmte Probenahme innerhalb der Gasprobenahme der Meßstation; Anströmgeschwindigkeit ca. 10 cm/s (siehe auch Anlage II, Kap. 5.2.1)
- ORSA/A: nicht zwangsbeströmte Probenahme; Befestigung der ORSA-Sammler in einem Expositionsrohr als Regenschutz; siehe auch Abb. 1b in Anlage I

Die Randbedingungen für die Probenahme bei ORSA-Passivsammlern wurde im Kap. 5.2 der Anlage II ausführlich diskutiert.

Entsprechende Messungen wurden von Dezember 1994 bis Dezember 1996 auch an der LÜN-Verkehrsstation Hannover, Sallstraße gemacht; hier liegen 24 vergleichbare Monatsmittelwerte vor. Die Ergebnisse entsprechen denen an der Braunschweiger Verkehrsstation.

Die 33 Monatsmittelwerte der Vergleichsmessungen in Braunschweig belegen, daß sich bei beiden Probenahmemethoden identische Ergebnisse ergeben. Damit ist sichergestellt, daß die Exposition der ORSA-Passivsammler ohne eine Zwangsbeströmung verlässliche Konzentrationsangaben liefert.

Tab. N4:  
Doppelbestimmungen mit ORSA-Passivsammlern

In der Probenahmeverrichtung für Passivsammler ohne Zwangsbeströmung wurden seit März 1994 jeweils zwei ORSA-Passivsammler zeitgleich exponiert und zusammen ausgewertet. Die gewonnenen 30 Doppelproben belegen durch ihre identischen Ergebnisse die Eignung des ORSA-Systems.

Für die in den Tabellen N1, N3 und N4 zusammengestellten Doppelbestimmungen der Benzolkonzentrationen

- a. GC- und ORSA-Messungen
- b. zwangs- und nicht zwangsbeströmte ORSA-Passivsammler
- c. ORSA-Doppelproben

lassen sich die Standardabweichungen für Doppelbestimmungen  $S_D$  und der Unsicherheitsbereich  $U = S_D \cdot t_{0,95}$  berechnen:

zu a.:  $S_D = 1,19$   $U = 2,4$

zu b.:  $S_D = 0,41$   $U = 0,83$

zu c.:  $S_D = 0,57$   $U = 1,16$

Bei den Benzol-Vergleichsmessungen mit aktiven und passiven Meßmethoden

beträgt der Unsicherheitsbereich damit  $\pm 2,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und bei den Vergleichsmessungen mit ORSA-Passivsammlern  $\pm 1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Für die Bestimmung eines Prüfwertes von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert ist diese Meßmethodik im Sinne eines Screenings ausreichend genau.

## II. Vergleichsmessungen mit anderen Institutionen

In den folgenden Tab. N5 bis N12 werden die Ergebnisse vorgestellt, die bei intensiven Vergleichsmessungen des NLO über 19 Monate mit folgenden Institutionen gewonnen wurden:

- UMEG, Baden-Württemberg
- Landesumweltamt (LUA), Nordrhein-Westfalen
- Bayerisches Landesamt für Umweltschutz (BayLfU)
- Umweltbundesamt (UBA), Pilotstation Frankfurt

Die mittels GC gewonnenen Monatsmittelwerte für Benzol und Toluol wurden in den Tab. N5 bis N10 auf die Temperatur  $25^\circ\text{C}$  bezogen. Diese Umrechnung wurde nur aus dem Grund vorgenommen, weil bei der Auswertung der Passivsammler üblicherweise dieser Temperaturbezug gewählt wird. Durch diese Umrechnung ergeben sich bei den GC-Werten Nachkommastellen, die hier bewußt mit angegeben werden.

Tab. N5:  
Vergleichsmessungen Passivsammler - NLO/UMEG, zwangsbeströmte Probenahme

Bei der zwangsbeströmten Exposition der Passivsammler in der Gasprobenahme der Meßstation wurden neben dem ORSA-Passivsammler (Auswertung durch das NLO) ein von der UMEG entwickelter Passivsammler exponiert. Die über 11 Vergleichsmonate gemittelten Werte dieser Vergleichsmessungen stimmen recht gut mit den GC-Messungen überein. Das Meßprogramm von der UMEG zum Juni 1996 beendet.

Bei den in den folgenden Tabellen N6 bis N13 zusammengefaßten Vergleichsmessungen wurde aus Gründen der Praxisnähe nur die nicht zwangsbeströmte Expositionsart für die Passivsammler angewandt. In einem Expositionsrohr waren

dabei maximal vier ORSA-Passivsammler angebracht (siehe Abb. 1b in Anlage I).

Tab. N6:  
Vergleichsmessungen Passivsammler - NLO/UMEG

Bei den Vergleichsmessungen mit der UMEG bei nicht zwangsbeströmter Probenahme wurden sowohl der UMEG-Eigenbau als auch ORSA-Passivsammler eingesetzt. Während der Eigenbau (UMEG-1, UMEG-2) deutlich höhere Werte erbrachte, ist die Übereinstimmung der im UMEG-Labor ausgewerteten ORSA-Sammler (UMEG-ORSA) mit denen vom NLO ausgewerteten (NLO-1, NLO-2) als gut zu bewerten.

Tab. N7:  
Vergleichsmessungen Passivsammler - NLO/BayLfU

Die Vergleichsmessungen mit dem Bayerischen Landesamt für Umweltschutz (BayLfU) wurden nur über vier Monate durchgeführt. Für die Auswertung der ORSA-Sammler (BayLfU-1, BayLfU-2) wurde in München eine Fremdfirma beauftragt. Die Übereinstimmung mit den NLO-Werten war ausreichend gut.

Tab. N8:  
Vergleichsmessungen Passivsammler - NLO/LUA

Die ausführlichsten Vergleichsmessungen mit ORSA-Passivsammlern wurden zwischen dem NLO und dem Landesumweltamt (LUA) von Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Insgesamt liegen Werte über 19 Monate vor. Die Auswertungen der für das LUA exponierten ORSA-Passivsammler (LUA-1, LUA-2) wurden in Essen durchgeführt. Die in Tab. N8 zusammengestellten Werte belegen die gute Vergleichbarkeit der Doppelproben für jedes der beiden beteiligten Labore als auch die gute Vergleichbarkeit der Labore untereinander.

Tab. N9:  
Vergleichsmessungen Passivsammler -  
NLÖ/UBA

Die Vergleichsmessungen mit dem Umweltbundesamt, Pilotstation Frankfurt (UBA) wurden an einer Meßstation des UBA in der Frankfurter Innenstadt durchgeführt. Die Auswertungen der ORSA-Passivsammler erfolgte für das UBA durch die Fa. Dräger (UBA-1, UBA-2), für das NLÖ im NLÖ-Labor. Auch bei diesen Vergleichsmessungen ergaben sich Mittelwerte für die Benzol- und Toluolbelastungen, die im Rahmen der Meßgenauigkeit ausreichend gut übereinstimmen.

Tab. N10:  
Vergleichsmessungen Passivsammler -  
NLÖ/LUA/UMEG/BayLfU

In der Tab. N10 wurden von den Doppelproben der Vergleichsmessungen jeweils die am besten übereinstimmenden Proben für die Zusammenstellung ausgewählt. Man sieht, daß nur die Eigenentwicklung der UMEG bei diesem Vergleich einen höheren Wert liefert, während sich bei den ORSA-Passivsammlern fast identische Ergebnisse ergeben. In der nachfolgenden Graphik sind die Monatswerte der ORSA-Messungen zusammengestellt, um auch den, bis auf wenige Ausreißer, zufriedenstellenden Verlauf für alle Monate zu zeigen.

Tab. N11:  
Vergleichsmessungen ORSA-Passiv-  
sammler - NLÖ/LUA/UMEG/BayLfU

In der Tab. N11 wurden für alle ORSA-Vergleichsmessungen eines Monats Mittelwerte und Standardabweichungen berechnet. Die Standardabweichungen sind dabei nur in Ausnahmefällen größer als  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in der Regel liegen sie bei sechs Parallelproben unter  $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und sind damit kleiner als 10%.

Tab. N12:  
Vergleichsmessungen Passivsammler  
NLÖ/LUA/UMEG/UBA in einer Parkga-  
rage

Der Meßort einer Parkgarage in Braunschweig wurde in Anlage III, Abb. 3 beschrieben. Er wurde gewählt, um das Verhalten der ORSA-Passivsammler an Orten mit erhöhten BTX-Belastungen zu erproben. Die Auswertung der Passivsammler erfolgte in den Laboren von NLÖ, LUA und UMEG und für das UBA bei Fa. Dräger.

Auch wenn sich das Versuchsprogramm nur über acht Monate erstreckte, so zeigte sich doch, daß die Übereinstimmung bei diesen Konzentrationen (Monatsmittelwert ca.  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) nicht so gut ist, wie an der Verkehrsstation (Monatsmittelwerte um  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Eine Erklärung, warum die Werte von NLÖ und UMEG auf der einen Seite sowie LUA und UBA auf der anderen Seite differieren, kann noch nicht gegeben werden.

Tab. N13:  
Vergleichsmessungen über unterschiedli-  
che Zeiträume

In der Parkgarage wurde über drei Monate die Additivität der Werte von ORSA-Passivsammlern überprüft. Hierzu wurden Expositionszeiten über eine, zwei und drei Wochen gewählt und mit den über vier Wochen exponierten Sammlern verglichen. In der Tab. N13 werden beispielhaft die Ergebnisse der Messungen vom Februar 1996 dargestellt; weitere Ergebnisse enthält der LÜN-Monatsbericht Juni 1996. Die aus den einwöchigen Messungen berechneten Werte stimmen mit den Werten der über zwei, drei und vier Wochen exponierten Passivsammlern sehr gut überein.

## FAZIT

Die Übereinstimmung der mit den ORSA-Passivsammlern in dem Einsatzbereich „Straßenschlucht“ bei Vergleichsmessungen bestimmten Benzol- und Toluol-Konzentrationen ist überwiegend als gut zu beurteilen. Dies gilt insbesondere dann, wenn man den Aufwand in Betracht zieht, den die Einbeziehung von fünf verschiedenen Laboratorien für das Handling, die Analytik und die Auswertungen bedeutet.

Die Anzahl der Proben ist groß genug, um statistisch abgesicherte Aussagen machen zu können.

Die Vergleiche mit kontinuierlichen BTX-Messungen mittels Gaschromatographen belegen, daß die frei exponierten, aber gegen Niederschläge geschützten ORSA-Passivsammler belastbare Monatsmittelwerte liefern.

## Anlagen

- Anlage I: LÜN-Monatsbericht Dezember 1995: Erprobung von Passivsammlern für BTX-Aromate - Vergleichsmessungen mit anderen Institutionen
- Anlage II: LÜN-Monatsbericht April 1995: Die Ermittlung der Benzolbelastung in Straßenschluchten mit aktiven und passiven Meßmethoden
- Anlage III: LÜN-Monatsbericht Mai 1996: Ergebnisse der Verkehrsstation Braunschweig, Teil II
- Anlage IV: Auswerteverfahren ORSA-Passivsammler



Tab. N1:

## Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg - BGVS

Monatsmittelwerte für BTX und CO

B: Benzol, T: Toluol, m,p-X: m,p-Xylol, X: m,p,o-Xylol in µg/m³

bis 09.94 m-X, ab 10.94 m,p-X

CO: Kohlenmonoxid in mg/m³

Temperaturbezug: BTX/GC und CO bezogen auf 0°C; BTX/ORSA auf 25°C

| Monat/<br>Jahr | Gaschromatograph |     |       |     | ORSA 5 - Passivsammler |     |     |     | CO  |      |
|----------------|------------------|-----|-------|-----|------------------------|-----|-----|-----|-----|------|
|                | B                | T   | m,p-X | T/B | B                      | T   | X   | T/B | CO  | CO/B |
| Okt 93         | 17               | 53  | 16    | 3,1 | 17                     | 40  | 45  | 2,3 | 3,5 | 206  |
| Nov 93         | 22               | 42  | 14    | 1,9 | 17                     | 37  | 34  | 2,1 | 3,7 | 168  |
| Dez 93         | 23               | 54  | 14    | 2,3 | 19                     | 43  | 41  | 2,2 | 4,0 | 174  |
| Jan 94         | 19               | 48  | 16    | 2,5 | 15                     | 36  | 36  | 2,4 | 3,7 | 195  |
| Feb 94         | 18               | 47  | 14    | 2,6 | 18                     | 42  | 42  | 2,3 | 3,6 | 200  |
| Mär 94         | 17               | 39  | 13    | 2,3 | 14                     | 36  | 37  | 2,5 | 3,3 | 194  |
| Apr 94         | 16               | 41  | 14    | 2,6 | 14                     | 36  | 34  | 2,5 | 3,1 | 194  |
| Mai 94         | 13               | 31  | 7     | 2,4 | 12                     | 30  | 29  | 2,6 | 2,6 | 200  |
| Jun 94         | 14               | 39  | 16    | 2,8 | 14                     | 35  | 33  | 2,5 | 2,8 | 200  |
| Jul 94         | 15               | 41  | 16    | 2,7 | 13                     | 33  | 33  | 2,5 | 2,6 | 173  |
| Aug 94         | 13               | 33  | 12    | 2,5 | 14                     | 35  | 38  | 2,5 | 2,6 | 200  |
| Sep 94         | 18               | 46  | 22    | 2,6 | 15                     | 39  | 43  | 2,6 | 3,7 | 206  |
| Okt 94         | 19               | 47  | 32    | 2,5 | 16                     | 43  | 48  | 2,6 | 3,6 | 189  |
| Nov 94         | 17               | 33  | 21    | 1,9 | 13                     | 31  | 32  | 2,3 | 3,2 | 188  |
| Dez 94         | 20               | 48  | 32    | 2,4 | 16                     | 41  | 48  | 2,5 | 3,6 | 180  |
| Jan 95         | 18               | 43  | 29    | 2,4 | 14                     | 33  | 37  | 2,4 | 3,3 | 183  |
| Feb 95         | 17               | 41  | 28    | 2,4 | 13                     | 30  | 34  | 2,3 | 3,5 | 206  |
| Mär 95         | 14               | 34  | 23    | 2,4 | 11                     | 26  | 30  | 2,4 | 2,7 | 193  |
| Apr 95         | 13               | 33  | 21    | 2,5 | 10                     | 23  | 26  | 2,3 | 2,4 | 185  |
| Mai 95         | 12               | 31  | 19    | 2,6 | 10                     | 26  | 25  | 2,6 | 2,3 | 192  |
| Jun 95         | 14               | 35  | 20    | 2,5 | 11                     | 29  | 30  | 2,6 | 2,5 | 179  |
| Jul 95         | 14               | 33  | 18    | 2,4 | 12                     | 31  | 30  | 2,6 | 2,4 | 171  |
| Aug 95         | 12               | 29  | 17    | 2,4 | 12                     | 29  | 30  | 2,4 | 2,3 | 192  |
| Sep 95         | 15               | 40  | 24    | 2,7 | 14                     | 41  | 43  | 2,9 | 3,0 | 200  |
| Okt 95         | 19               | 50  | 30    | 2,6 | 17                     | 48  | 53  | 2,8 | 3,4 | 179  |
| Nov 95         | 19               | 50  | 32    | 2,6 | 15                     | 38  | 38  | 2,5 | 3,7 | 195  |
| Dez 95         | 15               | 38  | 23    | 2,5 | 12                     | 29  | 35  | 2,5 | 3,0 | 200  |
| Jan 96         | 14               | 34  | 21    | 2,4 | 11                     | 25  | 30  | 2,4 | 2,7 | 193  |
| Feb 96         | 15               | 39  | 23    | 2,6 | 12                     | 28  | 30  | 2,4 | 3,0 | 200  |
| Mär 96         | 13               | 32  | 19    | 2,5 | 9                      | 23  | 24  | 2,5 | 2,4 | 185  |
| Apr 96         | 14               | 37  | 22    | 2,6 | 15                     | 37  | 39  | 2,5 | 2,6 | 186  |
| Mai 96         | 14               | 37  | 21    | 2,6 | 12                     | 33  | 32  | 2,7 | 2,5 | 179  |
| Jun 96         | 13               | 35  | 19    | 2,7 | 14                     | 38  | 38  | 2,7 | 2,2 | 169  |
| Jul 96         | 12               | 32  | 18    | 2,7 | 12                     | 32  | 32  | 2,7 | 2,1 | 175  |
| Aug 96         | 13               | 34  | 20    | 2,6 | 12                     | 30  | 33  | 2,6 | 2,3 | 177  |
| Sep 96         | 14               | 33  | 21    | 2,4 | 11                     | 30  | 35  | 2,6 | 2,4 | 169  |
| Okt 96         | 19               | 52  | 29    | 2,7 | 15                     | 43  | 47  | 2,8 | 3,1 | 163  |
| Nov 96         | 15               | 40  | 23    | 2,7 | 13                     | 34  | 39  | 2,6 | 2,8 | 187  |
| Dez 96         | 16               | 39  | 23    | 2,4 | 14                     | 33  | 40  | 2,4 | 3,1 | 194  |
| Mittel         | 16               | 40  | 21    | 3   | 14                     | 34  | 36  | 3   | 3   | 188  |
| σ              | 2,8              | 6,8 | 5,8   | 0,2 | 2,3                    | 5,9 | 6,6 | 0,2 | 0,5 | 11,7 |

Tab. N2:

## Vergleiche aktiver (GC) und passiver (ORSA 5) Benzol-Messungen an LÜN-Verkehrsstationen

Anzahl: Anzahl der vorhandenen Monatsmittelwerte

GC/0°C: Mittel der mit GC gemessenen Monatsmittelwerte, bezogen auf 0°C

GC/25°C: Mittel der mit GC gemessenen Monatsmittelwerte, bezogen auf 25°C

ORSA: Mittel der mit ORSA5-Passivsammler gemessenen Monatsmittelwerte (25°C)

| Station                       | Zeltraum    | Anzahl | GC/0°C | GC/25°C | ORSA |
|-------------------------------|-------------|--------|--------|---------|------|
| Hannover, Göttinger Straße    | 10.91-12.96 | 58     | 11     | 10      | 9    |
| Hannover, Sallstraße          | 01.93-12.96 | 45     | 10     | 9       | 9    |
| Braunschweig, Bohlweg         | 10.93-12.96 | 39     | 16     | 15      | 14   |
| Osnabrück, An der Petersburg  | 06.94-12.96 | 25     | 6      | 5       | 5    |
| Hildesheim, An der Feuerwache | 11.92-09.93 | 11     | 7      | 6       | 6    |

**Tab. N3:**  
**ORSA 5-Passivsammler mit**  
**Exposition innerhalb (ORSA/I) und außerhalb (ORSA/A) der Gasprobenahme**  
**Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig**  
**Monatsmittelwerte Benzol und Toluol in µg/m³**

| Monat/<br>Jahr | BENZOL      |             | TOLUOL      |             |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                | ORSA/I      | ORSA/A      | ORSA/I      | ORSA/A      |
| Feb 94         | 17,9        | 17,9        | 42,0        | 42,0        |
| Mär 94         | 14,1        | 14,5        | 35,8        | 35,3        |
| Apr 94         | 14,3        | 15,4        | 36,0        | 37,1        |
| Mai 94         | 11,9        | 12,4        | 30,4        | 32,7        |
| Jun 94         | 13,9        | 14,0        | 34,9        | 35,0        |
| Jul 94         | 13,4        | 14,5        | 33,1        | 34,6        |
| Aug 94         | 14,2        | 13,9        | 35,1        | 35,1        |
| Sep 94         | 15,2        | 14,7        | 39,3        | 39,2        |
| Nov 94         | 13,4        | 13,2        | 31,4        | 31,4        |
| Jan 95         | 12,3        | 13,2        | 31,1        | 33,5        |
| Feb 95         | 12,2        | 12,4        | 29,9        | 30,1        |
| Mär 95         | 10,9        | 12,0        | 25,7        | 27,5        |
| Apr 95         | 9,8         | 10,2        | 23,4        | 24,1        |
| Mai 95         | 10,0        | 11,5        | 25,5        | 28,4        |
| Jun 95         | 11,3        | 11,7        | 28,6        | 29,9        |
| Jul 95         | 12,0        | 12,1        | 30,5        | 28,4        |
| Aug 95         | 12,2        | 13,0        | 28,9        | 31,0        |
| Sep 95         | 14,1        | 14,0        | 40,6        | 42,3        |
| Okt 95         | 16,9        | 17,3        | 48,3        | 46,0        |
| Nov 95         | 15,0        | 15,4        | 37,9        | 38,8        |
| Dez 95         | 11,1        | 11,4        | 28,9        | 29,2        |
| Jan 96         | 10,7        | 10,9        | 25,2        | 27,3        |
| Feb 96         | 11,7        | 12,2        | 28,4        | 29,5        |
| Mär 96         | 9,3         | 9,8         | 23,2        | 24,6        |
| Apr 96         | 14,5        | 14,7        | 36,6        | 37,4        |
| Mai 96         | 12,2        | 12,8        | 32,5        | 32,1        |
| Jun 96         | 14,0        | 14,1        | 37,6        | 38,2        |
| Jul 96         | 11,7        | 11,9        | 31,5        | 31,7        |
| Aug 96         | 11,6        | 12,2        | 30,4        | 32,0        |
| Sep 96         | 11,4        | 11,3        | 29,8        | 29,3        |
| Okt 96         | 15,3        | 15,4        | 43,2        | 44,0        |
| Nov 96         | 13,1        | 13,5        | 34,4        | 36,4        |
| Dez 96         | 13,8        | 13,6        | 33,2        | 34,4        |
| <b>Mittel</b>  | <b>12,9</b> | <b>13,2</b> | <b>32,8</b> | <b>33,6</b> |
| <b>σ</b>       | <b>1,9</b>  | <b>1,8</b>  | <b>5,7</b>  | <b>5,3</b>  |

**Tab. N4:**  
**Doppelproben ORSA 5-Passivsammler**  
**Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig**  
**Probenahmestelle: Expositionsrohr**  
**Monatsmittelwerte Benzol und Toluol in µg/m³**

| Monat/<br>Monat | BENZOL      |             | TOLUOL      |             |
|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                 | Probe 1     | Probe 2     | Probe 1     | Probe 2     |
| Mär 94          | 13,6        | 14,5        | 35,8        | 35,3        |
| Apr 94          | 15,8        | 15,4        | 37,8        | 37,1        |
| Mai 94          | 12,4        | 12,4        | 32,9        | 32,7        |
| Jun 94          | 14,6        | 14,0        | 35,3        | 35,0        |
| Jul 94          | 14,5        | 14,6        | 34,6        | 34,6        |
| Aug 94          | 13,8        | 13,9        | 35,5        | 35,1        |
| Sep 94          | 14,7        |             | 39,2        |             |
| Okt 94          | 18,6        | 16,4        | 50,3        | 43,1        |
| Nov 94          | 13,7        | 13,2        | 32,3        | 31,4        |
| Dez 94          | 16,2        | 16,4        | 40,9        | 40,9        |
| Jan 95          | 13,2        | 13,7        | 33,5        | 33,3        |
| Feb 95          | 12,5        | 12,4        | 30,3        | 30,1        |
| Mär 95          | 12,0        | 12,3        | 27,5        | 28,3        |
| Apr 95          | 10,2        | 10,0        | 23,3        | 24,1        |
| Mai 95          | 11,6        | 11,5        | 29,3        | 28,4        |
| Jun 95          | 11,7        |             | 29,9        |             |
| Jul 95          | 12,1        | 11,3        | 28,4        | 28,9        |
| Aug 95          | 13,1        | 13,0        | 31,3        | 31,0        |
| Sep 95          | 14,5        | 14,0        | 41,1        | 42,3        |
| Okt 95          | 17,3        | 17,4        | 46,0        | 47,1        |
| Nov 95          | 14,7        | 15,4        | 37,6        | 38,8        |
| Dez 95          | 11,4        | 11,8        | 29,2        | 31,6        |
| Jan 96          | 10,9        | 11,5        | 27,3        | 27,5        |
| Feb 96          | 9,1         | 12,2        | 23,0        | 29,5        |
| Mär 96          | 9,8         |             | 24,6        |             |
| Apr 96          | 15,0        | 14,7        | 37,4        | 37,4        |
| Mai 96          | 12,8        |             | 32,1        |             |
| Jun 96          | 14,1        | 14,1        | 38,2        | 39,3        |
| Jul 96          | 11,9        | 12,0        | 31,5        | 31,7        |
| Aug 96          | 12,2        | 12,5        | 32,0        | 33,3        |
| Sep 96          | 11,3        | 11,5        | 29,3        | 31,7        |
| Okt 96          | 16,2        | 15,4        | 47,1        | 44,0        |
| Nov 96          | 13,5        | 13,3        | 36,4        | 35,6        |
| Dez 96          | 13,5        | 13,6        | 33,9        | 34,4        |
| <b>Mittel</b>   | <b>13,3</b> | <b>13,5</b> | <b>34,0</b> | <b>34,5</b> |
| <b>σ</b>        | <b>2,1</b>  | <b>1,7</b>  | <b>6,3</b>  | <b>5,3</b>  |

