

**RUSS- UND  
SCHWERMETALLIMMISSIONEN IM  
BEREICH EINER AUTOBAHN**



# **Russ- und Schwermetallimmissionen im Bereich einer Autobahn**

**BE-113**

Wien, Dezember 1998

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie



<b>Projektleitung</b>	Marina Fröhlich Andrea Hanus-Illnar
<b>Autoren</b>	Eduard Frank Cristina Trimbacher
<b>Satz/Layout</b>	Evelyn Neuhold Maria Eichhorn
<b>Analytik</b>	Zentrallabor Wien, Analytik I und II
<b>Probenahme</b>	Abteilung für Lufthygiene

*Die Stickstoffmonoxidkonzentrationswerte wurden dankenswerterweise vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung für Umweltschutz und Luftgüteüberwachung, zur Verfügung gestellt.*

### **Impressum**

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

© Umweltbundesamt, Wien, 1998  
Alle Rechte vorbehalten (all rights reserved)  
ISBN 3-85457-446-0

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	Verkehrsrelevante Luftschadstoffe.....	1
1.2	Ziele des Untersuchungsprogrammes.....	3
<b>2.</b>	<b>ABLAUF DES UNTERSUCHUNGSPROGRAMMES.....</b>	<b>4</b>
2.1	Probenahme .....	4
2.2	Analyse von Ruß.....	6
2.2.1	Coulometrisches Analysenverfahren.....	6
2.2.1.1	Bestimmung des Gesamtkohlenstoffes.....	6
2.2.1.2	Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes .....	7
2.3	Analyse der Schwermetalle .....	7
<b>3.</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>8</b>
3.1	Ergebnisse der Rußimmissionsmessungen .....	8
3.2	Ergebnisse der Schwermetallimmissionsmessungen.....	13
<b>4.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>18</b>
<b>5.</b>	<b>LITERATUR.....</b>	<b>19</b>



# 1 EINLEITUNG

## 1.1 Verkehrsrelevante Luftschadstoffe

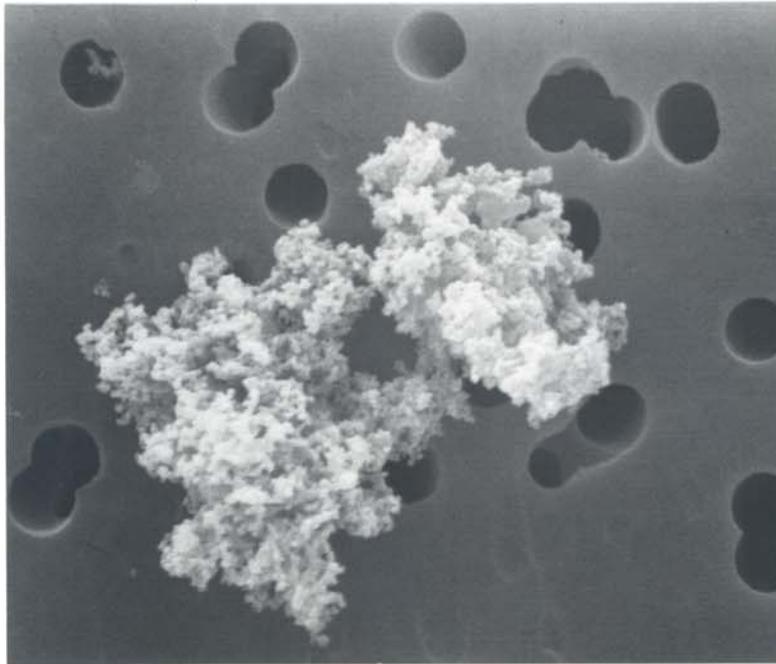
Schadstoffemissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr stellen heute eine wesentliche Quelle für Luftverunreinigungen in städtischen Bereichen dar. Als Hauptkomponenten der Verkehrsbelastung sind die Stickstoffoxide zu nennen, die mit rund 57% der Gesamtemissionen in Österreich aus dieser Emittentengruppe stammen (KÖNIG et al., 1997). Weitere klassische Luftschadstoffkomponenten sind Kohlenstoffmonoxid, Kohlenstoffdioxid und in geringen Konzentrationen auch Schwefeldioxid, welches zum Teil auf den Schwefelgehalt des Dieseltreibstoffes zurückzuführen ist. Bei der unvollständigen Verbrennung entstehen polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, Benzol, Toluol und eine Reihe von weiteren organischen Verbindungen, die mit den Abgasen in die Außenluft gelangen.