**Tab. N5a:**

**Vergleichsmessungen Passivsammler**

**NLÖ: ORSA 5 - Passivsammler; UMEG: Eigenbau UMEG**

**Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

**Temperaturbezug: 25°C**

**Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig**

**Probenahmehöhe: 1,5 Meter**

**Probenahmestelle: Gasprobenahme Station, Proben zwangsbeströmt**

| Monat    | GC   | NLÖ  | UMEG |
|----------|------|------|------|
| Apr 95   | 11,9 | 9,8  | 10,2 |
| Jun 95   | 12,8 | 11,3 | 14,0 |
| Jul 95   | 12,8 | 12,0 | 14,1 |
| Aug 95   | 11,0 | 12,2 | 12,5 |
| Sep 95   | 13,7 | 14,1 | 15,9 |
| Okt 95   | 17,4 | 16,9 |      |
| Nov 95   | 17,4 | 15,0 | 15,8 |
| Dez 95   | 13,7 | 11,6 | 16,4 |
| Jan 96   | 12,8 | 10,7 | 15,7 |
| Feb 96   | 13,7 | 11,7 | 9,9  |
| Mär 96   | 11,9 | 9,3  | 15,0 |
| Apr 96   | 13,7 | 14,5 |      |
| Mai 96   | 12,8 | 12,2 | 16,0 |
| Mittel   | 13,5 | 12,4 | 14,1 |
| $\sigma$ | 1,8  | 2,1  | 2,2  |

**Tab. N5b:**

**Vergleichsmessungen Passivsammler**

**NLÖ: ORSA 5 - Passivsammler; UMEG: Eigenbau UMEG**

**Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

**Temperaturbezug: 25°C**

**Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig**

**Probenahmehöhe: 1,5 Meter**

**Probenahmestelle: Gasprobenahme Station, Proben zwangsbeströmt**

| Monat    | GC   | NLÖ  | UMEG |
|----------|------|------|------|
| Apr 95   | 38,5 | 23,4 | 20,3 |
| Jun 95   | 32,1 | 28,6 | 35,0 |
| Jul 95   | 30,2 | 30,5 | 43,5 |
| Aug 95   | 26,6 | 28,9 | 21,8 |
| Sep 95   | 36,6 | 40,6 | 36,3 |
| Okt 95   | 45,8 | 48,3 |      |
| Nov 95   | 45,8 | 37,9 | 34,0 |
| Dez 95   | 34,8 | 28,9 | 33,8 |
| Jan 96   | 31,1 | 25,2 | 30,3 |
| Feb 96   | 35,7 | 28,4 | 20,4 |
| Mär 96   | 29,2 | 23,2 | 39,0 |
| Apr 96   | 34,8 | 36,6 |      |
| Mai 96   | 33,9 | 32,5 | 35,0 |
| Mittel   | 35,0 | 31,8 | 31,8 |
| $\sigma$ | 5,6  | 7,0  | 7,4  |



Tab. N6a:

Vergleichsmessungen Passivsammler

NLÖ-1/2: ORSA 5 - Passivsammler; UMEG-1/2: Eigenbau UMEG

Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Temperaturbezug: 25°C

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr

| Monat    | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | UMEG-1 | UMEG-2 | UMEG-ORSA |
|----------|------|-------|-------|--------|--------|-----------|
| Apr 95   | 11,9 | 10,2  | 10,0  | 17,2   | 16,3   |           |
| Jun 95   | 12,8 | 11,7  |       | 17,7   | 17,2   |           |
| Jul 95   | 12,8 | 12,1  | 11,3  | 11,9   | 15,2   |           |
| Aug 95   | 11,0 | 13,1  | 13,0  | 15,9   | 13,8   |           |
| Sep 95   | 13,7 | 14,5  | 14,0  | 16,3   | 18,4   |           |
| Okt 95   | 17,4 | 17,3  | 17,4  | 17,6   | 18,1   |           |
| Nov 95   | 17,4 | 15,4  | 14,7  | 18,0   | 23,1   | 12,9      |
| Dez 95   | 13,7 | 11,4  | 11,8  | 18,3   | 24,5   | 12,7      |
| Jan 96   | 12,8 | 10,9  | 11,5  | 16,6   | 15,0   | 11,4      |
| Feb 96   | 13,7 | 9,1   | 12,2  | 9,5    | 10,1   |           |
| Mär 96   | 11,9 | 9,8   |       | 21,0   | 16,0   | 12,0      |
| Apr 96   | 13,7 | 15,0  | 14,7  |        |        | 13,0      |
| Mai 96   | 12,8 | 12,8  |       | 19,0   | 20,0   |           |
| Jun 96   | 11,9 | 14,1  | 14,1  |        |        |           |
| Jul 96   | 11,0 | 11,9  | 12,0  |        |        | 13,0      |
| Aug 96   | 11,9 | 12,2  | 12,5  |        |        |           |
| Sep 96   | 12,8 | 11,3  | 11,5  |        |        | 12,0      |
| Okt 96   | 17,4 | 16,2  | 15,4  |        |        | 16,0      |
| Nov 96   | 16,3 | 13,5  | 13,3  |        |        | 14,0      |
| Dez 96   | 14,7 | 13,5  | 13,6  |        |        | 15,0      |
| Mittel   | 13,6 | 12,8  | 13,1  | 16,6   | 17,3   | 13,2      |
| $\sigma$ | 2,0  | 2,1   | 1,8   | 3,0    | 3,8    | 1,4       |

Tab. N6b:

Vergleichsmessungen Passivsammler

NLÖ-1/2: ORSA 5 - Passivsammler; UMEG-1/2: Eigenbau UMEG

Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Temperaturbezug: 25°C

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr

| Monat    | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | UMEG-1 | UMEG-2 | UMEG-ORSA |
|----------|------|-------|-------|--------|--------|-----------|
| Apr 95   | 38,5 | 23,3  | 24,1  | 39,2   | 36,4   |           |
| Jun 95   | 32,1 | 29,9  |       | 42,0   | 54,4   |           |
| Jul 95   | 30,2 | 28,4  | 28,9  | 23,3   | 28,1   |           |
| Aug 95   | 26,6 | 31,3  | 31,0  | 28,2   | 24,5   |           |
| Sep 95   | 36,6 | 41,1  | 42,3  | 40,9   | 41,9   |           |
| Okt 95   | 45,8 | 46,0  | 47,1  | 39,9   | 42,5   |           |
| Nov 95   | 45,8 | 38,8  | 37,6  | 26,2   | 38,8   | 30,7      |
| Dez 95   | 34,8 | 29,2  | 31,6  | 38,4   | 40,2   | 30,4      |
| Jan 96   | 31,1 | 27,3  | 27,5  | 32,3   | 28,7   | 26,2      |
| Feb 96   | 35,7 | 23,0  | 29,5  | 20,2   | 20,9   |           |
| Mär 96   | 29,2 | 24,6  |       | 49,0   | 31,0   | 28,0      |
| Apr 96   | 34,8 | 37,4  | 37,4  |        |        | 30,0      |
| Mai 96   | 33,9 | 32,1  |       | 45,0   | 46,0   |           |
| Jun 96   | 32   | 38,2  | 39,3  |        |        |           |
| Jul 96   | 29,3 | 31,7  | 31,9  |        |        | 30,0      |
| Aug 96   | 31,1 | 32,0  | 33,3  |        |        |           |
| Sep 96   | 30,2 | 29,3  | 31,7  |        |        | 27,0      |
| Okt 96   | 47,6 | 47,1  | 44,0  |        |        | 40,0      |
| Nov 96   | 43,7 | 36,4  | 35,6  |        |        | 34,0      |
| Dez 96   | 35,8 | 33,9  | 34,4  |        |        | 31,0      |
| Mittel   | 35,2 | 33,1  | 34,5  | 35,4   | 36,1   | 30,7      |
| $\sigma$ | 6,0  | 6,7   | 6,0   | 8,7    | 9,3    | 3,7       |

**Tab. N7a:**  
**Vergleichsmessungen ORSA 5 - Passivsammler**  
 Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Temperaturbezug: 25°C  
 Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig  
 Probenahmehöhe: 1,5 Meter  
 Probenahmestelle: Expositionsrohr

| Monat    | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | BayLfU-1 | BayLfU-2 |
|----------|------|-------|-------|----------|----------|
| Jun 95   | 12,8 | 11,7  |       | 12,0     |          |
| Jul 95   | 12,8 | 12,1  | 11,3  | 13,5     | 13,5     |
| Aug 95   | 11,0 | 13,1  | 13,0  | 15,7     | 15,0     |
| Sep 95   | 13,7 | 14,5  | 14,0  | 14,4     | 14,9     |
| Mittel   | 12,6 | 12,9  | 12,8  | 13,9     | 14,5     |
| $\sigma$ | 1,0  | 1,1   | 1,1   | 1,3      | 0,7      |

**Tab. N7b:**  
**Vergleichsmessungen ORSA 5 - Passivsammler**  
 Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Temperaturbezug: 25°C  
 Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig  
 Probenahmehöhe: 1,5 Meter  
 Probenahmestelle: Expositionsrohr

| Monat    | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | BayLfU-1 | BayLfU-2 |
|----------|------|-------|-------|----------|----------|
| Jun 95   | 32,1 | 28,6  |       | 25,2     |          |
| Jul 95   | 30,2 | 28,4  | 28,9  | 26,0     | 26,1     |
| Aug 95   | 26,6 | 31,3  | 31,0  | 31,4     | 30,3     |
| Sep 95   | 36,6 | 41,4  | 42,3  | 37,1     | 39,2     |
| Mittel   | 31,4 | 32,4  | 34,1  | 29,9     | 31,9     |
| $\sigma$ | 3,6  | 5,3   | 5,9   | 4,8      | 5,5      |

**Tab. N8a:**  
**Vergleichsmessungen ORSA 5 - Passivsammler**  
 Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
 Temperaturbezug: 25°C  
 Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig  
 Probenahmehöhe: 1,5 Meter  
 Probenahmestelle: Expositionsrohr

| Monat    | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | LUA-1 | LUA-2 |
|----------|------|-------|-------|-------|-------|
| Jun 95   | 12,8 | 11,7  |       | 13,2  |       |
| Jul 95   | 12,8 | 12,1  | 11,3  | 7,3   | 7,2   |
| Aug 95   | 11,0 | 13,1  | 13,0  | 14,2  | 14,7  |
| Sep 95   | 13,7 | 14,5  | 14,0  | 13,2  | 13,5  |
| Okt 95   | 17,4 | 17,3  | 17,4  | 19,8  | 19,2  |
| Nov 95   | 17,4 | 15,4  | 14,7  | 16,5  | 16,2  |
| Dez 95   | 13,7 | 11,4  | 11,8  | 13,5  | 13,0  |
| Jan 96   | 12,8 | 10,9  | 11,5  | 13,7  | 14,6  |
| Feb 96   | 13,7 | 9,1   | 12,2  | 14,7  | 15,0  |
| Mär 96   | 11,9 | 9,8   |       |       | 12,7  |
| Apr 96   | 13,7 | 15,0  | 14,7  | 15,7  | 16,3  |
| Mai 96   | 12,8 | 12,8  |       |       | 14,2  |
| Jun 96   | 11,9 | 14,1  | 14,1  | 15,4  | 14,7  |
| Jul 96   | 11,0 | 11,9  | 12,0  | 12,0  | 12,1  |
| Aug 96   | 11,9 | 12,2  | 12,5  |       |       |
| Sep 96   | 12,8 | 11,3  | 11,5  | 12,1  | 12,2  |
| Okt 96   | 17,4 | 16,2  | 15,4  | 15,5  | 14,9  |
| Nov 96   | 16,3 | 13,5  | 13,3  | 12,5  | 12,3  |
| Dez 96   | 14,7 | 13,5  | 13,6  | 13,9  | 13,3  |
| Mittel   | 13,7 | 12,9  | 13,3  | 14,0  | 13,9  |
| $\sigma$ | 2,0  | 2,1   | 1,6   | 2,5   | 2,4   |

**Tab. N8b:**  
**Vergleichsmessungen ORSA 5 - Passivsammler**  
**Toluol, Angaben in µg/m³**  
**Temperaturbezug: 25°C**  
**Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig**  
**Probenahmehöhe: 1,5 Meter**  
**Probenahmestelle: Expositionsrohr**

| Monat  | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | LUA-1 | LUA-2 |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| Jun 95 | 32,1 | 29,9  |       | 32,0  |       |
| Jul 95 | 30,2 | 28,4  | 28,9  | 16,3  | 16,0  |
| Aug 95 | 26,6 | 31,3  | 31,0  | 33,1  | 32,5  |
| Sep 95 | 36,6 | 41,1  | 42,3  | 35,1  | 35,7  |
| Okt 95 | 45,8 | 46,0  | 47,1  | 52,2  | 48,1  |
| Nov 95 | 45,8 | 38,8  | 37,6  | 41,7  | 41,0  |
| Dez 95 | 34,8 | 29,2  | 31,6  | 58,1  | 37,1  |
| Jan 96 | 31,1 | 27,3  | 27,5  | 33,9  | 31,8  |
| Feb 96 | 35,7 | 23,0  | 29,5  | 36,5  | 37,3  |
| Mär 96 | 29,2 | 24,6  |       | 30,4  |       |
| Apr 96 | 34,8 | 37,4  | 37,4  | 34,9  | 32,8  |
| Mai 96 | 33,9 | 32,1  |       | 36,5  |       |
| Jun 96 | 32,0 | 38,2  | 39,3  | 36,8  | 38,6  |
| Jul 96 | 29,3 | 31,7  | 31,9  | 31,3  | 31,0  |
| Aug 96 | 31,1 | 32,0  | 33,3  |       |       |
| Sep 96 | 30,2 | 29,3  | 31,7  | 29,1  | 28,3  |
| Okt 96 | 47,6 | 47,1  | 44,0  | 40,4  | 42,2  |
| Nov 96 | 43,7 | 36,4  | 35,6  | 32,0  | 31,8  |
| Dez 96 | 35,8 | 33,9  | 34,4  | 32,7  | 51,4  |
| Mittel | 35,1 | 33,6  | 35,2  | 35,7  | 35,7  |
| σ      | 6,1  | 6,4   | 5,5   | 8,7   | 8,2   |

**Tab. N9a:**  
**Vergleichsmessungen ORSA 5 - Passivsammler**  
**Benzol, Angaben in µg/m³; Temperaturbezug: 25°C**  
**Meßstelle: Frankfurt-Innenstadt**  
**Probenahmehöhe: 1,5 Meter**  
**Probenahmestelle: Expositionsrohr**

| Monat  | GC   | UBA-1 | UBA-2 | NLÖ |
|--------|------|-------|-------|-----|
| Sep 95 | 8,5  | 8     | 7     | 7   |
| Okt 95 |      | 11    | 10    | 9   |
| Nov 95 | 8,7  | 7     | 8     | 8   |
| Dez 95 | 9,8  | 8     | 9     |     |
| Jan 96 | 18,9 | 20    | 22    | 18  |
| Feb 96 | 6,9  | 8     | 10    | 7   |
| Mär 96 | 6,7  | 9     | 10    | 7   |
| Apr 96 | 6,7  | 10    | 11    | 9   |
| Mai 96 | 5,2  | 6     | 6     |     |
| Jun 96 | 6,7  | 6     | 7     | 6   |
| Jul 96 | 5,7  | 7     | 7     | 6   |
| Aug 96 | 5,8  | 7     | 7     | 5   |
| Sep 96 | 6,9  | 8     | 7     | 7   |
| Mittel | 8,0  | 8,8   | 9,3   | 8,0 |
| σ      | 3,5  | 3,5   | 4,0   | 3,3 |

**Tab. N9b:**

**Vergleichsmessungen ORSA 5 - Passivsammler**

**Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ; Temperaturbezug: 25°C**

**Meßstelle: Frankfurt-Innenstadt**

**Probenahmehöhe: 1,5 Meter**

**Probenahmestelle: Expositionsrohr**

| Monat                      | GC   | UBA-1 | UBA-2 | NLÖ  |
|----------------------------|------|-------|-------|------|
| Sep 95                     | 30,7 | 27    | 27    | 22   |
| Okt 95                     | 24,8 | 30    | 31    | 30   |
| Nov 95                     | 22,0 | 19    | 21    | 22   |
| Dez 95                     | 25,1 | 19    | 23    |      |
| Jan 96                     | 48,7 | 54    | 62    | 53   |
| Feb 96                     | 23,7 | 27    | 30    | 23   |
| Mär 96                     | 17,0 | 28    | 29    | 23   |
| Apr 96                     | 20,2 | 34    | 36    | 30   |
| Mai 96                     | 13,0 | 22    | 22    |      |
| Jun 96                     | 21,9 | 21    | 23    | 24   |
| Jul 96                     | 18,1 | 22    | 27    | 22   |
| Aug 96                     | 19,8 | 22    | 25    | 19   |
| Sep 96                     | 24,3 | 28    | 25    | 27   |
| <b>Mittel</b>              | 23,8 | 27,2  | 29,3  | 26,7 |
| <b><math>\sigma</math></b> | 8,3  | 8,9   | 10,3  | 8,8  |

**Tab. N10:**

**Vergleichsmessungen Passivsammler**

**Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$**

**Temperaturbezug: 25°C**

**Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig**

**Probenahmehöhe: 1,5 Meter**

**Probenahmestelle: Expositionsrohr**

| Monat                      | GC   | NLÖ  | LUA  | UMEG | UMEG-ORSA | BayLfU |
|----------------------------|------|------|------|------|-----------|--------|
| Jun 95                     | 12,8 | 11,7 | 13,2 | 17,2 |           | 12,0   |
| Jul 95                     | 12,8 | 12,1 | 7,3  | 11,9 |           | 13,5   |
| Aug 95                     | 11,0 | 13,1 | 14,2 | 13,8 |           | 15,0   |
| Sep 95                     | 13,7 | 14,0 | 13,5 | 16,3 |           | 14,4   |
| Okt 95                     | 17,4 | 17,4 | 19,2 | 17,6 |           |        |
| Nov 95                     | 17,4 | 15,4 | 16,5 | 18,0 | 12,9      |        |
| Dez 95                     | 13,7 | 11,8 | 13,0 | 18,3 | 12,7      |        |
| Jan 96                     | 12,8 | 11,5 | 13,7 | 15,0 | 11,4      |        |
| Feb 96                     | 13,7 | 12,2 | 14,7 | 10,1 |           |        |
| Mär 96                     | 11,9 | 9,8  | 12,7 | 16,0 | 12        |        |
| Apr 96                     | 13,7 | 14,7 | 15,7 |      | 13        |        |
| Mai 96                     | 12,8 | 12,8 | 14,2 | 19,0 |           |        |
| Jun 96                     | 11,9 | 14,1 | 14,7 |      |           |        |
| Jul 96                     | 11,0 | 11,9 | 12   |      | 13        |        |
| Aug 96                     | 11,9 | 12,2 |      |      |           |        |
| Sep 96                     | 12,8 | 11,5 | 12,1 |      | 12        |        |
| Okt 96                     | 17,4 | 16,2 | 15,5 |      | 16        |        |
| Nov 96                     | 16,3 | 13,5 | 12,5 |      | 14        |        |
| Dez 96                     | 14,7 | 13,5 | 13,9 |      | 15        |        |
| <b>Mittel</b>              | 13,7 | 13,1 | 13,8 | 15,7 | 13,2      | 13,7   |
| <b><math>\sigma</math></b> | 2,0  | 1,8  | 2,3  | 2,7  | 1,4       | 1,1    |



Dez. 53/Dez. 65/MOBA0495 - 15.04.1995

## 5. Anhang 95/04: Die Ermittlung der Benzolbelastung in Straßenschluchten mit aktiven und passiven Meßmethoden

### 5.1 Einleitung

Benzol gehört zu den wichtigsten krebserregenden Luftschadstoffen. Da schon geringste Benzolkonzentrationen Krebserkrankungen auslösen können, ist es nicht sinnvoll, Grenzwerte zu definieren. Die Umweltministerkonferenz hat sich 1991 auf einen Ziel- bzw. Orientierungswert von nicht mehr als  $2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Benzol als Jahresmittelwert verständigt. Die Überlegungen, die zur Festlegung dieses Wertes führten, wurden in der Studie "Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen" ausführlich diskutiert (siehe auch Anhang LÜN-Monatsbericht Oktober 1993).

Zur Bestimmung von Schadstoffkonzentrationen in der Außenluft wird dieser in der Regel eine definierte Menge entnommen und analysiert. Diese Probenahme kann auf aktive Weise unter zur Hilfenahme einer Pumpe oder durch passive Weise unter Nutzung von physikalischen Prozessen wie Diffusion, Permeation, Sedimentation etc. geschehen. Für die Zwecke eines automatisierten Meßnetzes, in dem die Schadstoffkonzentrationen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben als Halbstundenmittelwerte zu bestimmen sind, können nur Meßvorrichtungen mit aktiver Probenahme zum Einsatz kommen. Es existieren aber auch viele Fragestellungen, bei denen eine geringere Zeitauflösung (Woche, Monat) ausreicht und keine on-line Erfassung notwendig ist. Hier können die wesentlich kostengünstigeren Passivsammelsysteme mit einer anschließenden Auswertung im Labor eingesetzt werden. Neben der Messung des Staubniederschlages und seiner Inhaltsstoffe (siehe LÜN-Monatsberichte April 1991, November 1994) wurden und werden im LÜN Passivsammler für die gasförmigen Komponenten Schwefeldioxid (Monatsberichte Juni 1991, August 1991), Ammoniak (Monatsbericht November 1994) und BTX (Monatsberichte Februar 1992, März 1993) eingesetzt. Die im angelsächsischen Raum weit verbreitete Stickstoffdioxidbestimmung mittels Palmes-Röhrchen wird im NLO zur Zeit erprobt.

In den Anhängen der LÜN-Monatsberichte Februar 1992 und März 1993 wurde ausführlich über den Einsatz von Diffusionssammelsystemen zur flächenhaften BTX-Überwachung (BTX: Benzol, Toluol, Xylole) in Niedersachsen berichtet. Inzwischen liegen die Erfahrungen von vier Jahren vor; die vollständigen Ergebnisse wurden und werden jeweils in den LÜN-Jahresberichten seit 1991 dargestellt.

Ein besonderes Schwergewicht wurde in den letzten Jahren auf die Bestimmung der BTX-Belastung in starkbefahrenen Straßenschluchten gelegt. Hierzu werden im LÜN seit 1989 kontinuierlich messende Prozeßgaschromatographen eingesetzt. Auch hierüber wurde in diversen Anhängen der LÜN-Monatsberichte (November 1989, Januar 1993, Juli 1994, August 1994) berichtet. Inzwischen werden in vier Straßenverkehrsstationen in Straßenschluchten die BTX-Belastungen sowohl mit kontinuierlichen Messungen als auch mit Passivsammlern erfaßt:

- Hannover, Göttinger Straße - HRVS
- Hannover, Sallstraße - HRVT
- Braunschweig, Bohlweg - BGVS
- Osnabrück, An der Petersburg - OKVS

Eine zusammenfassende Darstellung der mit der Charakterisierung der Luftschadstoffe in Straßenschluchten zusammenhängenden Probleme und der seit 1989 erzielten Ergebnisse enthält unsere Broschüre "Luftschadstoffbelastung in Straßenschluchten", die Anfang 1994 erschienen ist.

In diesem Beitrag werden die bisher gewonnenen Ergebnisse beim Vergleich zwischen aktiver Messung mittels Gaschromatographen und passiver Messung mittels ORSA 5-Diffusionssammlern der Firma Dräger, Lübeck gegenübergestellt. Es wird diskutiert, unter welchen Randbedingungen die Ermittlung eines Jahresmittelwertes mit Passivsammlern möglich ist.

## 5.2 BTX-Bestimmung mit ORSA 5-Diffusionssammlern

Diffusionsammler werden im Bereich des Arbeitsschutzes seit langer Zeit als personenbezogene Überwachungssysteme, eingesetzt. Hierbei spielen aber im wesentlichen Expositionszeiten von einer Schichtlänge (ca. 8 Stunden) eine Rolle. Überall dort, wo es Schwierigkeiten macht, aufwendige Systeme unter zur Hilfenahme von Pumpen einzusetzen, besteht daher das Bedürfnis, Diffusionssysteme auch zu einer Überwachung für längere Zeiträume einzusetzen. Solche Ansätze sind z.B. gemacht worden zur Überwachung von Innenräumen in der Nähe von Chemischen Reinigungen. Mittels Diffusionssammelsystemen wird hier ein 7-Tage-Mittelwert zur Beurteilung herangezogen. Für BTX-Aromaten, für die vom Wirkungsprofil her eine Langzeitüberwachung sinnvoll ist, stellt sich die Frage, ob unter den Randbedingungen eines Diffusionssystems mit Einflußparametern wie meteorologische Bedingungen, Anströmung u.a. eine Langzeitüberwachung im Meßnetzbetrieb möglich ist.

### 5.2.1 Randbedingungen der Probenahme

Während der Jahre 1991/92 wurden von BCR in Mol (Belgien) mehrere Ringversuche durchgeführt, um Probenahme- und Analysenmethoden im Bereich des Arbeitsschutzes nach den neuen CEN-Regularien zu überprüfen. Bei den ersten Ringversuchen zeigten ORSA-5-Diffusionssammler signifikante Minderbefunde. Nach intensiver Diskussion der Ergebnisse im Rahmen der beteiligten 30 europäischen Laboratorien wurden zusätzliche Ringversuche durchgeführt, um die Durchführungsbedingungen näher zu präzisieren. Bei diesen Untersuchungen stellte sich heraus, daß die bis dahin angegebene Mindestanströmgeschwindigkeit für den ORSA-Sammler von etwa 1 cm/sec nicht ausreichend ist. Die Auswertung der zusätzlichen Ringversuche in Mol (Belgien) ergab eine Mindestanströmgeschwindigkeit von etwa 10 cm/sec. Die unter diesen geänderten Rahmenbedingungen anschließend durchgeführten Ringversuche zeigten dann zufriedenstellende Ergebnisse im Vergleich von aktiver und passiver Probenahme. Die Ringversuchskonzentrationen lagen jedoch mit Blick auf den Einsatz in Bereichen des Arbeitsschutzes für Benzol bei ca. 0,5 mg/m<sup>3</sup> und bei Toluol bei ca. 30 mg/m<sup>3</sup>.

Die Diffusionssammelsysteme werden in den LÜN-Stationen im Probenahmekopf der Luftansaugung für die Gasprobenahme untergebracht, um sie vor Wettereinflüssen zu schützen und um durch die Probenahme auch eine Mindestanströmgeschwindigkeit sicherzustellen. Unter den Randbedingungen der LÜN-Probenahme ergibt sich rechnerisch eine Anströmgeschwindigkeit von 10 cm/sec. Dieser Wert liegt im Bereich der nunmehr neu festgelegten Mindestluftgeschwindigkeiten für die Probenahme und damit ist davon auszugehen, daß die Systeme, wie in den BCR-Ringversuchen festgestellt, korrekt arbeiten.

Darüber hinaus wurden zur Absicherung der absoluten Werte, die bei der Immissionsbelastung um mindestens eine Zehnerpotenz unterhalb der in den Ringversuchen verwendeten Konzentrationen liegen, die Ergebnisse der automatischen Messungen mit GC in den Verkehrsstationen mit den Ergebnissen der ORSA 5-Röhrchen verglichen. Auch hier ergeben sich Übereinstimmungen, die es gestatten, die mit den ORSA 5-Röhrchen ermittelten Monatsmittelwerte als korrekt zu bezeichnen.

### 5.2.2 Temperaturbezug

Die Berechnung der Benzolkonzentrationen in der Außenluft ( $c_B$  in µg/m<sup>3</sup>) erfolgt gemäß dem 1. Fick'schen Gesetz nach folgender Formel:

$$c_B = m_B \cdot L_O / T \cdot F_O \cdot D_B$$

$m_B$  = an der Aktivkohle des ORSA-Röhrchens absorbierte Masse an Benzol in µg  
 $L_O$  = Diffusionsstrecke des ORSA-Röhrchens vom Einlaß bis zur Aktivkohle in m  
 $F_O$  = Diffusionsquerschnittsfläche des ORSA-Röhrchens in m<sup>2</sup>  
 $T$  = Dauer der Expositionszeit (Probenahme) in Stunden  
 $D_B$  = Diffusionskoeffizient für Benzol: 0,031 m<sup>2</sup>/h

Man geht davon aus, daß die Aktivkohle im Diffusionssammler die organischen Gase sofort und vollständig absorbiert. Die geometrischen Größen des ORSA 5-Röhrchens werden vom Hersteller vorgegeben und von uns nicht überprüft.

Die Meßergebnisse der aktiven Messungen werden, wie für die Messungen der Immissionskenngrößen in der 4. BImSchVwV generell festgelegt, auf Normbedingungen (273 K, 101,3 kPa) bezogen. Bei der Auswertung der Passivsammler wird von einer mittleren Umgebungstemperatur von 298 K ausgegangen. Eine Umrechnung auf 273 K erhöht die Werte der Passivmessung um etwa 9 %.

### 5.3 Qualitätssichernde Maßnahmen

In den LÜN-Meßstationen werden drei verschiedene Typen von Gaschromatographen für die kontinuierlichen BTX-Messungen eingesetzt. Die Grundkalibrierung der Prozeßchromatographen A.I.R. Instruments GC 755 (seit 1989), Siemens RGC 202 (seit 1993) und Siemes PGC 102 (seit 1994) erfolgt im Labor mit einem Gasmisch- und Auswertesystem der Firma IMK, Frankfurt. Dabei werden Nullgas und fünf Benzolkonzentrationen zwischen 3 und 40 µg/m<sup>3</sup> in einem automatisierten Verfahren zehnmal hintereinander angeboten (Monatsbericht August 1994). Die Auswertung mit der Berechnung der Kalibrierfunktion erfolgt nach dem RdSch. d. BMU IG/2-5561344/4 vom 09.02.1988 (GMBI 1988, S. 191).

Die in den LÜN-Stationen eingesetzten Gaschromatographen werden ca. alle drei Monate kalibriert. Hierzu wird als Transferstandard eine Gasflasche mit BTX-Prüfgas (je 0,5 vpm Benzol, Toluol, m-Xylol, o-Xylol, p-Xylol, Ethylbenzol) eingesetzt. Die Prüfgaskonzentrationen werden zuvor im Labor überprüft. Nach unseren Erfahrungen sind sie über drei Jahre stabil. Das Prüfgas der Flasche wird mit einer Verdünnungseinheit, wie sie auch für die Stickstoffmonoxid-Kalibrierung eingesetzt wird (Beschreibung siehe Monatsbericht März 1994), zu drei unterschiedlichen Konzentrationen aufbereitet, die den Meßbereich des GC abdecken. Bei diesen Kontrollkalibrierungen werden gleichzeitig Proben auf Niosh-Aktivkohleröhrchen (NIOSH LOT 120, Fa. MTC, Mühlheim) gezogen und im Labor ausgewertet. Dadurch ist gewährleistet, daß die Funktionsfähigkeit der Kalibriereinrichtung vor Ort (Prüfgasflasche und Verdünnungseinheit) durch ein unabhängiges Verfahren überprüft wird. Da die BTX-Meßplätze eine eigene Probenahme besitzen, ist es möglich, das Prüfgas an der Ansaugstelle der Außenluft aufzugeben und so die gesamte Probenahmestrecke bei der Kalibrierung zu berücksichtigen. Etwaige Verschmutzungen oder sonstige Störeffekte in der Probenahmestrecke können so bemerkt und eliminiert werden.

Eine tägliche Funktionskontrolle des BTX-Meßplatzes findet durch eine ortsfeste Kalibriereinrichtung wiederum entsprechend der NO-Kalibrierung statt. Durch die Aufgabe von Nullgas und BTX-Prüfgas wird der ordnungsgemäße Zustand des Gaschromatographen überprüft und dokumentiert.

Die bei der Überprüfung der BTX-Prüfgase im Labor und den Kontrollkalibrierungen vor Ort beaufschlagten Niosh-Aktivkohleröhrchen werden mit dem gleichen Verfahren ausgewertet wie die Passivsammler. Somit sind die Ergebnisse der aktiven Messungen mittels GC und der passiven Messungen mit den Diffusions-sammelsystemen ORSA 5 direkt vergleichbar.

### 5.4 Vergleich der Ergebnisse von aktiver und passiver BTX-Messung

In den Tabellen 1 bis 5 werden die bisher erzielten Ergebnisse von aktiven und passiven BTX-Messungen an fünf verschiedenen Standorten verglichen. Der Vergleich erfolgt auf der Basis von Monatsmittelwerten, da die Passivsammler grundsätzlich über einen Monat exponiert werden. Zusätzlich werden in den Tabellen die Kohlenmonoxidkonzentrationen mit angegeben. Da das CO/Benzol-Verhältnis an einem Meßort in der Regel konstant ist (siehe dazu Monatsbericht August 1993), läßt sich die Plausibilität des Benzolwertes mit Hilfe der CO-Messung überprüfen. Eine weitere Prüfmöglichkeit ergibt sich aus dem an einer Meßstation ebenfalls weitgehend konstanten Verhältnis von Toluol und Benzol. Dieses liegt, wie aus den Tabellen ersichtlich, mit recht geringen Variationen etwa zwischen 2,1 und 2,7. Da Benzol und Toluol jedoch mit dem gleichen Gerät gemessen werden, könnten trotzdem Fehlmessungen, z.B. durch fehlerhafte Kalibrierungen, vorliegen, auch wenn das erwartete Toluol/Benzol-Verhältnis festgestellt wird.

In der Regel werden die Passivsammler in dem Probenahmetopf der Außenluftansaugung in 1,5 m Höhe angebracht. Dadurch ist eine konstante Luftanströmung sichergestellt. Wie in Kap. 5.5 diskutiert wird, ist dies aber nicht zwingend notwendig.

An den vier untersuchten Verkehrsstationen in Straßenschluchten und an einer stark befahrenen Straßenkreuzung in Hildesheim (Station HICC) mit einem mittleren Verkehrsaufkommen von ca. 60.000 Kfz/Tag wurden bis jetzt über folgende Zeiträume Parallelmessungen durchgeführt:

|                     |                                   |                 |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------|
| Hannover, HRVS:     | Oktober 1991 bis April 1995,      | 40 Monatsmittel |
| Hannover, HRVT:     | Januar 1993 bis April 1995,       | 27 Monatsmittel |
| Braunschweig, BGVS: | Oktober 1993 bis April 1995,      | 19 Monatsmittel |
| Osnabrück, OKVS:    | Juni 1994 bis April 1995,         | 8 Monatsmittel  |
| Hildesheim, HICC:   | November 1992 bis September 1993, | 11 Monatsmittel |

Die Ergebnisse sind in den Tab. 1 - 5 dokumentiert. Für alle fünf Versuchreihen kann generell festgestellt werden:

Die mit den verschiedenen Gaschromatographen ermittelten Monatsmittelwerte für Benzol liegen in der Regel etwas höher als die mit den ORSA 5-Passivsammlern gemessenen Werte. Unter Berücksichtigung der Meßgenauigkeiten, der unterschiedlichen Temperaturbezüge und der Fehlergrenzen beim Diffusionskoeffizienten sind die Übereinstimmungen an allen Meßstellen jedoch als ausreichend gut zu bezeichnen. Die Tab. 9 gibt eine Übersicht der Mittelwerte über die Gesamtmeßzeiträume.

Das Toluol/Benzol-Verhältnis liegt an allen Meßstellen zwischen 2,1 bis 2,7. Welchen Einfluß die örtlichen Besonderheiten der Meßstellen wie mittlere Fahrgeschwindigkeit, PKW/LKW-Verhältnis, Parkmöglichkeiten in Stationsnähe (Verdunstung von Benzin) usw. auf dieses Verhältnis haben, müßte noch weiter untersucht werden.

Das Kohlenmonoxid/Benzol-Verhältnis variiert zwischen 170 bis 200. Die Messung der CO-Konzentration erlaubt damit eine recht gute Abschätzung der zu erwartenden BTX-Konzentrationen.



### 5.5 Frei angebrachte Passivsammler

An der Station Braunschweig, BGVS wurden 1994/5 dreizehn Vergleichsmessungen zwischen Passivsammlern, die im Bereich des Probenahmekopfes befestigt waren (ORSA/I) und solchen, die frei außerhalb der Probenahme angebracht waren (ORSA/A), durchgeführt. In der Abb. 1 werden die Ergebnisse der Messungen miteinander verglichen. Die Übereinstimmung ist bei allen Proben sehr gut. Daraus kann man den Schluß ziehen, daß die Passivsammler in Straßenschluchten keine besondere Vorrichtung zur Sicherstellung einer definierten Anströmung benötigen.

### 5.6 Doppelbestimmungen

An der Station Braunschweig, BGVS wurden 1994/95 insgesamt zwölf Doppelbestimmungen mit jeweils zwei parallel exponierten ORSA-Passivsammlern durchgeführt. Die Ergebnisse zeigt Abb. 2. Um die sehr gute Übereinstimmung der beiden Proben zu demonstrieren, wurden in der Abb. 2 bewußt die Nachkommastellen angegeben. Im Rahmen der Meßgenauigkeit wurden bei allen Proben identische Ergebnisse erzielt.

### 5.7 BTX-Hintergrundsbelastung

Die Feststellung der BTX-Hintergrundsbelastung mit ORSA 5-Passivsammlern an Stationen, die der Überwachung der allgemeinen Luftgüte dienen, ist problematisch, da die Konzentrationen hier deutlich geringer sind als an den Kfz-bezogenen Meßstellen. Für Benzol ergibt das Meßverfahren eine Nachweisgrenze von etwa  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  vor. Wie Tab. 6 a zeigt, liegen die Jahresmittelwerte in den größten Städten Niedersachsens 1994 um 2 bis  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und im ländlichen Raum im Bereich der Nachweisgrenze. Aus den Werten der vier jetzt vorliegenden Jahren läßt sich bezüglich der BTX-Aromate (Benzol: Tab. 6 a, Toluol: Tab. 6 b, Xylol: Tab. 6 c) eine abnehmende Tendenz ablesen. Da aber auch die meteorologischen Verhältnisse der einzelnen Jahre einen Einfluß auf die resultierende Belastung haben, sind Trendaussagen auf der Basis so kurzer Meßreihen mit großen Unsicherheiten behaftet.

### 5.8 Höhenabhängige Messungen

In den Straßenschluchten werden die Schadstoffkonzentrationen an den LÜN-Verkehrsstationen in der Einatemhöhe der Menschen von 1,5 Metern gemessen. Um Aussagen über die Konzentrationsprofile machen zu können, wurden und werden auch Messungen in den Höhen 0,5 bis 10 Meter im Rahmen von mehrmonatigen Meßkampagnen durchgeführt. Hierüber haben wir in den LÜN-Monatsberichten mehrfach berichtet (Monatsberichte Februar 1991, November 1991, Dezember 1992, September 1993).

An den Verkehrsstationen Hannover, Sallstraße (HRVT) und Braunschweig, Bohlweg (BGVS) wurden ORSA-Passivsammler sowohl in 1,5 Metern als auch in 3,5 Metern Höhe exponiert. Für HRVT liegen 27 Vergleichsmessungen (Tab. 7) und für BGVS 18 (Tab. 8) vor. In 3,5 Metern Höhe wurde an der Station HRVT eine im Durchschnitt etwa 30% geringere Benzolkonzentration gemessen als in 1,5 Metern Höhe. In BGVS betrug die Konzentrationsabnahme etwa 20%. Die entsprechenden Verhältnisse von Konzentration in 3,5 Metern zu Konzentration in 1,5 Metern für die Schadgase Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid und Stickoxide ( $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2$ ) sind:

| Station | Benzol | CO   | NO   | NO <sub>x</sub> |
|---------|--------|------|------|-----------------|
| HRVT    | 0,72   | 0,75 | 0,61 | 0,68            |
| BGVS    | 0,81   | 0,73 | 0,70 | 0,75            |

An den jeweiligen Meßstellen verhalten sich die drei Komponenten Benzol, Kohlenmonoxid und Stickoxide bezüglich der Konzentrationsabnahme mit der Höhe im Rahmen der Meßgenauigkeit recht ähnlich. Beim Stickstoffmonoxid ist zusätzlich die Umwandlung des NO zum  $\text{NO}_2$ , insbesondere unter dem Einfluß des Ozons, zu beachten.

Auch bei diesen Untersuchungen zeigt sich, daß mit den ORSA-Passivsammlern Ergebnisse erzielt werden, die im Vergleich mit kontinuierlichen Messungen anderer Komponenten wie CO und  $\text{NO}_x$  plausibel sind.

### 5.9 Fazit

Nach dem Entwurf der 23. BImSchV zum §40, Abs. 2 des BImSchG müssen die Straßenverkehrsbehörden prüfen, welche verkehrslenkenden oder verkehrsvermindernden Maßnahmen möglich sind, wenn die Benzolbelastung im Jahresmittel größer als  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (ab 1998:  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ist. Mit Hilfe der ORSA 5-Passivsammler gibt es eine kostengünstige Methode, im Sinne eines Screening-Verfahrens zu prüfen, in welchen örtlichen Bereichen mit einem Erreichen dieser Prüfwerte zu rechnen ist. An den Meßstellen, an denen Jahresmittelwerte für Benzol um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt werden, könnten dann für eine genauere Ermittlung der Benzolbelastung die in den Richtlinien beschriebenen Verfahren eingesetzt werden.



Tab. 1: Verkehrsstation Hannover, Göttinger Straße - HRVS

Monatsmittelwerte für BTX und CO

B: Benzol, T: Toluol, X: m-Xylol in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ CO: Kohlenmonoxid in  $\text{mg}/\text{m}^3$ 

| MONAT    | Gaschromatograph |     |     |     | ORSA 5 |     |     | CO  |      |      |
|----------|------------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|------|------|
|          | B                | T   | X   | T/B | B      | T   | T/B | CO  | CO/B | CO/T |
| Okt 91   | 12               | 24  | 12  | 2,0 | 13     | 32  | 2,5 | 2,4 | 200  | 100  |
| Nov 91   | 12               | 25  | 12  | 2,1 | 11     | 25  | 2,3 | 2,4 | 200  | 96   |
| Dez 91   | 12               | 25  | 12  | 2,1 | 10     | 24  | 2,3 | 2   | 167  | 80   |
| Jan 92   | 12               | 20  | 12  | 1,7 | 12     | 26  | 2,3 | 2,3 | 192  | 115  |
| Feb 92   | 14               | 30  | 17  | 2,1 | 12     | 32  | 2,5 | 2,6 | 186  | 87   |
| Mär 92   | 12               | 31  | 17  | 2,6 | 11     | 26  | 2,4 | 2,5 | 208  | 81   |
| Apr 92   | 11               | 23  | 10  | 2,1 | 10     | 24  | 2,5 | 2,3 | 209  | 100  |
| Mai 92   | 11               | 20  |     | 1,8 | 10     | 22  | 2,3 | 1,8 | 164  | 90   |
| Jun 92   | 9                | 18  | 8   | 2,0 | 8      | 20  | 2,6 | 1,4 | 156  | 78   |
| Jul 92   | 9                | 17  | 6   | 1,9 |        |     |     | 1,4 | 156  | 82   |
| Aug 92   | 9                | 14  | 4   | 1,6 | 11     | 25  | 2,3 | 1,9 | 211  | 136  |
| Sep 92   | 11               | 19  |     | 1,7 | 7      | 16  | 2,2 | 1,9 | 173  | 100  |
| Okt 92   | 14               | 32  | 13  | 2,3 | 14     | 31  | 2,3 | 2,8 | 200  | 88   |
| Nov 92   | 15               | 33  | 19  | 2,2 | 13     | 30  | 2,4 | 2,6 | 173  | 79   |
| Dez 92   | 11               | 24  | 13  | 2,2 | 9      | 21  | 2,3 | 1,9 | 173  | 79   |
| Jan 93   | 13               | 27  | 16  | 2,1 | 10     | 22  | 2,2 | 1,9 | 146  | 70   |
| Feb 93   | 19               | 40  | 18  | 2,1 | 13     | 26  | 2,1 | 3,2 | 168  | 80   |
| Mär 93   | 12               | 28  | 18  | 2,3 | 12     | 26  | 2,3 | 2,1 | 175  | 75   |
| Apr 93   | 8                | 20  | 11  | 2,4 | 8      | 17  | 2,2 | 1,6 | 190  | 78   |
| Mai 93   | 10               | 25  | 13  | 2,5 | 8      | 18  | 2,4 | 1,7 | 170  | 68   |
| Jun 93   | 13               | 26  | 18  | 2,0 | 10     | 24  | 2,3 | 2,1 | 162  | 81   |
| Jul 93   | 12               | 25  | 11  | 2,1 | 10     | 23  | 2,4 | 2   | 167  | 80   |
| Aug 93   | 12               | 30  | 14  | 2,5 |        |     |     | 2,3 | 192  | 77   |
| Sep 93   | 11               | 23  | 9   | 2,1 | 10     | 23  | 2,3 | 2,2 | 200  | 96   |
| Okt 93   | 14               | 28  | 14  | 2,0 | 10     | 24  | 2,3 | 2,4 | 171  | 86   |
| Nov 93   | 14               | 26  | 11  | 1,9 | 10     | 17  | 1,8 | 2,2 | 157  | 85   |
| Dez 93   | 13               | 27  | 11  | 2,1 | 10     | 20  | 2,0 | 2,2 | 169  | 81   |
| Jan 94   | 12               | 27  | 11  | 2,3 | 8      | 20  | 2,4 | 2,3 | 192  | 85   |
| Feb 94   | 14               | 26  | 9   | 1,9 | 10     | 19  | 2,0 | 2,2 | 157  | 85   |
| Mär 94   | 14               | 28  | 12  | 2,0 | 8      | 20  | 2,4 | 2,4 | 171  | 86   |
| Apr 94   | 12               | 25  | 11  | 2,1 | 8      | 20  | 2,6 | 2,1 | 175  | 84   |
| Mai 94   | 11               | 25  | 11  | 2,3 | 7      | 15  | 2,3 | 2   | 182  | 80   |
| Jun 94   | 13               | 26  | 12  | 2,0 | 12     | 23  | 1,9 | 2,1 | 162  | 81   |
| Jul 94   | 9                | 20  | 6   | 2,2 | 8      | 18  | 2,3 | 1,5 | 167  | 75   |
| Aug 94   | 11               | 26  | 8   | 2,4 |        |     |     | 1,7 | 155  | 65   |
| Sep 94   | 12               | 31  | 11  | 2,6 | 9      | 23  | 2,7 | 2   | 167  | 65   |
| Okt 94   | 12               | 27  | 10  | 2,3 | 8      | 19  | 2,4 | 2,2 | 183  | 81   |
| Nov 94   | 12               | 25  | 11  | 2,1 | 8      | 19  | 2,4 | 2,1 | 175  | 84   |
| Dez 94   | 10               | 22  | 7   | 2,2 | 7      | 17  | 2,4 | 1,7 | 170  | 77   |
| Jan 95   | 10               | 22  | 8   | 2,2 | 7      | 15  | 2,1 | 1,7 | 170  | 77   |
| Feb 95   | 10               | 24  | 11  | 2,4 | 8      | 17  | 2,1 | 2,1 | 210  | 88   |
| Mär 95   | 10               | 21  | 12  | 2,1 | 7      | 16  | 2,3 | 1,9 | 190  | 90   |
| Apr 95   | 8                | 19  | 9   | 2,4 | 6      | 16  | 2,7 | 1,6 | 200  | 84   |
| Mittel   | 12               | 25  | 12  | 2,1 | 9      | 22  | 2,3 | 2,1 | 178  | 85   |
| $\sigma$ | 2,0              | 4,7 | 3,4 | 0,2 | 1,9    | 4,5 | 0,2 | 0,4 | 17,1 | 12,3 |