Neben den gasförmigen Schadstoffen führen auch Partikelemissionen zur Beeinträchtigung der Luftqualität, wobei der Straßenverkehr eine wesentliche anthropogene Quelle darstellt. Bei den Partikelemissionen handelt es sich um ein komplexes Gemisch aus festen Teilchen und Flüssigkeitströpfchen unterschiedlicher Größe, Zusammensetzung und Herkunft. Partikel können geogenen Ursprungs sein, sie entstehen aber in erster Linie anthropogen bedingt bei verschiedenen Verbrennungsprozessen (Straßenverkehr, Kleinf Feuerungsanlagen, kalorische Kraftwerke, Abfallverbrennungsanlagen, Industrie,...). Vor allem Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser unter 10 µm stellen ein potentielles Gesundheitsrisiko dar, da diese, bedingt durch ihre geringe Größe, in die Atemwegsorgane eindringen und Reizungen der Schleimhäute bzw. Kanzerogenität bei Mensch und Tier hervorrufen können. Durch den Kraftfahrzeugverkehr, insbesondere durch Dieselfahrzeuge, werden hauptsächlich Rußpartikel, die bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Treibstoffe entstehen, emittiert. Weiters gelangen grobkörnigere Partikel, die auf mechanischen Abrieb von Reifen, Kupplung und Fahrbahn zurückzuführen sind, in die Außenluft. Rußpartikel bestehen aus einem graphitähnlichen Festkörper und angelagerten organischen und anorganischen Komponenten. Anders ausgedrückt, setzt sich Ruß generell aus elementarem Kohlenstoff (EC) und primär emittierten organischen Verbindungen (OC) wie z.B. Benzol, PAHs zusammen. Die potentielle Toxizität von Ruß wird diesen angelagerten Komponenten zugeschrieben. Neueren Untersuchungen zufolge dürfte aber auch der elementare Kohlenstoffkern selbst (EC) als Auslöser für Atemwegserkrankungen in Frage kommen (HEINRICH et al., 1991).

Dieselfußpartikel setzen sich aus einer Vielzahl von kugelförmigen, nahezu gleich großen Primärpartikeln in einem Größenbereich von 20 bis 50 nm zusammen, die ihrerseits Agglomerate, komplexe dreidimensionale Gebilde unterschiedlichen Aussehens bilden (siehe Abb. 1). Neben chemischen Analyseverfahren zur Bestimmung des Gesamtkohlenstoffes werden auch verschiedene mikroskopische Techniken zur Identifizierung von Einzelpartikeln in Bezug auf Größe, Form, Oberflächentextur sowie ihrem Gehalt an anorganischen Elementen verwendet.

Zu den Metallen, die ubiquitär vorkommen und im allgemeinen auf die Verkehrsemissionen zurückzuführen sind, zählen neben Kupfer und Zink ebenso Cadmium, Blei, Antimon, Arsen und Nickel. Cadmium befindet sich in geringen Konzentrationen im Dieseltreibstoff. Die Hauptquelle der verkehrsbedingten Cadmiumemissionen stellen der Fahrbahn-, Bremsbelag- und Reifenabrieb dar. Mehr als die Hälfte der Gesamtemissionen von Cadmium in Österreich stammt jedoch aus dem Sektor der Kleinverbraucher (Haushalte, Gewerbe,...). Die Bleiemissionen konnten in den letzten Jahren durch die Einführung von bleifreien Kraftstoffen deutlich reduziert werden und sollten daher in den kommenden Jahren kein verkehrsbedingtes Umweltproblem mehr darstellen.

In einer bundesweiten Erhebung von neun Schwermetallen im Rahmen von CORINAIR 94 wurden auch die Gesamtemissionen von Blei erfaßt. Diese sind in Österreich hauptsächlich industriell bedingt. Die Bleiemissionen aus dem Straßenverkehr sind aufgrund des Verbots von verbleitem Treibstoff mittlerweile auf 0,05% der Gesamtemission zurückgegangen. Verkehrsbedingte Emissionen von Antimon, Arsen und Nickel entstehen bei verschiedenen Abriebsvorgängen.



*Abb. 1: Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme eines Dieselrußaggregates auf einem Nucleoporefilter. Vergrößerung: 14.500fach. Die Porenweite beträgt rd. 0,8  $\mu\text{m}$  („schwarze“ Kreise).*

## 1.2 Ziele des Untersuchungsprogrammes

Partikelemissionen dieselbetriebender Kraftfahrzeuge („Dieselruß“) tragen besonders im städtischen Bereich zur Staubbelastung bei. Deutschland hat als erstes europäisches Land im Dezember 1996 einen Immissionsprüfwert für Ruß – definiert als EC – im Schwebestaub in der 23. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes festgelegt. Die VO legt für bestimmte Straßen und Gebiete, in denen besonders hohe, vom Verkehr bedingte Immissionen zu erwarten sind, Konzentrationswerte für verschiedene luftverunreinigende Stoffe fest. Beim Konzentrationswert für Ruß handelt sich um einen arithmetischen Jahresmittelwert, welcher in einem 2-Stufenplan von ursprünglich  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  per 1. Juli 1998 auf  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  abgesenkt wurde. Zur Erfassung verkehrsspezifischer Rußimmissionen in Österreich hat das Umweltbundesamt im Jahr 1996 von Mitte April bis Mitte Juli quasikontinuierliche Rußmessungen an einer verkehrsbeeinflußten, autobahnnahen Meßstelle im Großraum Wien durchgeführt.

Im Zuge derselben Meßkampagne wurden vom Umweltbundesamt Schwermetallkonzentrationen im Schwebestaub erhoben. Die Probenahme erfolgte dabei mittels PM10 Probenahmekopf. Es wurden die Gehalte von Blei, Cadmium, Antimon, Arsen und Nickel bestimmt. Die Konzentrationen der genannten Schwermetalle sind nicht nur aufgrund ihrer toxikologischen Relevanz von Interesse, sondern es liegen auch allgemein für Österreich noch wenig Vergleichsdaten über mittels PM10-Methode bestimmte Schwermetallkonzentrationen im Schwebestaub vor.

Im Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe (BGBl. 115/1997), auch Immissionsschutzgesetz – Luft, IG-L, bezeichnet, ist für Blei im Schwebestaub ein Grenzwert von  $0,001 \text{ mg}/\text{m}^3$  als Jahresmittelwert festgesetzt. Das Gesetz trat mit 1. April 1998 in Kraft.