Tab. 2: Verkehrsstation Hannover, Sallstraße - HRVT

Monatsmittelwerte für BTX und CO

B: Benzol, T: Toluol, X: m-Xylol in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ CO: Kohlenmonoxid in  $\text{mg}/\text{m}^3$ 

| MONAT    | Gaschromatograph |     |     |     | ORSA 5 |     |     | CO  |      |      |
|----------|------------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|------|------|
|          | B                | T   | X   | T/B | B      | T   | T/B | CO  | CO/B | CO/T |
| Jan 93   | 13               | 29  | 11  | 2,2 | 13     | 31  | 2,5 | 2,4 | 185  | 83   |
| Feb 93   | 22               | 41  | 14  | 1,9 | 16     | 36  | 2,3 | 3,5 | 159  | 85   |
| Mär 93   | 12               | 21  | 8   | 1,8 |        |     |     | 2   | 167  | 95   |
| Apr 93   | 12               | 29  | 11  | 2,4 | 10     | 47  | 4,9 | 2,2 | 183  | 76   |
| Mai 93   | 11               | 28  | 9   | 2,5 | 8      | 18  | 2,4 | 1,8 | 164  | 64   |
| Jun 93   | 12               | 30  | 9   | 2,5 | 9      | 23  | 2,6 | 1,9 | 158  | 63   |
| Jul 93   | 13               | 34  | 11  | 2,6 | 10     | 26  | 2,6 | 2,2 | 169  | 65   |
| Aug 93   | 15               | 37  | 13  | 2,5 | 12     | 30  | 2,6 | 2,9 | 193  | 78   |
| Sep 93   | 13               | 34  | 10  | 2,6 | 12     | 28  | 2,4 | 2,2 | 169  | 65   |
| Okt 93   | 14               | 33  | 9   | 2,4 | 11     | 25  | 2,3 | 2,2 | 157  | 67   |
| Nov 93   | 12               | 23  | 7   | 1,9 | 11     | 24  | 2,2 | 1,9 | 158  | 83   |
| Dez 93   | 12               | 28  | 9   | 2,3 | 11     | 24  | 2,2 | 2,3 | 192  | 82   |
| Jan 94   | 11               | 27  | 8   | 2,5 | 9      | 24  | 2,6 | 2,1 | 191  | 78   |
| Feb 94   | 12               | 26  | 9   | 2,2 | 10     | 23  | 2,2 | 2,1 | 175  | 81   |
| Mär 94   | 14               | 34  | 10  | 2,4 | 11     | 27  | 2,5 | 2,4 | 171  | 71   |
| Apr 94   | 11               | 29  | 8   | 2,6 | 10     | 24  | 2,3 | 2   | 182  | 69   |
| Mai 94   | 11               | 24  | 8   | 2,2 | 9      | 23  | 2,6 | 2,1 | 191  | 88   |
| Jun 94   | 10               | 23  | 9   | 2,3 | 9      | 25  | 2,7 | 2,2 | 220  | 96   |
| Jul 94   | 7                | 20  | 7   | 2,9 | 8      | 21  | 2,6 | 1,5 | 214  | 75   |
| Aug 94   | 9                | 22  | 7   | 2,4 | 8      | 22  | 2,6 | 2   | 222  | 91   |
| Sep 94   | 12               | 31  | 11  | 2,6 | 9      | 26  | 2,9 | 2,4 | 200  | 77   |
| Okt 94   | 10               | 26  | 8   | 2,6 | 10     | 27  | 2,7 | 2,6 | 260  | 100  |
| Nov 94   | 11               | 27  | 10  | 2,5 | 11     | 25  | 2,3 | 2,6 | 236  | 96   |
| Dez 94   | 10               | 25  | 10  | 2,5 | 10     | 24  | 2,5 | 2,4 | 240  | 96   |
| Jan 95   | 10               | 26  | 10  | 2,6 | 9      | 23  | 2,6 | 2,5 | 250  | 96   |
| Feb 95   | 9                | 25  | 10  | 2,8 | 8      | 24  | 3,0 | 2,4 | 267  | 96   |
| Mär 95   | 9                | 26  | 10  | 2,9 | 9      | 22  | 2,4 | 2,2 | 244  | 85   |
| Apr 95   | 7                | 21  | 8   | 3,0 | 8      | 21  | 2,6 | 2   | 286  | 95   |
| Mittel   | 12               | 28  | 9   | 2,4 | 10     | 26  | 2,6 | 2,3 | 200  | 82   |
| $\sigma$ | 2,8              | 5,0 | 1,7 | 0,3 | 1,7    | 5,5 | 0,5 | 0,4 | 36,7 | 11,5 |

Tab. 3: Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg - BGVS

Monatsmittelwerte für BTX und CO

B: Benzol, T: Toluol, X: m-Xylol in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ CO: Kohlenmonoxid in  $\text{mg}/\text{m}^3$ 

| MONAT    | Gaschromatograph |     |     |     | ORSA 5 |     |     | CO  |      |      |
|----------|------------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|------|------|
|          | B                | T   | X   | T/B | B      | T   | T/B | CO  | CO/B | CO/T |
| Okt 93   | 17               | 53  | 16  | 3,1 | 17     | 40  | 2,3 | 3,5 | 206  | 66   |
| Nov 93   | 22               | 42  | 14  | 1,9 | 17     | 37  | 2,1 | 3,7 | 168  | 88   |
| Dez 93   | 23               | 54  | 14  | 2,3 | 19     | 43  | 2,2 | 4   | 174  | 74   |
| Jan 94   | 19               | 48  | 16  | 2,5 | 15     | 36  | 2,4 | 3,7 | 195  | 77   |
| Feb 94   | 18               | 47  | 14  | 2,6 | 18     | 42  | 2,3 | 3,6 | 200  | 77   |
| Mär 94   | 17               | 39  | 13  | 2,3 | 14     | 36  | 2,5 | 3,3 | 194  | 85   |
| Apr 94   | 16               | 41  | 14  | 2,6 | 14     | 36  | 2,5 | 3,1 | 194  | 76   |
| Mai 94   | 13               | 31  | 7   | 2,4 | 12     | 30  | 2,6 | 2,6 | 200  | 84   |
| Jun 94   | 14               | 39  | 16  | 2,8 | 14     | 35  | 2,5 | 2,8 | 200  | 72   |
| Jul 94   | 15               | 41  | 16  | 2,7 | 13     | 33  | 2,5 | 2,6 | 173  | 63   |
| Aug 94   | 13               | 33  | 12  | 2,5 | 14     | 35  | 2,5 | 2,6 | 200  | 79   |
| Sep 94   | 18               | 46  | 22  | 2,6 | 15     | 39  | 2,6 | 3,7 | 206  | 80   |
| Okt 94   | 19               | 47  | 32  | 2,5 | 16     | 43  | 2,6 | 3,6 | 189  | 77   |
| Nov 94   | 17               | 33  | 21  | 1,9 | 13     | 31  | 2,3 | 3,2 | 188  | 97   |
| Dez 94   | 20               | 48  | 32  | 2,4 | 16     | 41  | 2,5 | 3,6 | 180  | 75   |
| Jan 95   | 18               | 43  | 29  | 2,4 | 14     | 33  | 2,4 | 3,3 | 183  | 77   |
| Feb 95   | 17               | 41  | 28  | 2,4 | 13     | 30  | 2,3 | 3,5 | 206  | 85   |
| Mär 95   | 14               | 34  | 23  | 2,4 | 11     | 26  | 2,4 | 2,7 | 193  | 79   |
| Apr 95   | 13               | 33  | 21  | 2,5 | 10     | 23  | 2,3 | 2,4 | 185  | 73   |
| Mittel   | 17               | 42  | 19  | 2,5 | 15     | 35  | 2,4 | 3,2 | 191  | 78   |
| $\sigma$ | 2,8              | 6,7 | 6,9 | 0,3 | 2,3    | 5,4 | 0,1 | 0,5 | 11,2 | 7,5  |

Tab. 4: Verkehrsstation Osnabrück, An der Petersburg - OKVS

Monatsmittelwerte für BTX und CO

B: Benzol, T: Toluol, X: m-Xylol in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ CO: Kohlenmonoxid in  $\text{mg}/\text{m}^3$ 

| MONAT    | Gaschromatograph |     |     |     | ORSA 5 |     |     | CO  |      |      |
|----------|------------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|------|------|
|          | B                | T   | X   | T/B | B      | T   | T/B | CO  | CO/B | CO/T |
| Jun 94   | 7                | 19  | 6   | 2,7 | 5      | 16  | 3,2 | 1,5 | 214  | 79   |
| Jul 94   | 6                | 15  | 10  | 2,5 | 5      | 14  | 2,8 | 1,2 | 200  | 80   |
| Aug 94   | 4                | 11  | 8   | 2,8 | 3      | 9   | 2,6 | 0,8 | 200  | 73   |
| Sep 94   | 8                | 22  | 19  | 2,8 | 6      | 19  | 3,0 | 1,8 | 225  | 82   |
| Okt 94   | 9                | 25  | 21  | 2,8 | 8      | 22  | 2,9 | 2   | 222  | 80   |
| Nov 94   | 10               | 28  | 25  | 2,8 | 7      | 19  | 2,9 | 1,9 | 190  | 68   |
| Dez 94   | 8                | 21  | 15  | 2,6 | 6      | 18  | 2,8 | 1,7 | 213  | 81   |
| Jan 95   | 7                | 19  | 14  | 2,7 |        |     |     | 2   | 286  | 105  |
| Feb 95   | 6                | 18  | 8   | 3,0 |        |     |     | 1,8 | 300  | 100  |
| Mär 95   | 5                | 14  | 7   | 2,8 | 5      | 13  | 2,6 | 1,4 | 280  | 100  |
| Apr 95   | 4                | 13  | 4   | 3,3 |        |     |     | 1,1 | 275  | 85   |
| Mittel   | 7                | 19  | 12  | 2,8 | 6      | 16  | 2,8 | 1,6 | 237  | 85   |
| $\sigma$ | 1,9              | 5,0 | 6,5 | 0,2 | 1,3    | 4,0 | 0,2 | 0,4 | 38,2 | 11,4 |

Tab. 5: Verkehrsstation Hildesheim, An der Feuerwache - HICC

Monatsmittelwerte für BTX und CO

B: Benzol, T: Toluol, X: m-Xylol in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ CO: Kohlenmonoxid in  $\text{mg}/\text{m}^3$ 

| MONAT    | Gaschromatograph |     |     |     | ORSA 5 |     |     | CO  |      |      |
|----------|------------------|-----|-----|-----|--------|-----|-----|-----|------|------|
|          | B                | T   | X   | T/B | B      | T   | T/B | CO  | CO/B | CO/T |
| Nov 92   | 10               | 21  | 9   | 2,1 | 7      | 19  | 2,7 | 1,5 | 150  | 71   |
| Dez 92   | 10               | 19  | 7   | 1,9 | 7      | 16  | 2,2 | 1,3 | 130  | 68   |
| Jan 93   | 8                | 16  | 5   | 2,0 | 7      | 16  | 2,4 | 1,5 | 188  | 94   |
| Feb 93   | 12               | 22  | 7   | 1,8 | 10     | 18  | 1,8 | 1,9 | 158  | 86   |
| Mär 93   | 7                | 14  | 2   | 2,0 | 7      | 14  | 2,0 | 1,4 | 200  | 100  |
| Apr 93   | 5                | 11  | 3   | 2,2 | 6      | 11  | 1,9 | 0,9 | 180  | 82   |
| Mai 93   | 4                | 10  | 3   | 2,5 | 5      | 10  | 2,1 | 0,8 | 200  | 80   |
| Jun 93   | 4                | 9   | 2   | 2,3 | 4      | 10  | 2,4 | 0,8 | 200  | 89   |
| Jul 93   | 6                | 13  | 3   | 2,2 | 7      | 10  | 1,5 | 1,1 | 183  | 85   |
| Aug 93   | 8                | 17  | 3   | 2,1 | 5      | 13  | 2,4 | 1,4 | 175  | 82   |
| Sep 93   | 7                | 18  | 4   | 2,6 | 6      | 11  | 2,0 | 1,3 | 186  | 72   |
| Mittel   | 7                | 15  | 4   | 2,1 | 6      | 13  | 2,1 | 1,3 | 177  | 83   |
| $\sigma$ | 2,5              | 4,2 | 2,2 | 0,2 | 1,5    | 3,1 | 0,3 | 0,3 | 21,6 | 9,2  |

Tab. 6 a: Benzol-Hintergrundsbelastung in Niedersachsen  
Jahresmittelwerte 1991 - 1994  
ORSA 5-Diffusionssammler, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

| LÜN-Stationen | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|---------------|------|------|------|------|
| Hannover      | 4    | 3,4  | 3,7  | 2,7  |
| Braunschweig  | 4,8  | 3,5  | 3,4  | 2,7  |
| Göttingen     | 3,7  | 2,5  | 2,9  | 2,2  |
| Osnabrück     | 3,1  | 2,4  | 2,7  | 2,1  |
| Solling       | 3,1  | 2,2  | 2,1  | -    |

Tab. 6 b: Toluol-Hintergrundsbelastung in Niedersachsen  
Jahresmittelwerte 1991 - 1994  
ORSA 5-Diffusionssammler, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

| LÜN-Stationen | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|---------------|------|------|------|------|
| Hannover      | 7,4  | 6,5  | 6,2  | 5,3  |
| Braunschweig  | 7,7  | 4,5  | 6,3  | 4,7  |
| Göttingen     | 5,4  | 4,1  | 4    | 3,3  |
| Osnabrück     | 3,5  | 3,8  | 3,8  | 3,1  |
| Solling       | 3,5  | 3,2  | 3,1  | -    |

Tab. 6 c: Xylol-Hintergrundsbelastung in Niedersachsen  
Jahresmittelwerte 1991 - 1994  
ORSA 5-Diffusionssammler, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

| LÜN-Stationen | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 |
|---------------|------|------|------|------|
| Hannover      | 3,9  | 4,2  | 4,8  | 4,7  |
| Braunschweig  | 5,6  | 3,2  | 5,6  | 4,5  |
| Göttingen     | 3,7  | 3    | 3,7  | 3,1  |
| Osnabrück     | 3,1  | 3,1  | 3    | 3    |
| Solling       | 3    | 4,6  | 3    | -    |



**Tab. 7: Verkehrsstation Hannover, Sallstraße - HRVT**  
Höhenabhängige Messungen mit ORSA 5-Passivsammlern  
Monatsmittelwerte BTX  
B: Benzol, T: Toluol, X: Xylol in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
Meßhöhen: 1,5 und 3,5 Meter

| MONAT    | ORSA/1,5m Höhe |      |      | ORSA/3,5m Höhe |      |      | ORSA 3,5/1,5 |           |           |
|----------|----------------|------|------|----------------|------|------|--------------|-----------|-----------|
|          | B              | T    | X    | B              | T    | X    | B 3,5/1,5    | T 3,5/1,5 | X 3,5/1,5 |
| Jan 93   | 12,6           | 30,9 | 32   | 7,9            | 19,2 | 22,5 | 0,63         | 0,62      | 0,70      |
| Feb 93   | 15,8           | 35,8 | 39,7 | 12,9           | 26,7 | 28,9 | 0,82         | 0,75      | 0,73      |
| Mär 93   |                |      |      |                |      |      |              |           |           |
| Apr 93   | 9,7            | 20,6 | 21,3 | 6,5            | 13,5 | 17,1 | 0,67         | 0,66      | 0,80      |
| Mai 93   | 7,7            | 18,4 | 20,6 | 6              | 13,5 | 13,8 | 0,78         | 0,73      | 0,67      |
| Jun 93   | 8,8            | 23,3 | 24   | 7              | 17,3 | 17,9 | 0,80         | 0,74      | 0,75      |
| Jul 93   | 10,1           | 25,9 | 26,9 | 7,1            | 17,9 | 20,9 | 0,70         | 0,69      | 0,78      |
| Aug 93   | 11,6           | 30,1 | 31,9 | 8,1            | 21,7 | 23,2 | 0,70         | 0,72      | 0,73      |
| Sep 93   | 11,7           | 28,4 | 28,8 | 7,5            | 18,8 | 19,7 | 0,64         | 0,66      | 0,68      |
| Okt 93   | 10,6           | 24,9 | 23,8 | 8,2            | 19,3 | 19,9 | 0,77         | 0,78      | 0,84      |
| Nov 93   | 10,8           | 23,5 | 19,6 | 8,2            | 14,1 | 16,4 | 0,76         | 0,60      | 0,84      |
| Dez 93   | 11,2           | 24,1 | 24,3 | 8,8            | 17,2 | 18,0 | 0,79         | 0,71      | 0,74      |
| Jan 94   | 9,1            | 23,9 | 24,6 | 6,8            | 15,3 | 15,8 | 0,75         | 0,64      | 0,64      |
| Feb 94   | 10,2           | 22,6 | 20,6 | 7,2            | 15,7 | 15,9 | 0,71         | 0,69      | 0,77      |
| Mär 94   | 10,6           | 26,6 | 26,3 | 7,8            | 19   | 20,5 | 0,74         | 0,71      | 0,78      |
| Apr 94   | 10,3           | 23,9 | 23,7 | 6,8            | 14,1 | 18,2 | 0,66         | 0,59      | 0,77      |
| Mai 94   | 9              | 23,1 | 23,7 | 6,1            | 15,3 | 15,4 | 0,68         | 0,66      | 0,65      |
| Jun 94   | 9,4            | 25,4 | 22   | 6,2            | 16,9 | 15,2 | 0,66         | 0,67      | 0,69      |
| Jul 94   | 8,2            | 21,2 | 18,5 | 5,9            | 14,7 | 14,3 | 0,72         | 0,69      | 0,77      |
| Aug 94   | 8,3            | 21,5 | 20,9 | 6,2            | 15,7 | 15,4 | 0,75         | 0,73      | 0,74      |
| Sep 94   | 8,9            | 25,6 | 27   | 6,5            | 16,9 | 23,7 | 0,73         | 0,66      | 0,88      |
| Okt 94   | 10             | 27   | 29   | 6,4            | 17,7 | 19,9 | 0,64         | 0,66      | 0,69      |
| Nov 94   | 10,8           | 24,5 | 26,4 | 8,1            | 18,4 | 22,1 | 0,75         | 0,75      | 0,84      |
| Dez 94   | 9,5            | 23,7 | 25,5 | 6,5            | 16,3 | 16,9 | 0,68         | 0,69      | 0,66      |
| Jan 95   | 8,6            | 22,7 | 26,9 | 6              | 14,9 | 17,6 | 0,70         | 0,66      | 0,65      |
| Feb 95   | 8,4            | 24,3 | 25,2 | 5,9            | 15,8 | 18,8 | 0,70         | 0,65      | 0,75      |
| Mär 95   | 8,6            | 22,1 | 26,4 | 6              | 15   | 17,3 | 0,70         | 0,68      | 0,66      |
| Apr 95   | 8,2            | 21   | 24,2 | 5,8            | 13,4 | 15,6 | 0,71         | 0,64      | 0,64      |
| Mittel   | 10,0           | 24,6 | 25,3 | 7,1            | 16,8 | 18,6 | 0,72         | 0,68      | 0,73      |
| $\sigma$ | 1,7            | 3,5  | 4,4  | 1,4            | 2,8  | 3,4  | 0,05         | 0,05      | 0,07      |