Die EU-Rahmenrichtlinie 96/62/EC über die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität (Luftqualitätsrahmenrichtlinie) stellt den Rahmen für künftige gemeinschaftliche Rechtsvorschriften im Bereich Luftqualität dar. In dieser Richtlinie sind nach einem fixen Stufenplan Tochterrichtlinien zu erstellen, in denen die diversen Luftschadstoffe nach einheitlichen Methoden und Kriterien zu beurteilen sind. Für  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , Staub und Blei in der Außenluft existiert bereits ein Richtlinienvorschlag. In weiterer Folge sind Tochterrichtlinien für diverse Schwermetalle (Cadmium, Nickel, Quecksilber, Arsen) und PAHs zu erstellen. Die Bestimmung der genannten Schwermetalle und PAHs im Schwebestaub wird den Mitgliedstaaten empfohlen, da über die Konzentrationen dieser Komponenten in der Außenluft Basisdaten erforderlich sind. Das Europäische Normungsinstitut CEN hat im Vollzug der EU-Rahmenrichtlinie die Aufgabe, eine für alle EU Mitgliedstaaten gültige Referenzmethode zur Bestimmung von Blei, Cadmium, Arsen und Nickel in der Außenluft zu erarbeiten, die dann als nationale Standards gelten. Diese sieht eine Probenahme von Schwebestaub mittels PM10-Probenahmekopf vor.

## 2 ABLAUF DES UNTERSUCHUNGSPROGRAMMES

Beginnend mit April 1996 wurden für rund drei Monate vom Umweltbundesamt Ruß- und Schwermetallimmissionsmessungen an einer vom Amt der Niederösterreichischen Landesregierung, Abteilung B/10 – Referat Luftgütemeßnetz, an der A 21 Außenringautobahn bei Perchtoldsdorf temporär eingerichteten Meßstation durchgeführt. Vom Land NÖ wurden Stickstoffmonoxid, Ozon, Schwefeldioxid und Staub als Halbstundenmittelwerte sowie meteorologische Parameter gemessen. Nach Auskunft des Amtes der NÖ Landesregierung war diese Meßstelle, die an einer Steigungsstelle am Rande der bergaufführenden Fahrbahn eingerichtet wurde, als verkehrsnah konzipiert. Der Container befand sich jedoch hinter einer Lärmschutzwand. Die Ansaughöhe wurde so gewählt, daß eine ungehinderte Anströmung der verkehrsbedingten Immissionen zu erwarten war.

Im Zeitraum vom 19.4.1996 bis 14.5.1996 wurden neun Probennahmen von Schwebestaub für jeweils 24 Stunden durchgeführt (vgl. Tab.1). Dafür wurde ein Kleinfiltergerät GS050 (Fa. Purucker), versehen mit einem PM 10 Kopf, verwendet.

Im Zeitraum 11.6.1996 bis 15.7.1996 wurden ohne Unterbrechung quasi kontinuierlich Probenahmen für jeweils 24 Stunden durchgeführt. Für die Besaugung der Quarzfilter wurde ein High Volume Sampler DHA80 (Fa. Digital), ebenfalls versehen mit einem PM10 Kopf, verwendet (vgl. Tab.1). Alle Filterwechsel erfolgten immer zu Mittag des jeweiligen Tages. Im Zeitraum vom 11.6.1996 bis 15.7.1996 wurden die mittels High Volume Sampler beaufschlagten Quarzfilter auch hinsichtlich der Schwermetallgehalte analysiert.

### 2.1 Probenahme

Für beide Probenahmegeräte erfolgte die Abscheidung der Rußpartikel auf einem Quarzfilter (Tissuequartz 2500QAO-UP mit 0,6 mm Dicke von der Fa. PALL Austria). Die Probe wurde jeweils über einen PM<sub>10</sub>Kopf\* angesaugt. Von Mitte April 1996 bis Mitte Juni 1996 wurde zunächst das Kleinfiltergerät für die Rußprobenahme verwendet, da der High Volume Sampler für diesen Zeitraum noch nicht zur Verfügung stand. Ab Mitte Juni 1996 bis Mitte Juli 1996 gelangte dann letzterer zum Einsatz.

Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Probenahmegeräten besteht darin, daß das Kleinfiltergerät keine Autosamplerfunktion hat, d.h. es muß jeder Filterwechsel nach der Probenahme manuell durchgeführt werden. Die besaugte Oberfläche des Quarzfilters beim Kleinfiltergerät beträgt 41 mm, das durchgesaugte Luftvolumen 55 m<sup>3</sup>/24 Stunden bezogen auf Umgebungsbedingungen.

Der High Volume Sampler läßt sich mit 15 Filtern bestücken, die zeitprogrammiert vollautomatisch gewechselt werden. Der besaugte Filterdurchmesser beträgt 140 mm und das durchgesaugte Volumen beträgt 720 m<sup>3</sup>/24 Stunden. Durch den automatischen Betrieb können somit 15 verschiedene Filter nacheinander, zeitgesteuert mit einem definierten Luftvolumen, besaugt werden. Neben dem Autosamplerbetrieb ist die Größe des besaugten Quarzfilters ein weiterer Vorteil des High Volume Samplers. Von dem gesamten Filter wird nur ein Aliquot mit einem Durchmesser von 40 mm für die Rußanalyse benötigt, was einem aliquoten Volumsanteil für Kohlenstoff von rd. 63 m<sup>3</sup> bezogen auf Umgebungsbedingungen entspricht. Dieses Filteraliquot wird mit einer Stanzvorrichtung aus dem gesamten Filter ausgestochen. Somit kann die Analyse bei Bedarf wiederholt bzw. Schwermetallanalysen durchgeführt werden.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Es werden 50 % der Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm erfaßt, bei größeren Partikeln wird der gesammelte Anteil deutlich geringer, bei kleineren höher.

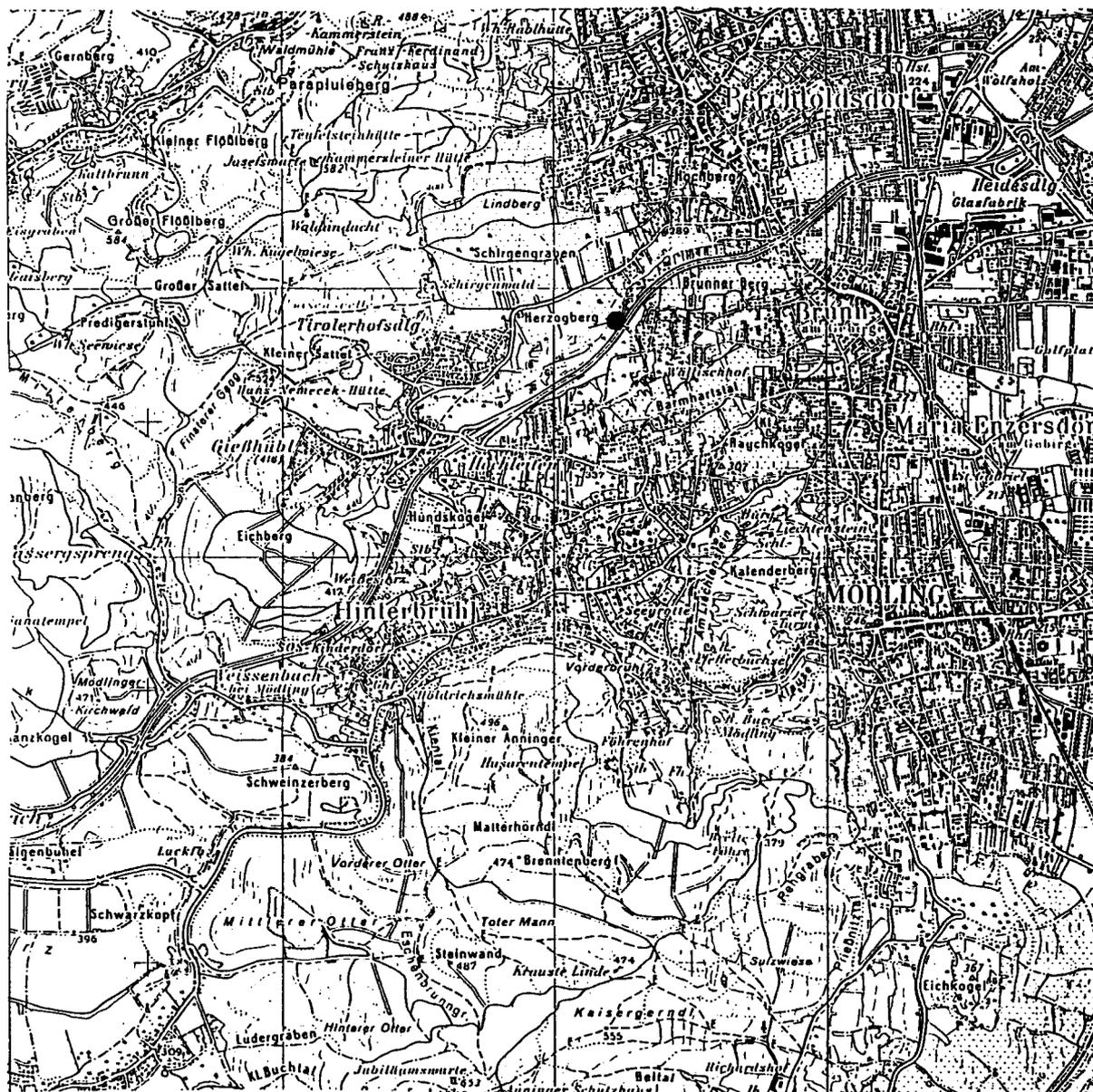


Abb.2: Lageskizze der Meßstelle

## 2.2 Analyse von Ruß

### 2.2.1 Coulometrisches Analysenverfahren

Zur Verwendung gelangte das coulometrische Verfahren, welches in der VDI Richtlinie (VDI 2465, Blatt 1, Dezember 1996) als Referenzverfahren festgelegt ist. In Abb. 3 ist der Aufbau der Analyseapparatur dargestellt.