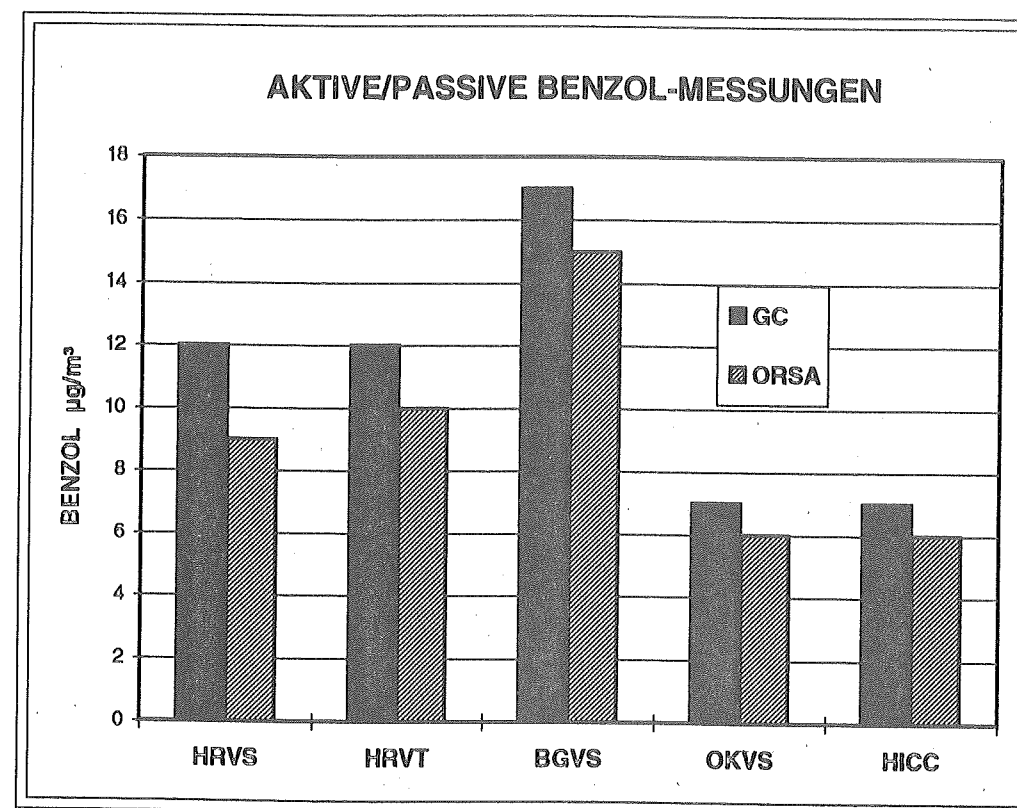
**Tab. 8: Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg - BGVS**  
Höhenabhängige Messungen mit ORSA 5-Passivsammlern  
Monatsmittelwerte BTX  
B: Benzol, T: Toluol, X: Xylol in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$   
Meßhöhen: 1,5 und 3,5 Meter

| MONAT    | ORSA/1,5m Höhe |      |      | ORSA/3,5m Höhe |      |      | ORSA 3,5/1,5 |           |           |
|----------|----------------|------|------|----------------|------|------|--------------|-----------|-----------|
|          | B              | T    | X    | B              | T    | X    | B 3,5/1,5    | T 3,5/1,5 | X 3,5/1,5 |
| Okt 93   | 17,4           | 39,8 | 44,6 | 13,9           | 31,5 | 29,1 | 0,80         | 0,79      | 0,65      |
| Nov 93   | 17,3           | 36,8 | 33,7 | 11,8           | 25   | 25,1 | 0,68         | 0,68      | 0,74      |
| Dez 93   | 19             | 42,7 | 41,3 | 15,8           | 32,5 | 30,9 | 0,83         | 0,76      | 0,75      |
| Jan 94   | 15,1           | 35,8 | 36   | 11,3           | 27,2 | 31,1 | 0,75         | 0,76      | 0,86      |
| Feb 94   | 17,9           | 42   | 38,7 | 12,1           | 27,9 | 28,6 | 0,68         | 0,66      | 0,74      |
| Mär 94   | 14,1           | 35,8 | 37,4 | 11,4           | 27,9 | 30,2 | 0,81         | 0,78      | 0,81      |
| Apr 94   | 14,3           | 36   | 34,4 | 10,7           | 27,9 | 27,4 | 0,75         | 0,78      | 0,80      |
| Mai 94   | 11,9           | 30,4 | 28,9 | 9,5            | 24   | 24,4 | 0,80         | 0,79      | 0,84      |
| Jun 94   | 13,9           | 34,9 | 32,5 | 11,3           | 29,2 | 26,1 | 0,81         | 0,84      | 0,80      |
| Jul 94   | 13,4           | 33,1 | 29,9 | 9,2            | 21,9 | 22,6 | 0,69         | 0,66      | 0,76      |
| Aug 94   | 14,2           | 35,1 | 38   | 11,3           | 28,3 | 29,7 | 0,80         | 0,81      | 0,78      |
| Sep 94   | 15,2           | 39,3 | 42,5 | 11,4           | 30,3 | 32,9 | 0,75         | 0,77      | 0,77      |
| Okt 94   | 16,4           | 43,1 | 47,7 | 12,3           | 32,4 | 32,3 | 0,75         | 0,75      | 0,68      |
| Nov 94   | 13,4           | 31,4 | 32   | 11,4           | 25,3 | 25,5 | 0,85         | 0,81      | 0,80      |
| Dez 94   | 16,2           | 40,9 | 48   | 12,8           | 31,2 | 35,7 | 0,79         | 0,76      | 0,74      |
| Jan 95   | 12,3           | 31,1 | 36,6 | 11,9           | 28,7 | 32,7 | 0,97         | 0,92      | 0,89      |
| Feb 95   | 12,2           | 29,8 | 33,8 | 11,6           | 29,3 | 32,2 | 0,95         | 0,98      | 0,95      |
| Mär 95   | 10,9           | 25,7 | 28,5 | 11,2           | 24,3 | 26,6 | 1,03         | 0,95      | 0,93      |
| Apr 95   | 9,8            | 23,4 | 25,7 | 8,7            | 22,5 | 25,5 | 0,89         | 0,96      | 0,99      |
| Mittel   | 14,5           | 35,1 | 36,3 | 11,6           | 27,8 | 28,9 | 0,81         | 0,80      | 0,81      |
| $\sigma$ | 2,4            | 5,4  | 6,2  | 1,5            | 3,1  | 3,4  | 0,09         | 0,09      | 0,09      |



Tab. 9:  
Vergleich Aktive (GC) und Passive (ORSA 5) Benzol-Messungen  
an LÜN-Verkehrsstationen  
Mittel der Benzol-Monatsmittelwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| Station                      | Zeitraum    | Anzahl MMW | Bez. | GC | ORSA |
|------------------------------|-------------|------------|------|----|------|
| Hannover-Göttinger Straße    | 10.91-04.95 | 40         | HRVS | 12 | 9    |
| Hannover-Sallstraße          | 01.93-04.95 | 27         | HRVT | 12 | 10   |
| Braunschweig-Bohlweg         | 10.93-04.95 | 19         | BGVS | 17 | 15   |
| Osnabrück-An der Petersburg  | 06.94-04.95 | 8          | OKVS | 7  | 6    |
| Hildesheim-An der Feuerwache | 11.92-09.93 | 11         | HICC | 7  | 6    |



ORSA 5 - Vergleichsmessung  
Innerhalb/Außerhalb Gasprobenahme  
Verkehrsstation Braunschweig - 1994/5



Abb. 1

ORSA 5 - Doppelproben  
Verkehrsstation Braunschweig - 1994/5



Abb. 2

LÖ/Dez. 65

Hts/Haa/Der/Rat/Rud/MOBA0596 - 20.05.1996

## 5. Anhang 96/05: Ergebnisse der Verkehrsstation Braunschweig, Teil II

Der Bericht über die während des Zeitraums August 1993 bis April 1996 an der Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg erzielten Ergebnisse wird in zwei Teilen in den LÜN-Monatsberichten April und Mai 1996 veröffentlicht. Die beiden Teile beinhalten die folgenden Kapitel:

### Teil I:

- 5.1 Einleitung
- 5.2 Beschreibung der Straßenschlucht
- 5.3 Jahreskenngrößen
- 5.4 Die Ermittlung der Benzolbelastung mit aktiven und passiven Meßmethoden
- 5.5 BTX-Hintergrundbelastung

### Teil II:

- 5.6 Stickoxid- und Kohlenmonoxid-Messungen in 3,5 m Höhe an der Verkehrsstation
- 5.7 Ergebnisse Tiefgarage
- 5.8 Die Entwicklung der Luftbelastung in der Straßenschlucht Bohlweg
- 5.9 Zusammenfassung

### 5.6 Stickoxid- und Kohlenmonoxid-Messungen in 3,5 m Höhe an der Verkehrsstation

An den LÜN-Verkehrsstationen in den Straßenschluchten werden die Schadstoffkonzentrationen in der Einatemhöhe der Menschen von 1,5 Metern gemessen. Um Aussagen über die Konzentrationsprofile machen zu können, wurden auch Messungen in den Höhen 0,5 bis 10 Meter im Rahmen von mehrmonatigen Meßkampagnen durchgeführt. Die Ergebnisse sind in diversen Anhängen der LÜN-Monatsberichte dokumentiert (Monatsberichte Februar 1991, November 1991, Dezember 1992, September 1993, Januar 1995, April 1995). Die Tab. 8 gibt einen Überblick für die Kfz-spezifischen Schadgase Stickoxide ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), Kohlenmonoxid und Benzol. Zusammenfassend kann festgestellt werden: An den jeweiligen Meßstellen verhalten sich die drei Komponenten  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  und Benzol bezüglich der Konzentrationsabnahme mit der Höhe im Rahmen der Meßgenauigkeit recht ähnlich. Bei Stickstoffmonoxid ( $\text{NO}$ ) und Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) sind zusätzlich die Umwandlung des  $\text{NO}$  zum  $\text{NO}_2$ , insbesondere unter dem Einfluß des Ozons, zu beachten.

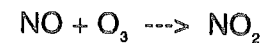
### 5.7 Ergebnisse Tiefgarage

Um den Einsatz von Passivsammlern auch an Orten mit höheren Benzolbelastungen zu erproben, wird seit März 1995 der Schranken- und Kassenbereich einer Tiefgarage in der Innenstadt von Braunschweig monatlich beprobt; die Abb. 3 zeigt die beiden Meßorte. Hier werden, wie in Tab. 9 angegeben, Monatsmittelwerte von 40 bis 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen.

### 5.8 Die Entwicklung der Luftbelastung in der Straßenschlucht Bohlweg

Die Entwicklung der Belastung durch Luftschadstoffe an der Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg wird in den folgenden Abb. 4 bis 9 anhand der Monatsmittelwerte und der gleitenden 12-Monatswerte dargestellt. Zur Berechnung der gleitenden 12-Monatswerte werden die jeweils letzten zwölf Monatsmittelwerte gemittelt. Die Tab. 10 vervollständigt die Angaben mit den Monatsmittelwerten und monatlichen 98%-Werten der erfaßten Luftschadstoffe. Besonders anhand der gleitenden Werte läßt sich die langsam rückläufige Entwicklung der Konzentrationen von Kohlenmonoxid (Abb. 4), Stickstoffmonoxid (Abb. 5), Stickstoffdioxid (Abb. 6), Benzol (Abb. 7), Toluol (Abb. 8) und auch Staub (Abb. 9) gut erkennen. Für die Komponente Ruß (Abb. 10) liegen noch nicht genügend Monatsmittelwerte vor, um Aussagen über einen Entwicklungstrend machen zu können.

Um darzustellen, welche Zusatzbelastung an Stickstoffdioxid in einer Straßenschlucht auftritt, wurde die Differenz der Monatsmittelwerte von  $\text{NO}_2$ , gemessen an der Station BGVS und an der benachbarten LÜN-Station Braunschweig, Innenstadt BGCC, berechnet (Abb. 11). Im Mittel über den fast zweieinhalbjährigen Zeitraum liegt die  $\text{NO}_2$ -Konzentration in der Straßenschlucht um  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höher als in der allgemeinen Innenstadtluft. Im Juli 1994 betrug die Erhöhung sogar  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Wie Abb. 12 nahelegt, kommt es in Monaten mit hohen Ozonkonzentrationen zu einer verstärkten  $\text{NO}_2$ -Bildung in der Straßenschlucht. Das große Angebot an Stickstoffmonoxid wird durch Ozon zu Stickstoffdioxid oxidiert:



Es ist deshalb nicht sinnvoll, an einem stark durch den Kfz-Verkehr beeinflussten Ort Ozon zu messen. Die in Abb. 12 dargestellten Ozonkonzentrationen wurden an einer südwestlich von Stadtzentrum gelegenen LÜN-Station in Braunschweig-Broitzem, BGSW ermittelt.

### 5.9 Zusammenfassung

Nach fast vierjährigem Betrieb der Verkehrsstation Braunschweig BGVS läßt sich feststellen, daß die Luftschadstoffbelastung in der Straßenschlucht "Bohlweg" deutlich höher ist als die allgemeine Belastung in Braunschweig an den Stationen BGCC (Innenstadt) und BGSW (Broitzem). Verglichen mit anderen Straßenschluchten in Hannover und Osnabrück ist die Belastung merklich höher. Dies ist wahrscheinlich auf die baulichen Gegebenheiten zurückzuführen. Für die in der geplanten 23. BImSchV definierten Konzentrationswerte für Kfz-spezifische Luftschadstoffe ist folgendes festzustellen:

Der Prüfwert für Benzol mit  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert, gültig ab 1998, wird an der Station BGVS deutlich überschritten.

Die mittels Aethalometer ermittelten Rußkonzentrationen liegen mit ca.  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Bereich des geplanten Prüfwertes von  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , gültig ab 1998.

Beim Stickstoffdioxid liegt der 98%-Wert des Jahres mit  $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich unter dem Wert von  $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

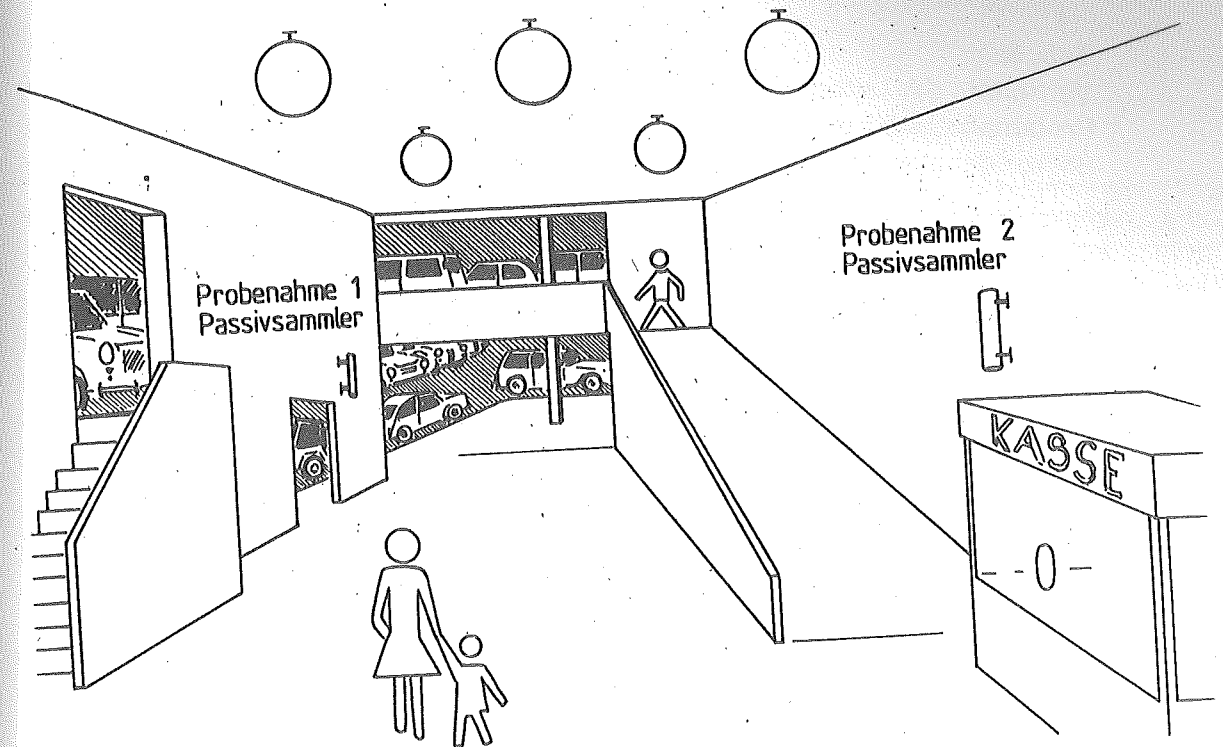


Abb. 3: Meßpunkte der Passivsammler in der Tiefgarage Braunschweig



**Tab. 8:**  
Verhältnis der Luftschadstoffkonzentrationen bei den  
Probenahmehöhen 3,5 zu 1,5 Meter an Verkehrsstationen  
Stickoxide und CO: kontinuierliche Messungen, Benzol: Passivsammler

| Station           | Zeitraum    | CO   | NOx  | NO   | NO <sub>2</sub> | Benzol |
|-------------------|-------------|------|------|------|-----------------|--------|
| Hannover/HRVT     | 01.93-12.95 | 0,75 | 0,68 | 0,61 | 0,85            | 0,71   |
| Braunschweig/BGVS | 10.93-12.95 | 0,74 | 0,75 | 0,71 | 0,92            | 0,84   |
| Osnabrück/OKVS    | 08.94-08.95 | 0,84 | 0,84 | 0,82 | 0,88            |        |

**Tab. 9:**  
Erprobung von Passivsammlern in einer Tiefgarage  
Ort: Braunschweig-Innenstadt  
Benzol-, Toluol- und Xylol-Monatsmittelwerte in µg/m³

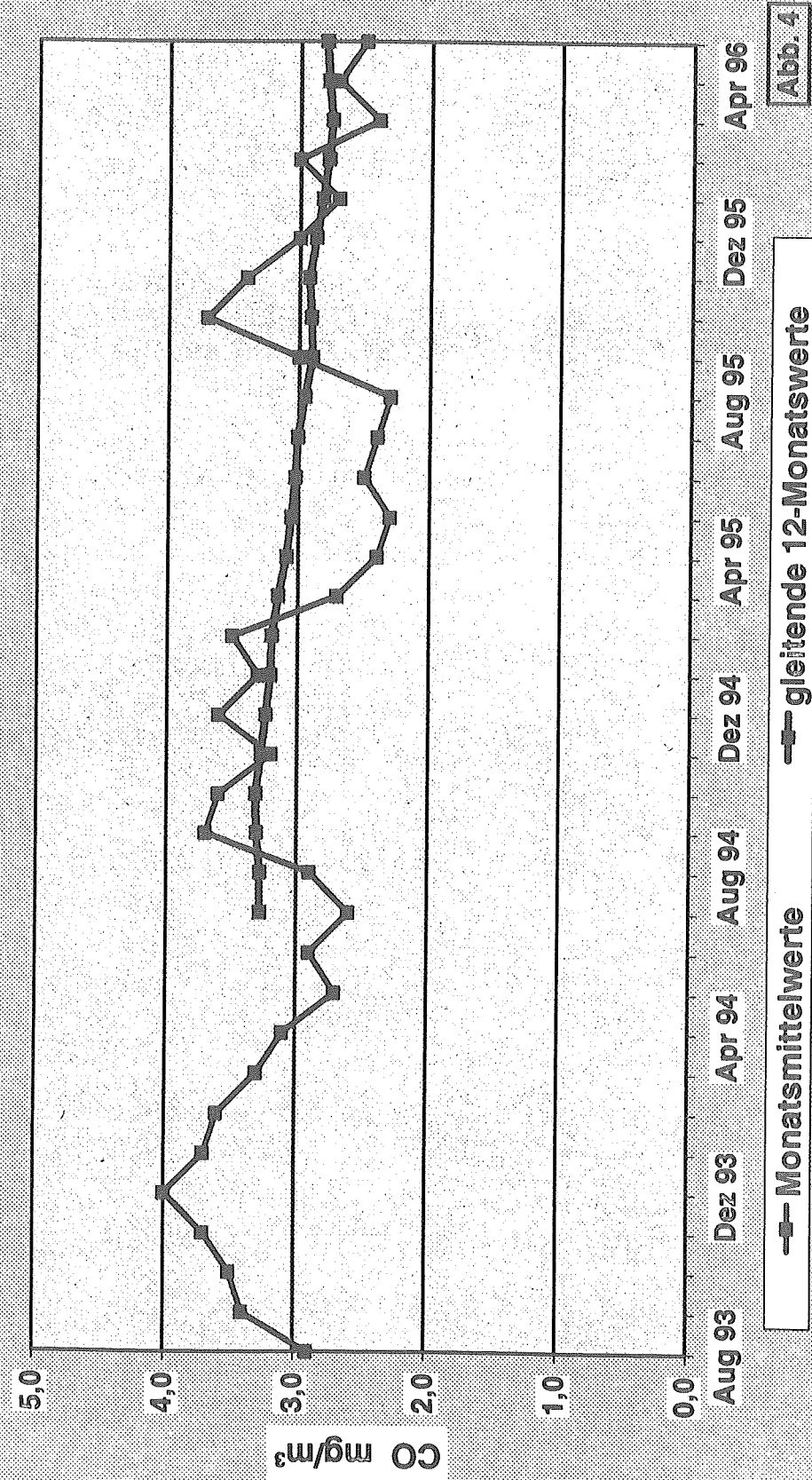
| Monat/<br>Jahr | Tiefgarage/1 |        |       | Tiefgarage/2 |        |       |
|----------------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|
|                | Benzol       | Toluol | Xylol | Benzol       | Toluol | Xylol |
| Mär 95         | 89           | 217    | 239   | 76           | 184    | 200   |
| Apr 95         | 67           | 182    | 196   | 49           | 134    | 140   |
| Mai 95         | 73           | 205    | 204   | 54           | 149    | 147   |
| Jun 95         | 97           | 260    | 245   | 70           | 186    | 173   |
| Jul 95         | 79           | 202    | 176   | 55           | 150    | 124   |
| Aug 95         | 58           | 161    | 138   | 37           | 114    | 91    |
| Sep 95         | 87           | 249    | 236   | 68           | 198    | 193   |
| Okt 95         | 92           | 259    | 247   | 82           | 230    | 215   |
| Nov 95         | 79           | 213    | 191   | 64           | 172    | 160   |
| Dez 95         | 57           | 160    | 186   | 41           | 114    | 131   |
| Jan 96         | 63           | 173    | 187   | 48           | 128    | 135   |
| Feb 96         | 52           | 157    | 171   | 43           | 126    | 136   |
| Mär 96         | 58           | 158    | 161   | 47           | 127    | 128   |
| Apr 96         | 82           | 211    | 210   | 65           | 165    | 161   |
| Mai 96         | 69           | 188    | 179   | 56           | 151    | 144   |
| Mittel         | 74           | 200    | 198   | 57           | 155    | 152   |

**Abb. 10:**  
Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg - BGVS  
Beginn: August 1993, BTX ab Oktober 1993  
Monatsmittelwerte (MMW) und 98%-Werte (M98), Angaben in µg/m³, CO in mg/m³