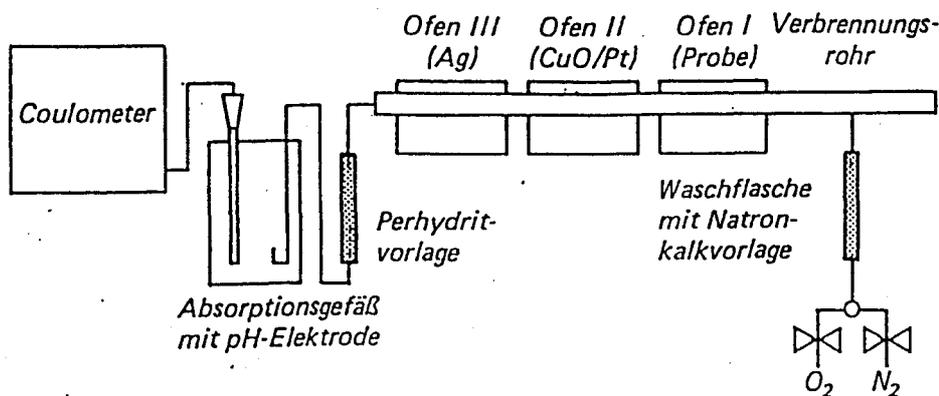


Abb. 3: Aufbau der Analyseapparatur

Bei dem hier angewandten Verfahren wird das mit Ruß belegte Quarzfilter bei 650°C unter Sauerstoff im Ofen I verbrannt, die Verbrennungsgase gelangen in den nachgeschalteten Ofen II, wo eine katalytische Nachoxidation bei 900 °C an einem Kupfer II oxid- und Platin-katalysator erfolgt. Im Ofen III werden bei 600 °C an Silberwolle eventuell vorhandene Halogene aus dem Verbrennungsgas entfernt. Die nachgeschaltete Perhydritvorlage dient zur Entfernung von Schwefel aus dem Verbrennungsgas. Danach werden die Verbrennungsgase bzw. CO<sub>2</sub> in einer alkalischen Bariumperchloratlösung absorbiert und zum Bariumcarbonat umgesetzt. Aus der Ladungsmenge, die zur Wiederherstellung der Ausgangsalkalität der Absorptionslösung erforderlich ist, wird der Kohlenstoffgehalt der Probe ermittelt.

Die mit Ruß belegten Filter werden in einem verschlossenen Gefäß ins Labor gebracht. Die Filter aus dem Kleinfiltergerät werden direkt mit der Halbierungsvorrichtung geteilt und die Hälften zur Analyse eingesetzt. Aus dem besaugten Filter des High Volume Samplers DHA80 wird ein Teil mit einem Durchmesser von 40 mm ausgestanzt und zur Analyse herangezogen. Das ausgestanzte Filteraliquot wird mit Hilfe einer Halbierungsvorrichtung geteilt, ein Teil wird für die Bestimmung des Gesamtkohlenstoffes herangezogen, der andere Teil wird zur Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes verwendet.

#### 2.2.1.1 Bestimmung des Gesamtkohlenstoffes

Eine Filterhälfte wird direkt unter Sauerstoffstrom bei 650 °C verbrannt und das entstehende Kohlendioxid coulometrisch detektiert. Die dabei gemessene Ladungsmenge wird dann noch auf den Gehalt an µg TC/m<sup>3</sup> Luft umgerechnet.

### 2.2.1.2 Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes

Die zweite Filterhälfte wird zunächst mit einer Mischung aus Isopropanol und Toluol (1:1) extrahiert, um organische Verbindungen herunter zu lösen (Extraktion für ca. 24 Stunden). Danach wird die extrahierte Filterhälfte für ca. 24 Stunden bei 40 °C getrocknet und anschließend einer Thermodesorption unter Stickstoff bei 500 °C unterworfen, um Lösemittelreste und nicht extrahierbare organische Verbindungen zu entfernen. Danach wird die so vorbehandelte Filterhälfte unter Sauerstoff bei 650 °C verbrannt und das entstandene Kohlendioxid coulometrisch bestimmt. Die so gemessene Ladungsmenge wird auf den Gehalt an  $\mu\text{g EC}/\text{m}^3$  Luft umgerechnet.

## 2.3 Analyse der Schwermetalle

Für die Bestimmung der Schwermetallgehalte wurde jeweils ein Teil der besaugten Quarzfilter verwendet und in einem Gemisch aus Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und Wasserstoffperoxid aufgeschlossen.

Die Bestimmung der Blei-, Cadmium-, Antimon- und Arsengehalte der Filterproben erfolgte mittels Atomabsorptionsspektrometrie (AAS). Die Nickelgehalte wurden mittels Atomemissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) in Anlehnung an VDI 2268 durchgeführt.

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Ergebnisse der Rußimmissionsmessungen

Eine Übersicht über alle Ergebnisse, die im Zeitraum von 19. April 1996 bis 15. Juli 1996 erhalten wurden, ist in Tab. 1 und 2 gegeben.

Zu beachten ist, daß erst ab 11. Juni 1996 ein quasi-kontinuierlicher Probenahmebetrieb rund um die Uhr unter Verwendung des High Volume Samplers möglich war. Im Zeitraum vom 19. April 1996 bis 14. Mai 1996 wurde die Probenahme zunächst mit dem Kleinfiltergerät durchgeführt.