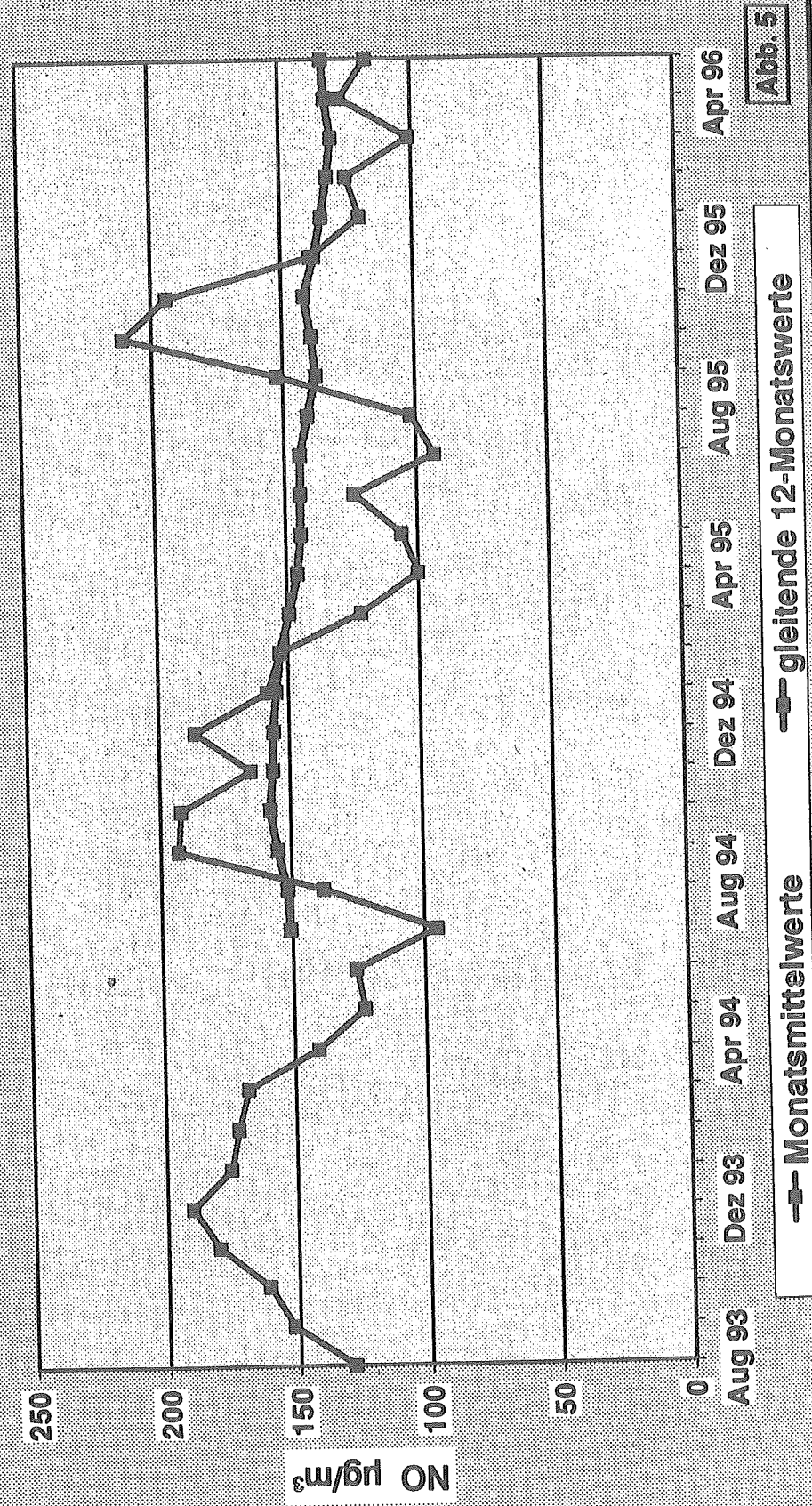
| Monat  | CO  |      | NO  |     | NO <sub>2</sub> |     | Benzol |     | Toluol |     | Xylole |     | Ruß  |      | Staub |     |
|--------|-----|------|-----|-----|-----------------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|------|------|-------|-----|
|        | MMW | M98  | MMW | M98 | MMW             | M98 | MMW    | M98 | MMW    | M98 | MMW    | M98 | MMW  | M98  | MMW   | M98 |
| Aug 93 | 2,9 | 7,8  | 129 | 345 | 56              | 105 |        |     |        |     |        |     |      |      | 42    | 60  |
| Sep 93 | 3,4 | 9,1  | 152 | 398 | 52              | 95  |        |     |        |     |        |     |      |      | 56    | 108 |
| Okt 93 | 3,5 | 10,2 | 161 | 447 | 55              | 99  | 17     | 56  | 53     | 179 | 16     | 62  |      |      | 66    | 115 |
| Nov 93 | 3,7 | 10,4 | 180 | 529 | 64              | 134 | 22     | 64  | 42     | 139 | 14     | 52  |      |      | 82    | 197 |
| Dez 93 | 4,0 | 10,2 | 190 | 483 | 69              | 121 | 23     | 64  | 54     | 159 | 14     | 47  |      |      | 48    | 164 |
| Jan 94 | 3,7 | 9,1  | 175 | 456 | 66              | 119 | 19     | 52  | 48     | 131 | 16     | 50  |      |      | 45    | 71  |
| Feb 94 | 3,6 | 10,1 | 172 | 593 | 73              | 143 | 18     | 59  | 47     | 151 | 14     | 52  |      |      | 79    | 145 |
| Mär 94 | 3,3 | 8,5  | 168 | 463 | 76              | 137 | 17     | 53  | 39     | 124 | 13     | 45  |      |      | 47    | 90  |
| Apr 94 | 3,1 | 7,0  | 141 | 401 | 80              | 157 | 16     | 46  | 41     | 119 | 14     | 45  |      |      | 54    | 124 |
| Mai 94 | 2,7 | 6,6  | 123 | 350 | 73              | 139 | 13     | 39  | 31     | 97  | 7      | 28  |      |      | 43    | 74  |
| Jun 94 | 2,9 | 6,2  | 126 | 307 | 75              | 156 | 14     | 40  | 39     | 110 | 16     | 55  |      |      | 47    | 93  |
| Jul 94 | 2,6 | 6,6  | 95  | 301 | 89              | 179 | 15     | 54  | 41     | 132 | 16     | 57  |      |      | 50    | 78  |
| Aug 94 | 2,9 | 7,0  | 138 | 387 | 80              | 159 | 13     | 39  | 33     | 91  | 12     | 35  |      |      | 30    | 60  |
| Sep 94 | 3,7 | 8,7  | 193 | 533 | 77              | 139 | 18     | 49  | 46     | 130 | 22     | 75  |      |      | 74    | 124 |
| Okt 94 | 3,6 | 8,7  | 192 | 512 | 67              | 110 | 19     | 50  | 47     | 124 | 32     | 91  | 8,8  | 13,9 | 54    | 135 |
| Nov 94 | 3,2 | 7,9  | 165 | 454 | 58              | 98  | 17     | 43  | 33     | 101 | 21     | 64  | 7,8  | 12,7 | 48    | 103 |
| Dez 94 | 3,6 | 9,8  | 186 | 483 | 64              | 100 | 20     | 50  | 48     | 131 | 32     | 89  | 8,2  | 14,1 | 40    | 66  |
| Jan 95 | 3,3 | 8,6  | 158 | 481 | 62              | 107 | 18     | 47  | 43     | 121 | 29     | 84  | 7,0  | 11,9 | 40    | 89  |
| Feb 95 | 3,5 | 7,8  | 153 | 397 | 67              | 102 | 17     | 42  | 41     | 102 | 28     | 70  | 6,8  | 9,5  | 36    | 54  |
| Mär 95 | 2,7 | 7,3  | 122 | 358 | 63              | 112 | 14     | 44  | 34     | 117 | 23     | 79  | 6,0  | 9,7  | 45    | 85  |
| Apr 95 | 2,4 | 6,4  | 100 | 307 | 56              | 104 | 13     | 42  | 33     | 120 | 21     | 86  | 6,4  | 12,1 | 39    | 84  |
| Mai 95 | 2,3 | 5,3  | 106 | 284 | 66              | 137 | 12     | 31  | 31     | 84  | 19     | 51  | 6,3  | 11,5 | 39    | 87  |
| Jun 95 | 2,5 | 5,5  | 124 | 299 | 67              | 118 | 14     | 33  | 35     | 85  | 20     | 50  |      |      | 35    | 61  |
| Jul 95 | 2,4 | 5,8  | 93  | 279 | 73              | 158 | 14     | 39  | 33     | 95  | 18     | 54  | 5,2  | 11,4 | 43    | 86  |
| Aug 95 | 2,3 | 5,4  | 102 | 292 | 71              | 132 | 12     | 31  | 29     | 77  | 17     | 47  | 8,0  | 13,3 | 43    | 70  |
| Sep 95 | 3,0 | 6,9  | 152 | 379 | 63              | 112 | 15     | 38  | 40     | 108 | 24     | 65  | 10,1 | 16,6 | 34    | 80  |
| Okt 95 | 3,7 | 9,1  | 211 | 535 | 65              | 108 | 19     | 52  | 50     | 145 | 30     | 83  | 12,3 | 17,8 | 52    | 123 |
| Nov 95 | 3,4 | 8,5  | 194 | 528 | 60              | 97  | 18     | 46  | 50     | 135 | 32     | 84  | 10,1 | 16,8 | 47    | 80  |
| Dez 95 | 3,0 | 8,3  | 139 | 442 | 50              | 93  | 15     | 46  | 38     | 119 | 23     | 76  | 10,3 | 19,7 | 55    | 132 |
| Jan 96 | 2,7 | 9,1  | 120 | 519 | 48              | 96  | 14     | 48  | 34     | 137 | 21     | 88  | 8,3  | 17,7 | 61    | 153 |
| Feb 96 | 3,0 | 8,8  | 125 | 448 | 66              | 126 | 15     | 48  | 39     | 136 | 23     | 80  | 8,8  | 17,5 | 62    | 141 |
| Mär 96 | 2,4 | 6,6  | 101 | 316 | 57              | 110 | 13     | 37  | 31     | 97  | 18     | 59  | 4,9  | 7,5  | 75    | 192 |
| Apr 96 | 2,7 | 7,5  | 127 | 420 | 81              | 172 | 15     | 48  | 38     | 131 | 23     | 80  | 7,8  | 14,8 | 74    | 126 |
| Mai 96 | 2,5 | 6,0  | 117 | 311 | 65              | 119 | 14     | 36  | 37     | 99  | 21     | 58  | 6,0  | 10,5 | 42    | 72  |



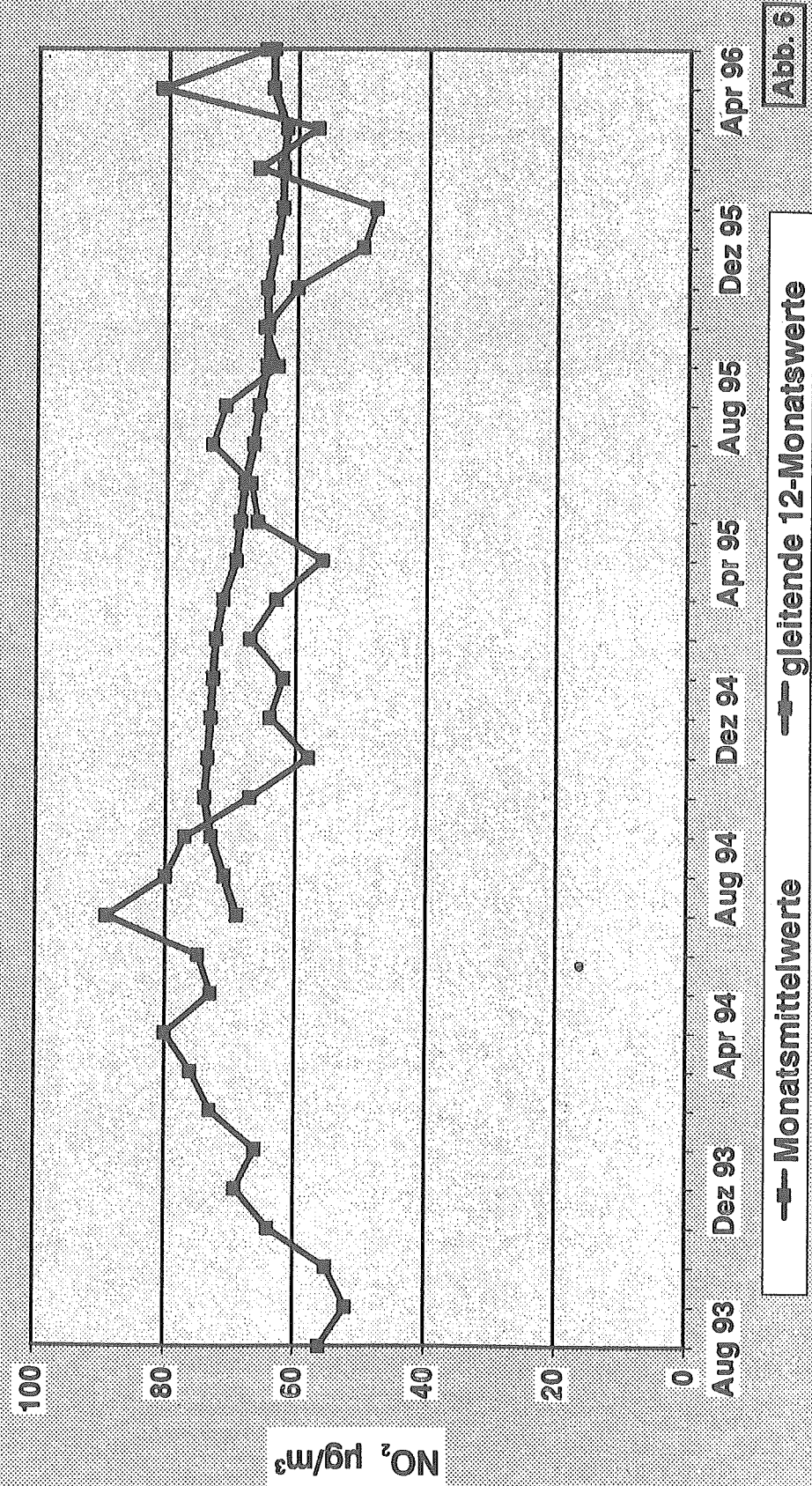
VERKEHRSSTATION BRAUNSCHWEIG  
KOHLENMONOXID



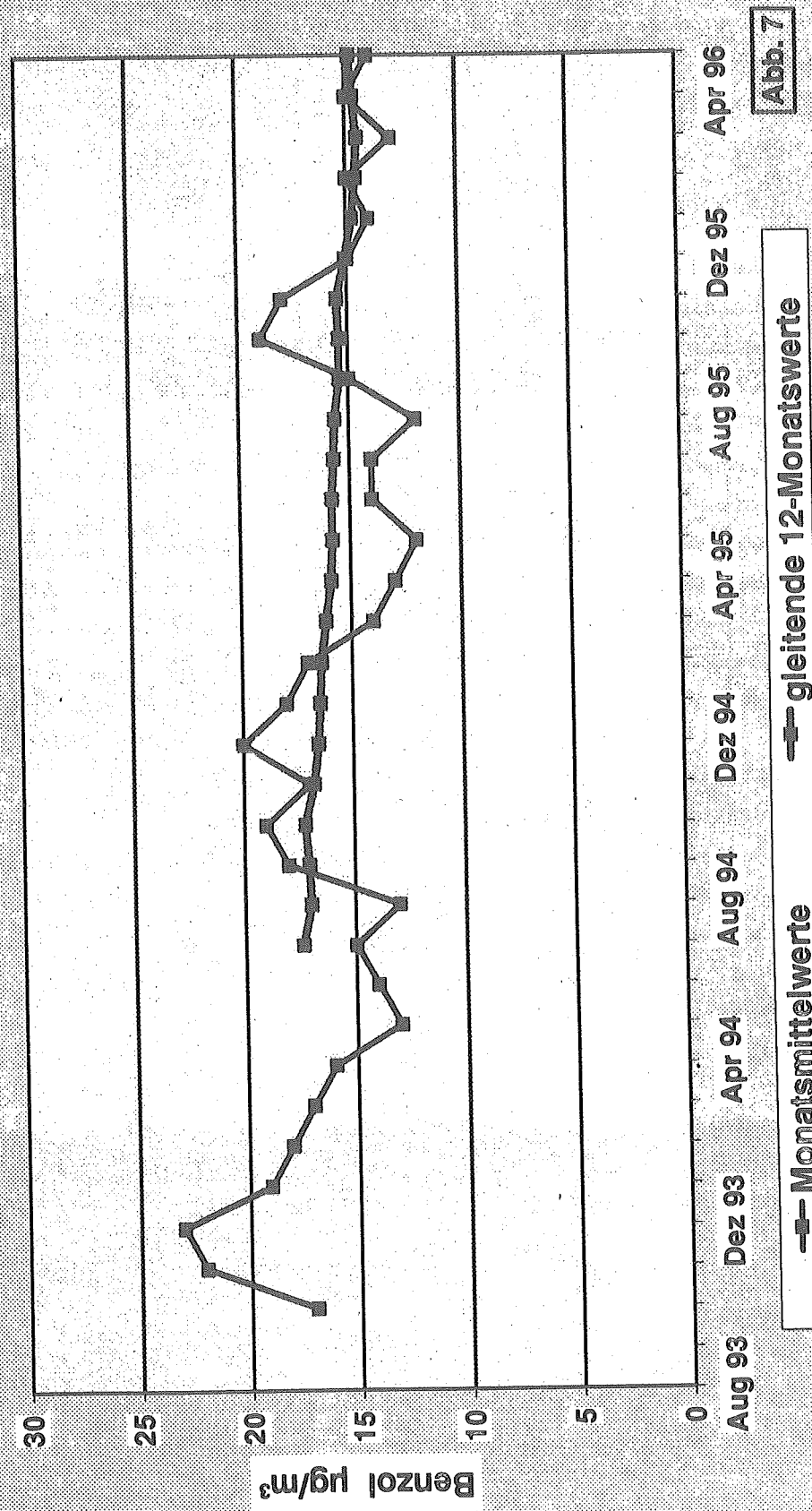
VERKEHRSSTATION BRAUNSCHWEIG  
STICKSTOFFMONOXID



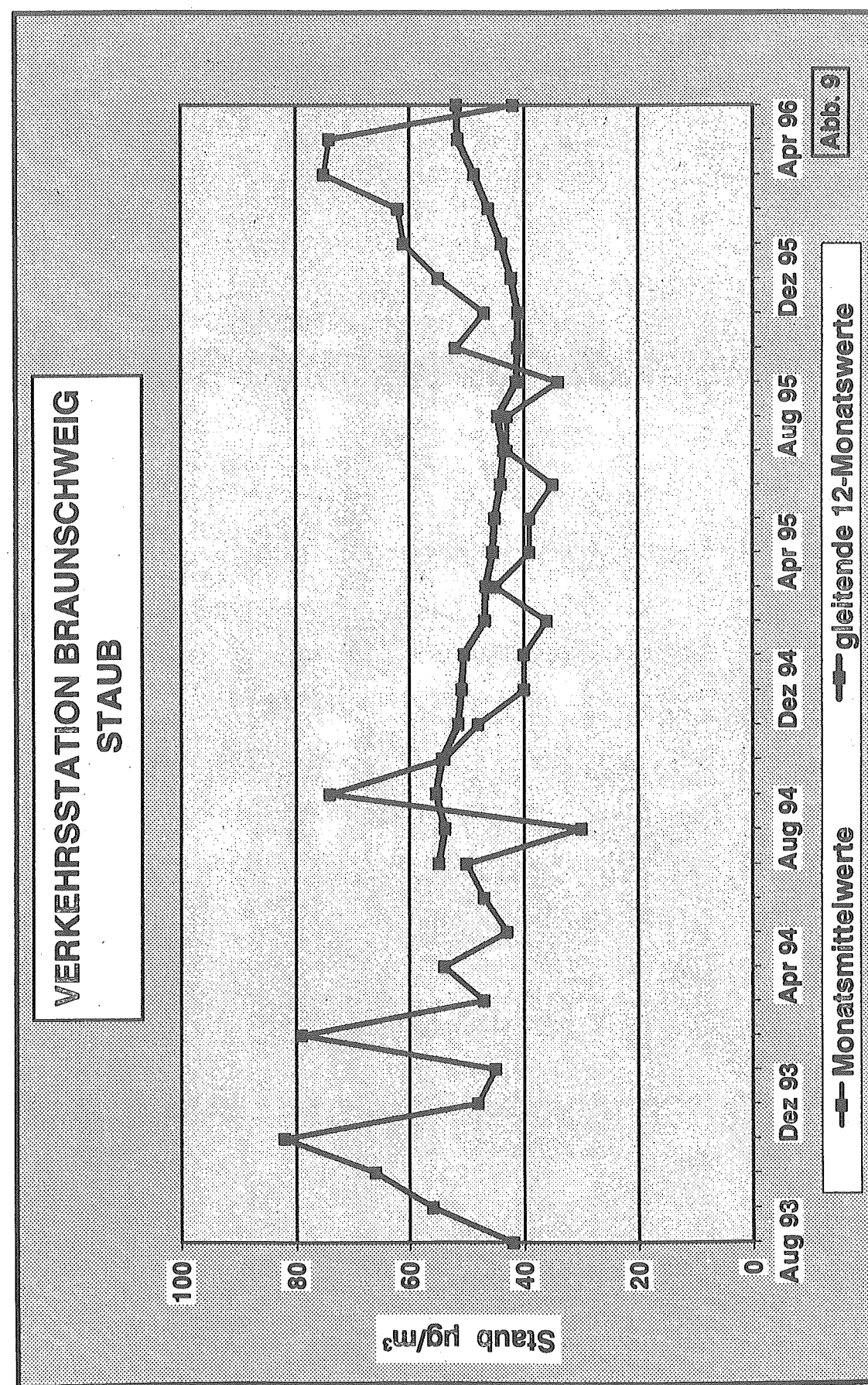
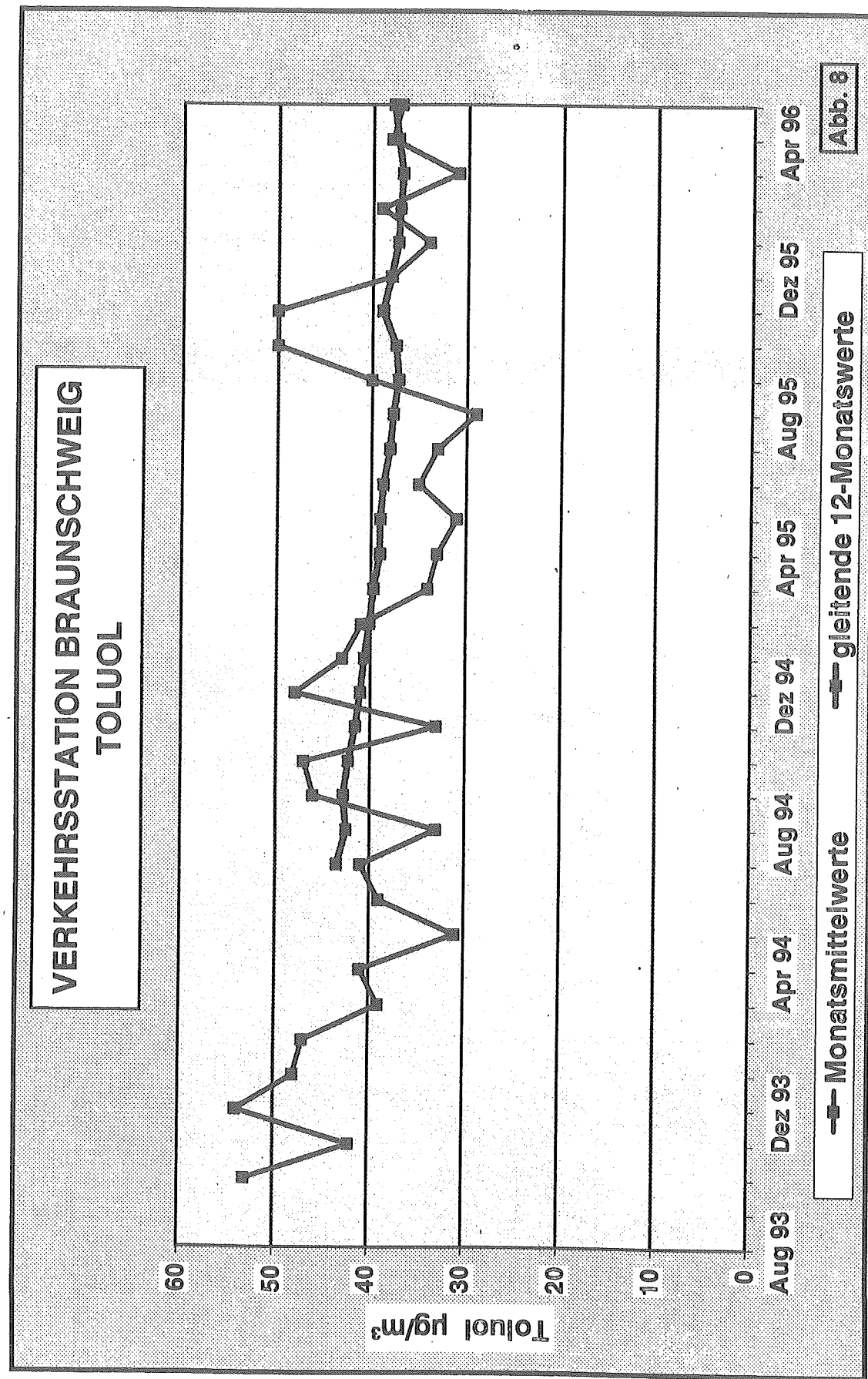
VERKEHRSSTATION BRAUNSCHWEIG  
STICKSTOFFDIOXID