*Tab. 1: Übersicht über die Meßdaten für TC und EC, Probenahme mit Kleinfiltergerät*

Meßzeitraum	TC $\mu\text{g C/m}^3$	EC $\mu\text{g C/m}^3$
Fr/Sa 19./20.4.1996	20,8	10,2
Di/Mi 23./24.4.1996	20,0	8,7
Mi/Do 24./25.4.1996	6,0	2,0
Do/Fr 25./26.4.1996	4,8	2,0
Mo/Di 29./30.4.1996	20,6	11,3
Di/Mi 30.4./1.5.1996	13,7	9,1
So/Mo 5./6.5.1996	16,2	8,1
Do/Fr 9./10.5.1996	4,8	1,8
Mo/Di 13./14.5.1996	2,6	< 1

*Tab. 2: Übersicht über die Meßdaten für TC und EC, Probenahme mit High Volume Sampler*

Meßzeitraum	TC $\mu\text{g C/m}^3$	EC $\mu\text{g C/m}^3$
Di/Mi 11./12.6.1996	13,5	7,4
Mi/Do 12./13.6.1996	6,2	1,9
Do/Fr 13./14.6.1996	3,6	< 1
Fr/Sa 14./15.6.1996	3,8	< 1
Sa/So 15./16.6.1996	7,0	2,8
So/Mo 16./17.6.1996	13,1	7,0
Mo/Di 17./18.6.1996	19,9	13,5

Forts. Tab. 2: Übersicht über die Meßdaten für TC und EC, Probenahme mit High Volume Sampler

Meßzeitraum	TC µg C/m <sup>3</sup>	EC µg C/m <sup>3</sup>
Di/Mi 18./19.6.1996	14,0	8,1
Mi/Do 19./20.6.1996	7,0	2,8
Do/Fr 20./21.6.1996	16,8	11,3
Fr/Sa 21./22.6.1996	12,1	8,6
Sa/So 22./23.6.1996	2,0	< 1
So/Mo 23./24.6.1996	2,5	< 1
Mo/Di 24./25.6.1996	8,2	5,0
Di/Mi 25./26.6.1996	6,4	3,2
Mi/Do 26./27.6.1996	3,9	< 1
Do/Fr 27./28.6.1996	4,7	1,4
Fr/Sa 28./29.6.1996	10,4	5,1
Sa/So 29./30.6.1996	5,5	3,2
So/Mo 30.6./1.7.1996	8,8	5,9
Mo/Di 1./2.7.1996	12,9	9,1
Di/Mi 2./3.7.1996	8,1	4,7
Mi/Do 3./4.7.1996	15,6	9,8
Do/Fr 4./5.7.1996	20,0	14,1
Fr/Sa 5./6.7.1996	10,8	6,7
Sa/So 6./7.7.1996	3,4	1,5
So/Mo 7./8.7.1996	14,1	10,0
Mo/Di 8./9.7.1996	2,9	1,0
Di/Mi 9./10.7.1996	2,8	< 1
Mi/Do 10./11.7.1996	2,3	< 1
Do/Fr 11./12.7.1996	3,6	1,3
Fr/Sa 12./13.7.1996	6,3	3,5
Sa/So 13./14.7.1996	9,0	5,3
So/Mo 14./15.7.1996	15,5	8,9

Ein graphischer Verlauf für elementaren Kohlenstoff in dem angegebenen Untersuchungszeitraum ist in Abb. 4 gegeben. Der Verlauf der EC-Konzentrationen zeigt über den gesamten Untersuchungszeitraum wiederholte Zu- und Abnahmen zwischen der Minimalkonzentration an EC, welche bei der Bestimmungsgrenze (BG) von  $1 \mu\text{g EC/m}^3$  lag und der Maximalkonzentration, welche bei  $14 \mu\text{g EC/m}^3$  lag. Diese hohe Konzentration wurde nur an zwei Tagen (17./18.6.1996, sowie vom 4.7./5.7.1996) gemessen. EC-Konzentrationen, die an der Bestimmungsgrenze liegen, wurden dagegen an 8 Meßtagen (13./14.5.96, 13./14.6.96, 14./15.6.96, 22./23.6.96, 23./24.6.96, 26./27.6.96, 9./10.7.96, 10./11.7.96) registriert.

Der Medianwert für die quasikontinuierliche Meßphase (11.6.96 - 15.7.96), liegt bei  $5,3 \mu\text{g EC/m}^3$ , das 34-Tagemittel bei  $6,0 \mu\text{g EC/m}^3$ . Es muß allerdings in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen werden, daß dieser Mittelwert nicht mit dem Immissionsprüfwert von Deutschland verglichen werden darf, da es sich bei diesem Wert um den arithmetischen Jahresmittelwert handelt.

Parallel zur Ermittlung der EC-Konzentration durch das Umweltbundesamt wurde vom Amt der NÖ-Landesregierung, Abtlg. Umwelttechnik und Luftgüteüberwachung, die NO-Konzentration gemessen. Der Vergleich der EC-Daten mit den vorhandenen NO-Daten ist in Abb. 5 dargestellt und zeigt eine sehr gute Übereinstimmung der beiden verkehrsbezogenen Parameter.