VERKEHRSSTATION BRAUNSCHWEIG  
BENZOL

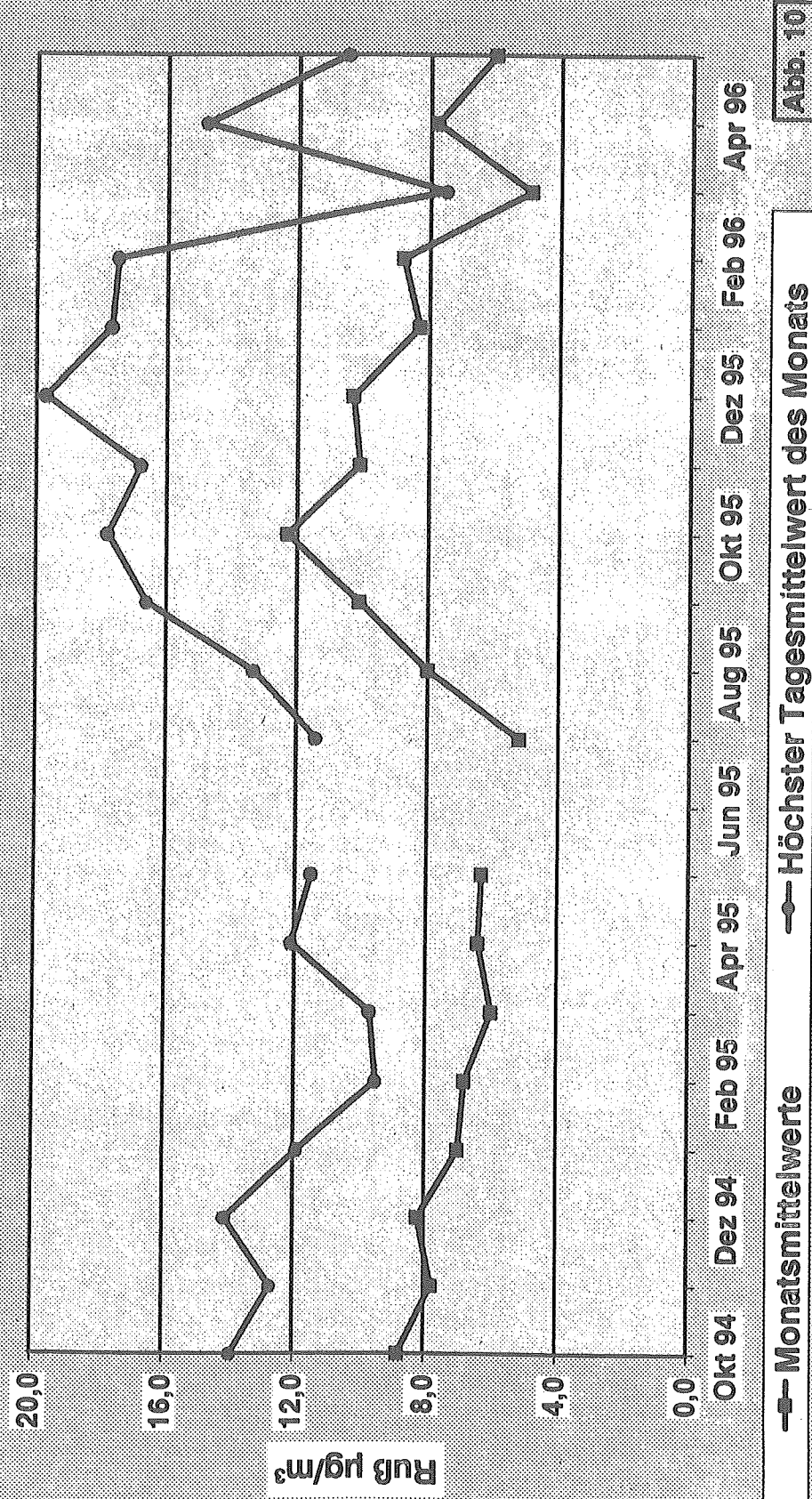




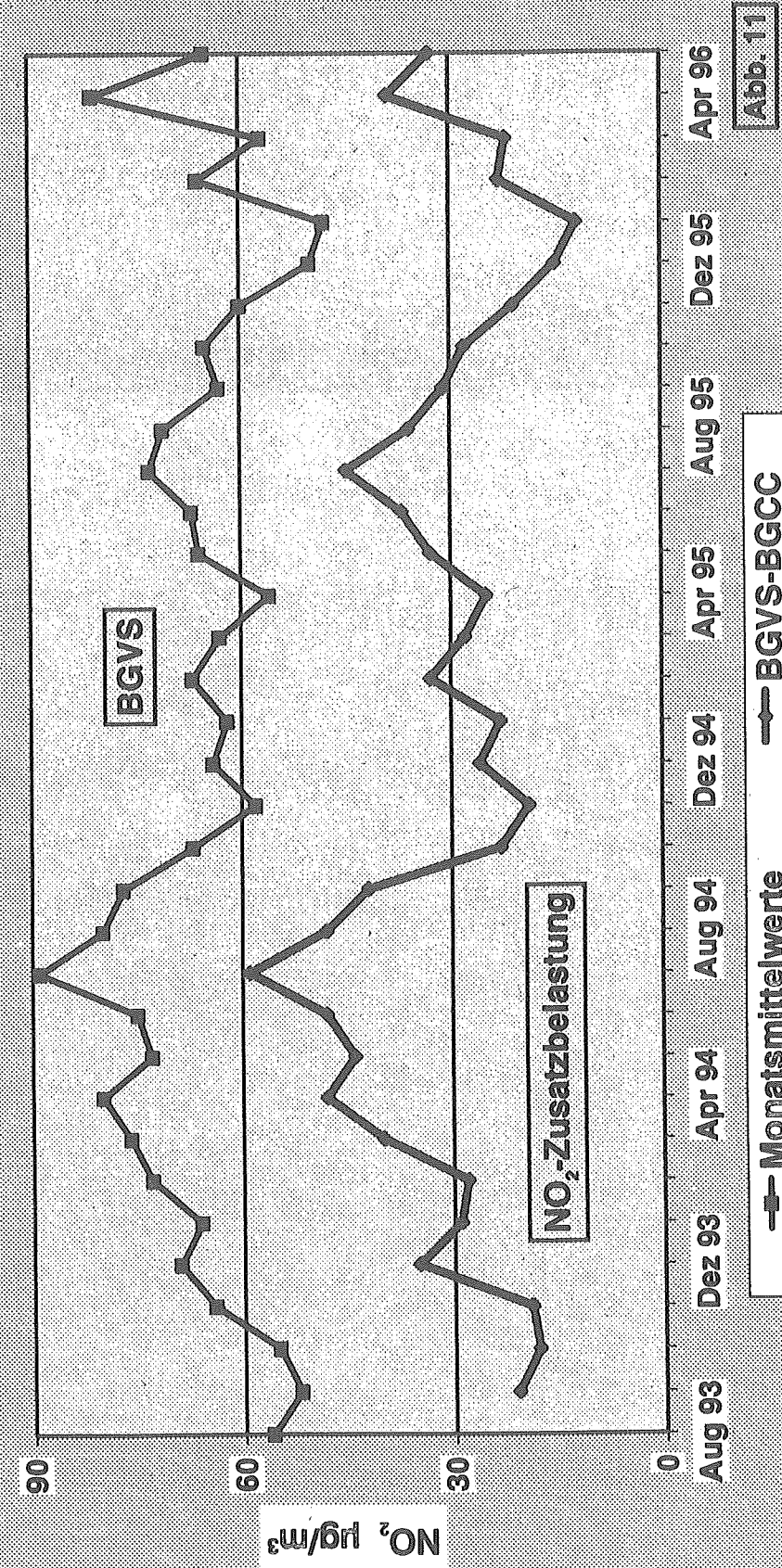




# VERKEHRSTATION BRAUNSCHWEIG RUSS



# VERKEHRSTATION BRAUNSCHWEIG STICKSTOFFDIOXID Zusatzbelastung Straßenschlucht



### Quantifizierung:

Die Eichung erfolgt extern im gleichen Medium (Aktivkohle/CS<sub>2</sub>) wie bei der Probenaufarbeitung, wobei eine analoge Gleichgewichtseinstellung der Analytkonzentration zwischen den beiden Medien angenommen wird. (Desorptionsausbeute geht damit nicht in die Berechnung ein).

Die Berechnung der Analytkonzentrationen erfolgt nach folgender Formel:

Druck- und Temperatur-  
Korrektur von Diffusi-  
onskoeffizienten

$$D_T = D_{298} \times \left[ \frac{T}{298} \right]^{1,5} \times \frac{1013}{P}$$

Berechnung der  
Schadstoff-  
konzentrationen

$$C_o = \frac{m \times K}{D_T \times t}$$

bezogen auf 20 °C  
und 1013 hPa

$$C_o = \frac{m \times K \times 1013 \times T}{D_T \times t \times P \times 293}$$

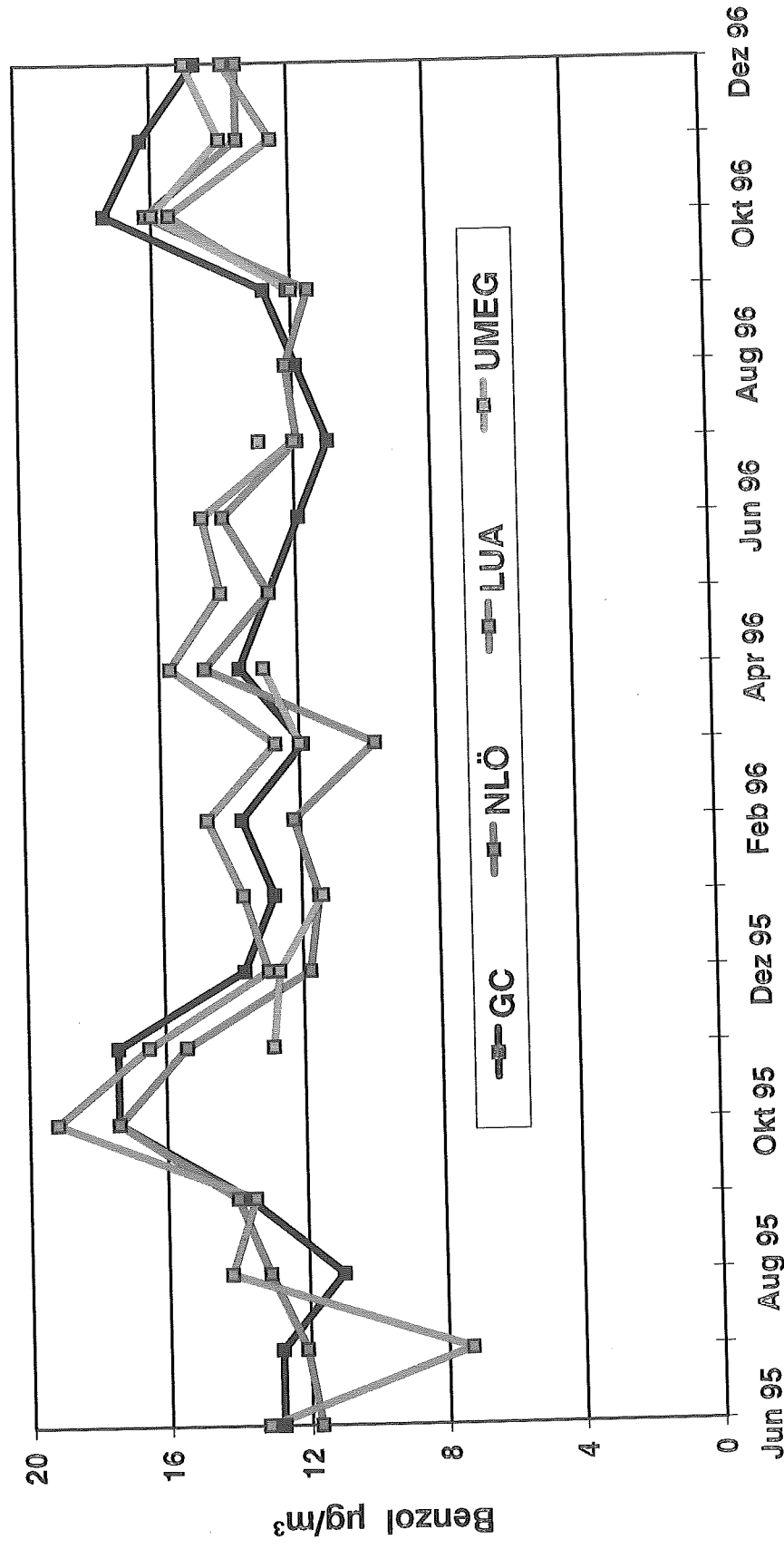
|                |                                                                           |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------|
| C <sub>o</sub> | Konz. der gemessenen Schadstoffe [mg/m <sup>3</sup> ]                     |
| m              | Masse der Schadstoffe, die gaschromatographisch bestimmt worden sind [ng] |
| K              | Gerätekonstante = 0,8 cm <sup>-1</sup>                                    |
| D <sub>T</sub> | korrigierter Diffusionskoeffizient                                        |
| t              | Expositionszeit [sec]                                                     |
| T              | Temperatur während der Probenahme [K]                                     |
| P              | Luftdruck während der Probenahme [hPa]                                    |

Bei Verkehrsimmissionsmessungen über 4 Wochen wird keine Temperatur- und Druckkorrektur vorgenommen.

| Analyt                   | Diffusionskoeffizient<br>25 °C / 1013 hPa |
|--------------------------|-------------------------------------------|
| Benzol                   | 0,0859                                    |
| Toluol                   | 0,0763                                    |
| Ethylbenzol              | 0,0693                                    |
| o-Xylol                  | 0,0727                                    |
| m-Xylol                  | 0,0670                                    |
| p-Xylol                  | 0,0672                                    |
| C <sub>9</sub> -Aromaten | 0,0677*)                                  |

\*) i-Propylbenzol

# VERGLEICHSMESSUNG PASSIVSAMMLER





Tab. N11:

Vergleichsmessungen Passivsammler

Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Temperaturbezug: 25°C

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr

| Monat    | NLÖ-1 | NLÖ-2 | LUA-1 | LUA-2 | UMEG-1 | UMEG-2 | BayLfU-1 | BayLfU-2 | Monats-<br>mittel | $\sigma$ |
|----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|----------|----------|-------------------|----------|
| Jun 95   | 11,7  |       | 13,2  |       |        |        | 12,0     |          | 12,3              | 0,6      |
| Jul 95   | 12,1  | 11,3  | 7,3   | 7,2   |        |        | 13,5     | 13,5     | 10,8              | 2,6      |
| Aug 95   | 13,1  | 13,0  | 14,2  | 14,7  |        |        | 15,7     | 15,0     | 14,3              | 1,0      |
| Sep 95   | 14,5  | 14,0  | 13,2  | 13,5  |        |        | 14,4     | 14,9     | 14,1              | 0,6      |
| Okt 95   | 17,3  | 17,4  | 19,8  | 19,2  |        |        |          |          | 18,4              | 1,1      |
| Nov 95   | 15,4  | 14,7  | 16,5  | 16,2  | 12,9   |        |          |          | 15,1              | 1,3      |
| Dez 95   | 11,4  | 11,8  | 13,5  | 13,0  | 12,7   |        |          |          | 12,5              | 0,8      |
| Jan 96   | 10,9  | 11,5  | 13,7  | 14,6  | 11,4   |        |          |          | 12,4              | 1,5      |
| Feb 96   | 9,1   | 12,2  | 14,7  | 15,0  |        |        |          |          | 12,8              | 2,4      |
| Mär 96   | 9,8   |       |       | 12,7  | 12,0   |        |          |          | 11,5              | 1,2      |
| Apr 96   | 15,0  | 14,7  | 15,7  | 16,3  | 13,0   |        |          |          | 14,9              | 1,1      |
| Mai 96   | 12,8  |       |       | 14,2  |        |        |          |          | 13,5              | 0,7      |
| Jun 96   | 14,1  | 14,1  | 15,4  | 14,7  |        |        |          |          | 14,6              | 0,5      |
| Jul 96   | 11,9  | 12,0  | 12,0  | 12,1  | 13,0   |        |          |          | 12,2              | 0,4      |
| Aug 96   | 12,2  | 12,5  |       |       |        |        |          |          | 12,4              | 0,2      |
| Sep 96   | 11,3  | 11,5  | 12,1  | 12,2  | 12,0   | 12,0   |          |          | 11,9              | 0,3      |
| Okt 96   | 16,2  | 15,4  | 15,5  | 14,9  | 16,0   | 16,0   |          |          | 15,7              | 0,4      |
| Nov 96   | 13,5  | 13,3  | 12,5  | 12,3  | 14,0   | 11,0   |          |          | 12,8              | 1,0      |
| Dez 96   | 13,5  | 13,6  | 13,9  | 13,3  | 15,0   | 14,0   |          |          | 13,9              | 0,6      |
| Mittel   | 12,9  | 13,3  | 14,0  | 13,9  | 13,2   | 13,3   | 13,9     | 14,5     | 13,5              | 1,0      |
| $\sigma$ | 2,1   | 1,6   | 2,5   | 2,4   | 1,4    | 1,9    | 1,3      | 0,7      | 1,7               | 0,6      |

Tab. N12a:

Vergleichsmessungen ORSA 5-Passivsammler  
Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Temperaturbezug: 25°C

Meßstelle: Eingangsbereich Parkgarage Braunschweig

Probenahmehöhe: Expositionsrohr in 2,5 Meter Höhe

| Monat    | NLÖ | LUA | UMEG | UBA |
|----------|-----|-----|------|-----|
| Dez 95   | 57  | 68  | 67   | 77  |
| Jan 96   | 63  | 79  | 70   | 85  |
| Feb 96   | 52  | 64  | 58   | 70  |
| Mär 96   | 58  | 80  | 74   | 76  |
| Apr 96   | 82  | 97  | 86   | 107 |
| Mai 96   | 69  | 82  | 66   | 79  |
| Jun 96   | 108 | 119 | 84   | 124 |
| Jul 96   | 94  | 97  | 93   | 102 |
| Mittel   | 73  | 86  | 75   | 90  |
| $\sigma$ | 19  | 17  | 11   | 18  |

Tab. N12b:

Vergleichsmessungen ORSA 5-Passivsammler  
Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Temperaturbezug: 25°C

Meßstelle: Eingangsbereich Parkgarage Braunschweig

Probenahmehöhe: Expositionsrohr in 2,5 Meter Höhe

| Monat    | NLÖ | LUA | UMEG | UBA |
|----------|-----|-----|------|-----|
| Dez 95   | 160 | 160 | 162  | 183 |
| Jan 96   | 173 | 205 | 184  | 207 |
| Feb 96   | 157 | 180 | 155  | 185 |
| Mär 96   | 158 | 202 | 204  | 202 |
| Apr 96   | 211 | 218 | 191  | 244 |
| Mai 96   | 188 | 212 | 183  | 208 |
| Jun 96   | 299 | 297 | 233  | 336 |
| Jul 96   | 273 | 251 | 227  | 285 |
| Mittel   | 202 | 216 | 192  | 231 |
| $\sigma$ | 52  | 40  | 26   | 51  |

Tab. N13:

ORSA 5-Vergleichsmessungen über unterschiedliche Zeiträume

Meßort: Braunschweig, Parkgarage

Zeitraum: Februar 1996

Expositionszeiten: A = 1 Woche, B = 2 Wochen, C = drei Wochen, D = 4 Wochen

Benzol in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| A1              | A2              | A3              | A4              |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 31.01. - 07.02. | 07.02. - 14.02. | 14.02. - 21.02. | 21.02. - 29.02. |
| 64,8            | 54,8            | 45,2            | 62,0            |

| B1              | MW A1/A2 |
|-----------------|----------|
| 31.02. - 14.02. |          |
| 57,0            | 59,8     |

| C1              | MW A1/A2/A3 |
|-----------------|-------------|
| 31.01. - 21.02. |             |
| 53,6            | 54,9        |

| D1              | MW A1/A2/A3/A4 |
|-----------------|----------------|
| 31.01. - 29.02. |                |
| 56,4            | 56,7           |

NLÖ/Dez. 65/53

WBU/Haa/Hts/Bür/Lin/MOBA1295 - 11.01.1996

## 5. Anhang 95/12: Erprobung von Passivsammlern für BTX-Aromate - Vergleichsmessungen mit anderen Institutionen

### 5.1 Einleitung

Am 20.03.1995 fand beim NLÖ, Hannover ein Erfahrungsaustausch der Bundesländer und des Umweltbundesamtes über den Einsatz von Passivsammlern zur Bestimmung von BTX-Aromaten statt. Ein Bericht über die vom NLÖ bis zu diesem Zeitpunkt erzielten Untersuchungsergebnisse in Straßenschluchten wurde im LÜN-Monatsbericht April 1995 veröffentlicht. Auf der Veranstaltung wurde beschlossen, Vergleichsmessungen einzelner Bundesländer an verschiedenen Meßorten mit hoher Kraftfahrzeugbelastung und damit erhöhter Benzolbelastung durchzuführen.

Das NLÖ führt in diesem Rahmen seit April 1995 bzw. Juni 1995 an der Verkehrsstation Braunschweig, BGVS Vergleichsmessungen durch mit

- UMEG, Baden-Württemberg,
- LUA, Nordrhein-Westfalen
- LfU, Bayern (Juni bis September 1995)

Ab September 1995 wurden zusätzlich Vergleichsmessungen mit dem UBA/Pilotstation Frankfurt an der Meßstelle Frankfurt-Innenstadt begonnen.

Für die UMEG werden Passivsammler exponiert, die von der UMEG in Eigenbau gefertigt werden. Alle anderen sind ORSA5-Passivsammler der Fa. Dräger, Lübeck.

### 5.2 Meßort

Den Standort des Meßcontainers in der Straßenschlucht Bohlweg zeigt Abb. 1a; die Exposition der Passivsammler im Bereich der Probenahme der Station wird in Abb. 1b dargestellt. Insgesamt werden für jede beteiligte Institution zwei Sammler über einen Monat exponiert und anschließend zur Auswertung verschickt. In einem Expositionsrohr befinden sich maximal vier Passivsammler.

Für die UMEG wird zusätzlich noch ein Sammler in der Gasprobenahme der Station angebracht. Diese Ergebnisse werden mit einer parallel exponierten ORSA5-Probe verglichen, die vom NLÖ ausgewertet wird. Diese beiden Proben werden also permanent beströmt; dabei liegt die Anströmgeschwindigkeit bei etwa 10 cm/s.