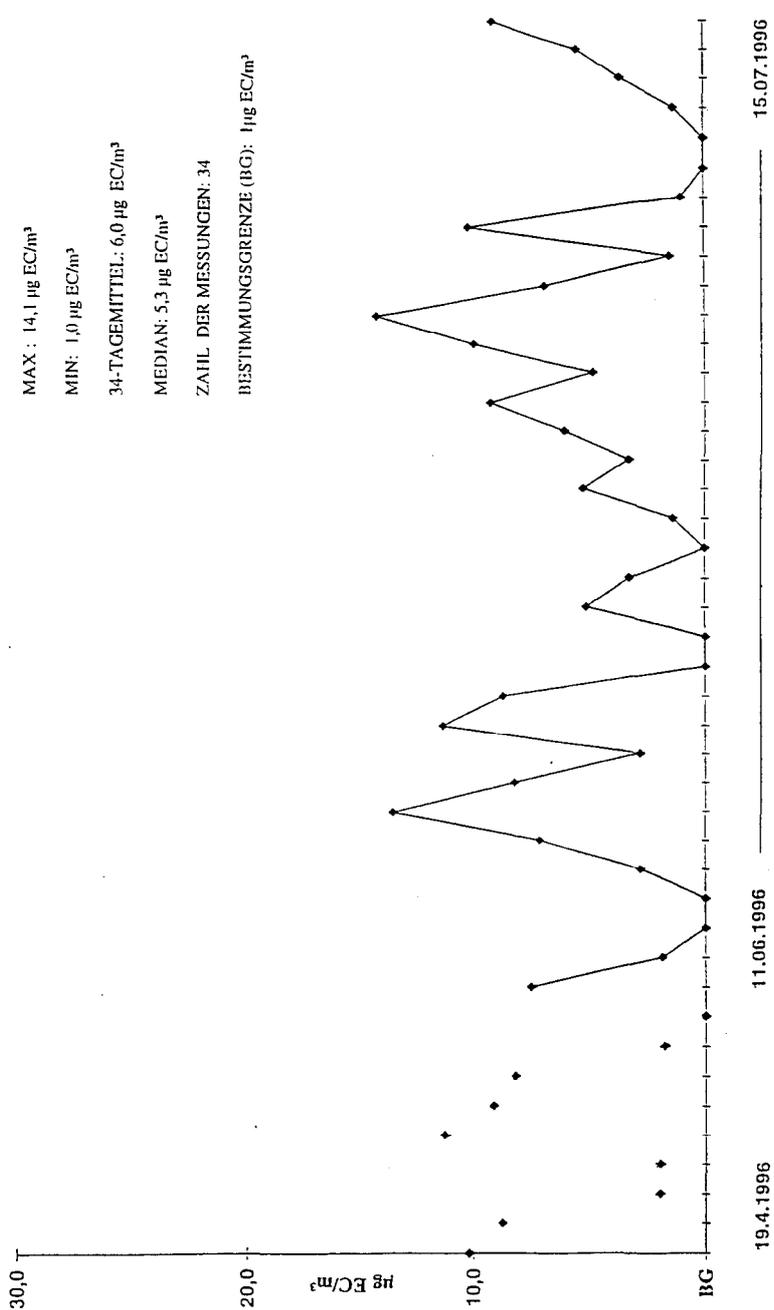


Abb. 4: Verlauf des Gehaltes an elementarem Kohlenstoff an der Autobahn A21  
 Untersuchungszeitraum: 19.4. – 15.7.1996

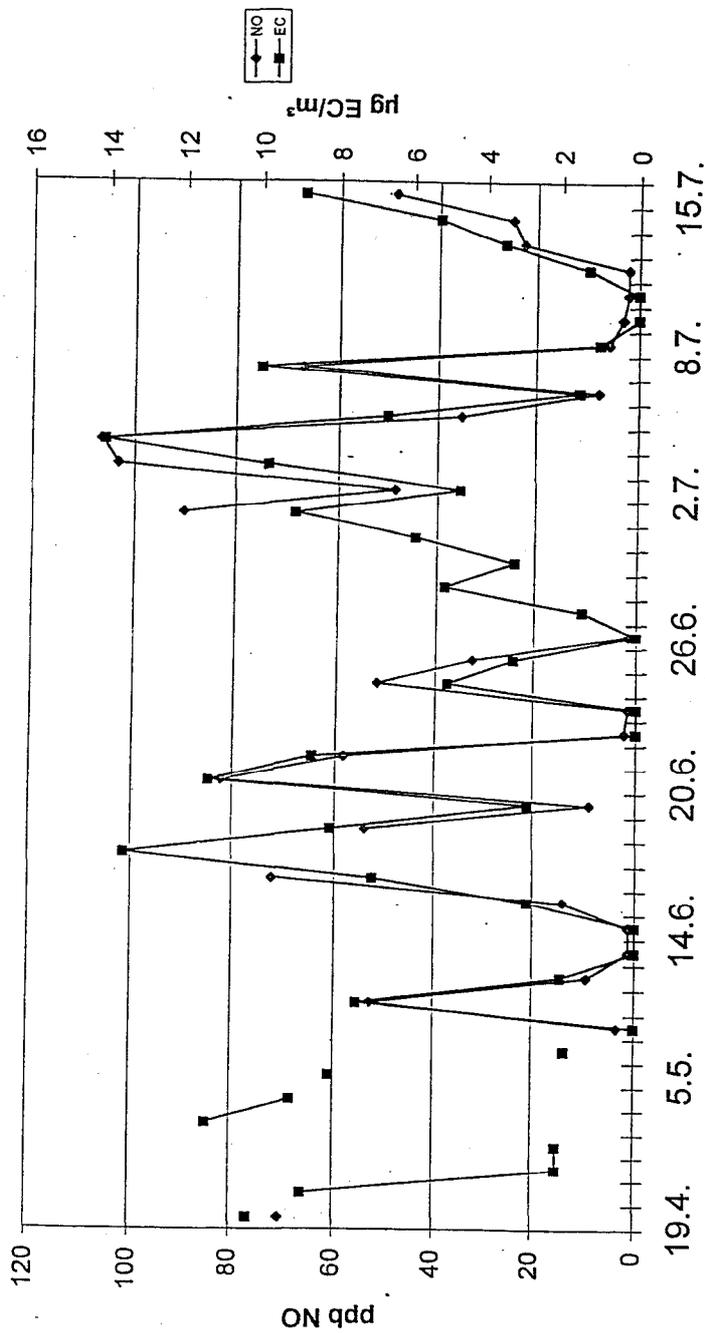


Abb. 5: Verlauf des Gehaltes an elementarem Kohlenstoff und der NO-Konzentration an der Autobahn A21 bei Perchtoldsdorf Untersuchungszeitraum: 19.4. - 15.7.1996