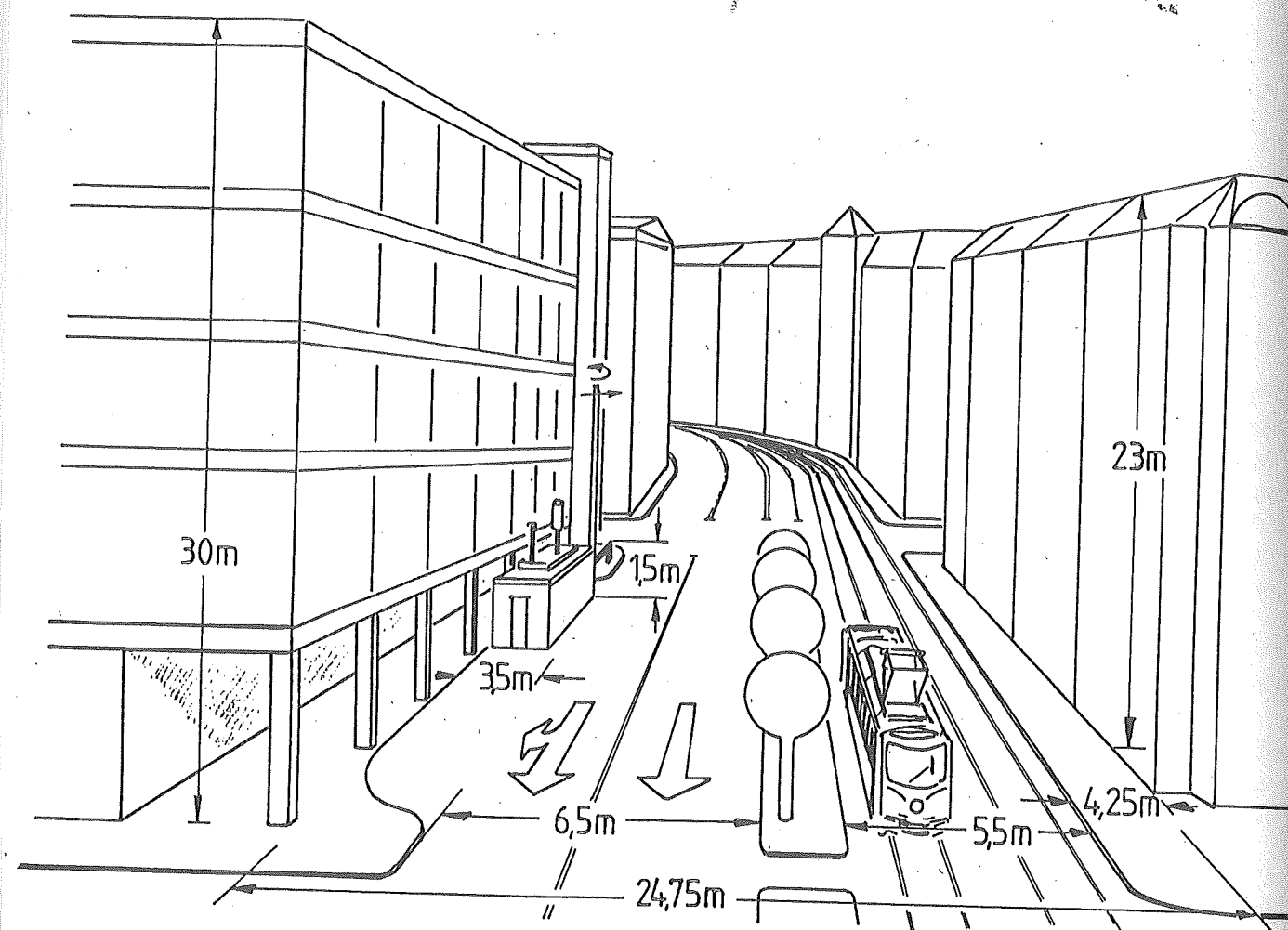


Abb. 1a: Standort der LÜN-Verkehrsstation Braunschweig, Bohlweg

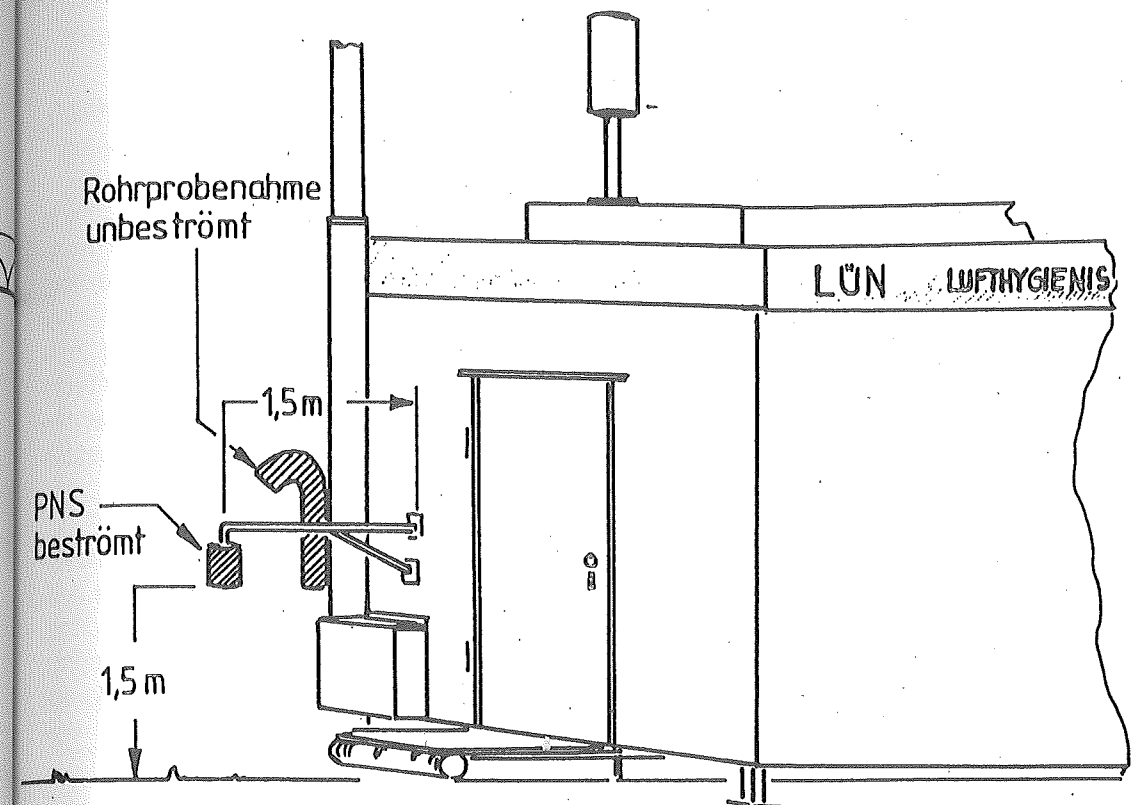


Bild 1

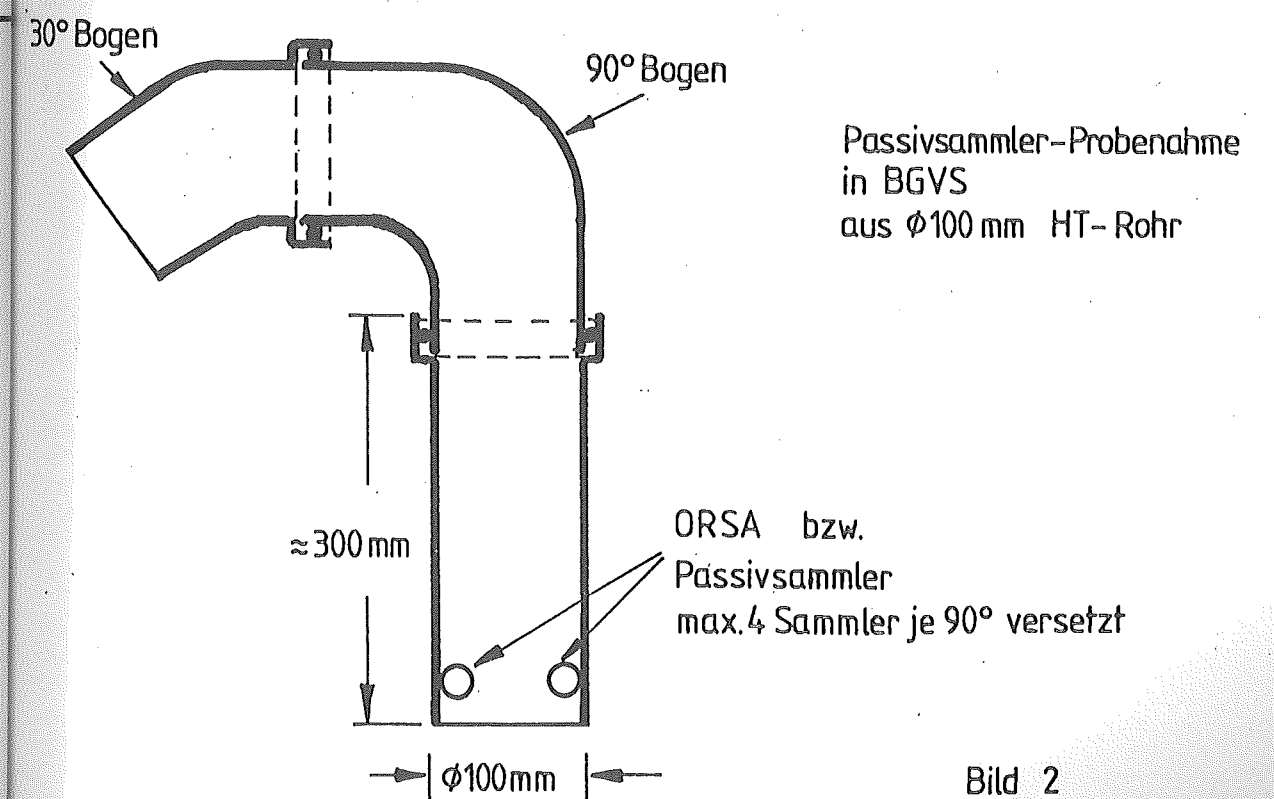


Bild 2

Abb. 1b: Probenahme für Passivsammler an Verkehrsstationen, Probenahmehöhe 1,5 m

### 5.3 Ergebnisse Straßenschlucht

Die Ergebnisse der Vergleichsmessungen mit den beströmt Passivsammlern (NLÖ, ORSA5; UMEG: Eigenbau) enthält Tab. 1.

Die weiteren bisher erzielten Ergebnisse mit unbeströmt Passivsammlern, die in dem in Abb. 1b dargestellten Expositionsrohr montiert waren, sind in den Tab. 2 bis 5 zusammengefasst. Da die Auswertungen der Passivsammler üblicherweise auf 25°C bezogen werden, wurden die Ergebnisse der kontinuierlichen Messungen mittels Gaschromatographen in der Verkehrsstation ebenfalls auf diese Bezugstemperatur umgerechnet. Die sonst veröffentlichten Konzentrationen (z.B. LÜN-Monatsberichte) sind auf 0°C bezogen. Der Umrechnungsfaktor beträgt 0,92 ( $T=273\text{ K}/T=298\text{ K}$ ). Die Ergebnisse der GC-Messungen werden ohne Nachkommastelle angegeben. Durch die Umrechnung ergeben sich Nachkommastellen, die hier bewußt nicht gerundet werden.

Die Übereinstimmung der mit den Passivsammlern bestimmten Benzol- und Toluol-Konzentrationen ist überwiegend als gut zu beurteilen. Dies gilt insbesondere, wenn man den Aufwand beachtet, den die Einbeziehung von fünf verschiedenen Laboren für das Handling, die Analytik und Auswertung bedeutet. Allerdings ist die Anzahl der Proben noch zu gering, um statistische Auswertungen durchzuführen. In Tab. 6 und Abb. 2 sind die Ergebnisse der pro Monat fünf Messungen (GC, drei ORSA5-Passivsammler, UMEG-Passivsammler) verglichen.

Es ist geplant, das bisherige Programm in Jahr 1996 fortzuführen.

### 5.4 Ergebnisse Tiefgarage

Um den Einsatz von Passivsammlern auch an Orten mit höheren Benzolbelastungen zu erproben, untersuchen wir seit einigen Monaten den Schranken- und Kassenbereich einer Tiefgarage in der Innenstadt von Braunschweig. Hier werden, wie in Tab. 7 angegeben, Monatsmittelwerte von 40 bis 100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen. Auch dieses Programm wird 1996 fortgeführt.

Tab. 1:

#### Vergleichsmessungen Passivsammler

Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Gasprobenahme Station, Proben beströmt

| Monat  | GC   | NLÖ  | UMEG |
|--------|------|------|------|
| Apr 95 | 11,9 | 9,8  | 10,2 |
| Jun 95 | 12,8 | 11,3 | 14,0 |
| Jul 95 | 12,8 | 12,0 | 14,1 |
| Aug 95 | 11,0 | 12,2 | 12,5 |
| Sep 95 | 13,7 | 14,1 | 15,9 |
| Okt 95 | 17,4 | 16,9 |      |
| Nov 95 | 17,4 | 15,0 | 15,8 |
| Dez 95 | 13,7 | 11,6 |      |

Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Gasprobenahme Station, Proben beströmt

| Monat  | GC   | NLÖ  | UMEG |
|--------|------|------|------|
| Apr 95 | 38,5 | 23,4 | 20,3 |
| Jun 95 | 32,1 | 28,6 | 35,0 |
| Jul 95 | 30,2 | 30,5 | 43,5 |
| Aug 95 | 26,6 | 28,9 | 21,8 |
| Sep 95 | 36,6 | 40,6 | 36,3 |
| Okt 95 | 45,8 | 48,3 |      |
| Nov 95 | 45,8 | 37,9 | 34,0 |
| Dez 95 | 34,8 | 28,9 |      |

Tab. 2:

Vergleichsmessungen Passivsammler

Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | UMEG-1 | UMEG-2 |
|--------|------|-------|-------|--------|--------|
| Apr 95 | 11,9 | 10,2  | 10,0  | 17,2   | 16,3   |
| Jun 95 | 12,8 | 11,7  |       | 17,7   | 17,2   |
| Jul 95 | 12,8 | 12,1  | 11,3  | 11,9   | 15,2   |
| Aug 95 | 11,0 | 13,1  | 13,0  | 15,9   | 13,8   |
| Sep 95 | 13,7 | 14,5  | 14,0  | 16,3   | 18,4   |
| Okt 95 | 17,4 | 17,3  | 17,4  | 17,6   | 18,1   |
| Nov 95 | 17,4 | 15,4  | 14,7  | 18,0   | 23,1   |
| Dez 95 | 13,7 | 11,4  | 11,8  |        |        |

Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | UMEG-1 | UMEG-2 |
|--------|------|-------|-------|--------|--------|
| Apr 95 | 38,5 | 23,3  | 24,1  | 39,2   | 36,4   |
| Jun 95 | 32,1 | 29,9  |       | 42,0   | 54,4   |
| Jul 95 | 30,2 | 28,4  | 28,9  | 23,3   | 28,1   |
| Aug 95 | 26,6 | 31,3  | 31,0  | 28,2   | 24,5   |
| Sep 95 | 36,6 | 41,1  | 42,3  | 40,9   | 41,9   |
| Okt 95 | 45,8 | 46,0  | 47,1  | 39,9   | 42,5   |
| Nov 95 | 45,8 | 38,8  | 37,6  | 26,2   | 38,8   |
| Dez 95 | 34,8 | 29,2  | 31,6  |        |        |

Tab. 3:

Vergleichsmessungen Passivsammler

Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | BayLfU-1 | BayLfU-2 |
|--------|------|-------|-------|----------|----------|
| Jun 95 | 12,8 | 11,7  |       | 12,0     |          |
| Jul 95 | 12,8 | 12,1  | 11,3  | 13,5     | 13,5     |
| Aug 95 | 11,0 | 13,1  | 13,0  | 15,7     | 15,0     |
| Sep 95 | 13,7 | 14,5  | 14,0  | 14,4     | 14,9     |

Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | BayLfU-1 | BayLfU-2 |
|--------|------|-------|-------|----------|----------|
| Jun 95 | 32,1 | 28,6  |       | 25,2     |          |
| Jul 95 | 30,2 | 28,4  | 28,9  | 26,0     | 26,1     |
| Aug 95 | 26,6 | 31,3  | 31,0  | 31,4     | 30,3     |
| Sep 95 | 36,6 | 41,4  | 42,3  | 37,1     | 39,2     |



Tab. 4:

## Vergleichsmessungen Passivsammler

Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | LUA-1 | LUA-2 |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| Jun 95 | 12,8 | 11,7  |       | 13,2  |       |
| Jul 95 | 12,8 | 12,1  | 11,3  | 7,3   | 7,2   |
| Aug 95 | 11,0 | 13,1  | 13,0  | 14,2  | 14,7  |
| Sep 95 | 13,7 | 14,5  | 14,0  | 13,2  | 13,5  |
| Okt 95 | 17,4 | 17,3  | 17,4  | 19,8  | 19,2  |
| Nov 95 | 17,4 | 15,4  | 14,7  | 16,5  | 16,2  |
| Dez 95 | 13,7 | 11,4  | 11,8  | 13,0  | 13,5  |

Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC   | NLÖ-1 | NLÖ-2 | LUA-1 | LUA-2 |
|--------|------|-------|-------|-------|-------|
| Jun 95 | 32,1 | 29,9  |       | 32,0  |       |
| Jul 95 | 30,2 | 28,4  | 28,9  | 16,3  | 16,0  |
| Aug 95 | 26,6 | 31,3  | 31,0  | 33,1  | 32,5  |
| Sep 95 | 36,6 | 41,1  | 42,3  | 35,1  | 35,7  |
| Okt 95 | 45,8 | 46,0  | 47,1  | 52,2  | 48,1  |
| Nov 95 | 45,8 | 38,8  | 37,6  | 41,7  | 41,0  |
| Dez 95 | 34,8 | 29,2  | 31,6  | 58,1  | 37,1  |

Tab. 5:

## Vergleichsmessungen Passivsammler

Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Frankfurt-Innenstadt

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC | UBA-1 | UBA-2 | NLÖ |
|--------|----|-------|-------|-----|
| Sep 95 |    | 8,0   | 7,0   | 6,7 |
| Okt 95 |    | 11,0  | 10,0  | 9,2 |
| Nov 95 |    |       |       | 7,7 |
| Dez 95 |    |       |       |     |

Toluol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Frankfurt-Innenstadt

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC | UBA-1 | UBA-2 | NLÖ  |
|--------|----|-------|-------|------|
| Sep 95 |    | 27,0  | 27,0  | 22,0 |
| Okt 95 |    | 30,0  | 31,0  | 29,5 |
| Nov 95 |    |       |       | 22,4 |
| Dez 95 |    |       |       |      |

Tab. 6:

## Vergleichsmessungen Passivsammler

Benzol, Angaben in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

Meßstelle: Verkehrsstation Braunschweig

Probenahmehöhe: 1,5 Meter

Probenahmestelle: Expositionsrohr, Proben unbeströmt

| Monat  | GC   | NLÖ  | LUA  | UMEG | BayLfU |
|--------|------|------|------|------|--------|
| Jun 95 | 12,8 | 11,7 | 13,3 | 17,2 | 12,0   |
| Jul 95 | 12,8 | 12,1 | 7,3  | 11,9 | 13,5   |
| Aug 95 | 11,0 | 13,1 | 14,2 | 13,8 | 15,0   |
| Sep 95 | 13,7 | 14,0 | 13,5 | 16,3 | 14,4   |
| Okt 95 | 17,4 | 17,4 | 19,2 | 17,6 |        |
| Nov 95 | 17,4 | 15,4 | 16,5 | 18,0 |        |
| Dez 95 | 13,7 | 11,8 | 13,0 |      |        |

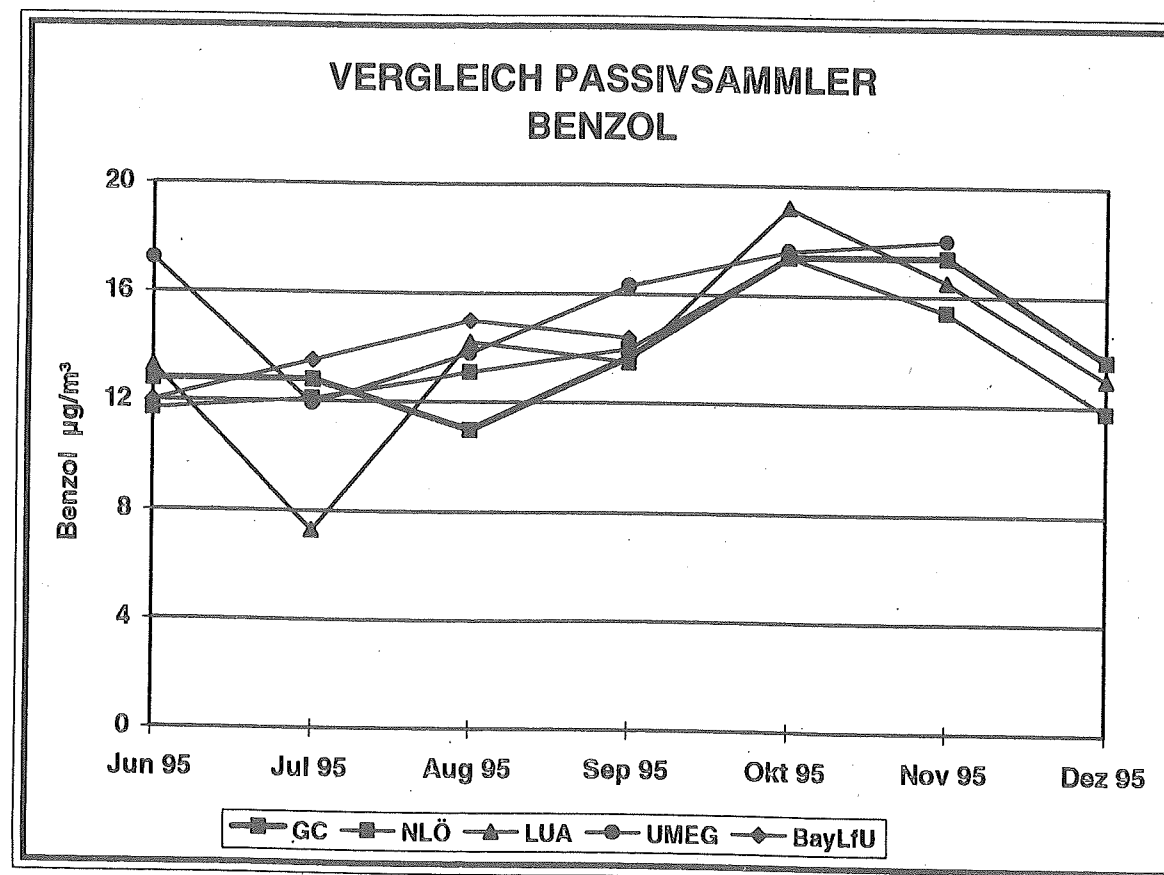


Abb. 2: Vergleich der Benzol-Monatsmittel

Tab. 7:

## Erprobung von Passivsammlern in einer Tiefgarage

Ort: Braunschweig-Innenstadt

Benzol-, Toluol- und Xylol-Monatsmittelwerte in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 

| Monat/<br>Jahr | Tiefgarage/1 |        |       | Tiefgarage/2 |        |       |
|----------------|--------------|--------|-------|--------------|--------|-------|
|                | Benzol       | Toluol | Xylol | Benzol       | Toluol | Xylol |
| Mär 95         | 89           | 217    | 239   | 76           | 184    | 200   |
| Apr 95         | 67           | 182    | 196   | 49           | 134    | 140   |
| Mai 95         | 73           | 205    | 204   | 54           | 149    | 147   |
| Jun 95         | 97           | 260    | 245   | 70           | 186    | 173   |
| Jul 95         | 79           | 202    | 176   | 55           | 150    | 124   |
| Aug 95         | 58           | 161    | 138   | 37           | 114    | 91    |
| Sep 95         | 87           | 249    | 236   | 68           | 198    | 193   |
| Okt 95         | 92           | 259    | 247   | 82           | 230    | 215   |
| Nov 95         | 79           | 213    | 191   | 64           | 172    | 160   |
| Dez 95         | 57           | 160    | 186   | 41           | 114    | 131   |
| Mittel         | 78           | 211    | 206   | 59           | 163    | 157   |