### 3.2 Ergebnisse der Schwermetallimmissionsmessungen

Eine Übersicht der ermittelten Schwermetallgehalte von Blei, Cadmium, Antimon, Arsen und Nickel im Schwebestaub der verkehrsbeeinflussten Meßstelle an der A21 Außenringautobahn bei Perchtoldsdorf, Meßzeitraum vom 12.6.1996 bis 14.7.1996, gibt nachfolgende Tabelle 3.

*Tab. 3: Blei-, Cadmium-, Antimon-, Arsen- und Nickelkonzentrationen im Schwebestaub, Probenahme mit High Volume Sampler*

Meßzeitraum	Pb µg/m <sup>3</sup>	Cd µg/m <sup>3</sup>	Sb µg/m <sup>3</sup>	As µg/m <sup>3</sup>	Ni µg/m <sup>3</sup>
12./13.6.1996	0,0083	0,0001	< 0,00038	0,0003	0,0019
13./14.6.1996	0,0062	0,0001	< 0,00038	0,0005	0,0039
14./15.6.1996	0,0075	0,0001	< 0,00038	0,0007	0,0024
15./16.6.1996	0,0150	0,0001	< 0,00038	0,0004	0,0016
16./17.6.1996	0,0190	0,0002	0,0004	0,0006	0,0039
17./18.6.1996	0,0311	0,0002	0,0011	0,0008	0,0033
18./19.6.1996	0,0230	0,0002	0,0005	0,0005	0,0025
19./20.6.1996	0,0116	0,0002	< 0,00038	0,0004	0,0022
20./21.6.1996	0,0243	0,0002	0,0007	0,0003	0,0021
21./22.6.1996	0,0209	0,0001	0,0008	0,0002	0,0026
22./23.6.1996	0,0029	0,0001	< 0,00038	0,0001	0,0020
23./24.6.1996	0,0042	0,0001	< 0,00038	0,0002	0,0016
24./25.6.1996	0,0135	0,0001	< 0,00038	0,0002	0,0021
25./26.6.1996	0,0204	0,0004	< 0,00038	0,0018	0,0020
26./27.6.1996	0,0209	0,0005	< 0,00038	0,0034	0,0021
27./28.6.1996	0,0088	0,0002	< 0,00038	0,0005	0,0017
28./29.6.1996	0,0257	0,0004	0,0004	0,0006	0,0024
29./30.6.1996	0,0151	0,0002	< 0,00038	0,0002	0,0016
30.6./1.7.1996	0,0109	0,0002	< 0,00038	0,0001	0,0110
1./2.7.1996	0,0253	0,0003	< 0,00038	0,0002	0,0022
2./3.7.1996	0,0104	0,0001	< 0,00038	0,0001	0,0017
3./4.7.1996	0,0264	0,0001	0,0006	0,0002	0,0031
4./5.7.1996	0,0236	0,0002	0,0010	0,0002	0,0021
5./6.7.1996	0,0143	0,0001	< 0,00038	0,0002	0,0019
<i>Bestimmungsgrenze</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,000004</i>	<i>0,00038</i>	<i>0,00009</i>	<i>0,0008</i>

*Forts.Tab. 3: Blei-, Cadmium-, Antimon-, Arsen- und Nickelkonzentrationen im Schwebestaub, Probenahme mit High Volume Sampler*

Meßzeitraum	Pb $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cd $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sb $\mu\text{g}/\text{m}^3$	As $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ni $\mu\text{g}/\text{m}^3$
6./7.7.1996	0,0053	0,0001	< 0,00038	< 0,00009	0,0012
7./8.7.1996	0,0225	0,0001	0,0004	0,0002	0,0042
8./9.7.1996	0,0018	0,0001	< 0,00038	< 0,00009	< 0,0008
9./10.7.1996	0,0039	0,0001	< 0,00038	0,0001	0,0013
10./11.7.1996	0,0042	0,0001	< 0,00038	0,0002	0,0010
11./12.7.1996	0,0042	0,0001	< 0,00038	0,0002	0,0010
12./13.7.1996	0,0139	0,0001	0,0006	0,0002	0,0015
13./14.7.1996	0,0252	0,0002	0,0006	0,0002	0,0017
14./15.7.1996	0,0182	0,0001	0,0004	0,0002	0,0021
<i>Bestimmungsgrenze</i>	<i>0,0001</i>	<i>0,000004</i>	<i>0,00038</i>	<i>0,00009</i>	<i>0,0008</i>

*Tab. 4: Mittelwerte, Mediane, Minima und Maxima der ermittelten Schwermetallkonzentrationen im Schwebestaub.*

	Pb $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Cd $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Sb $\mu\text{g}/\text{m}^3$	As $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Ni $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Mittelwert	0,0148	0,0002	0,0003	0,0004	0,0024
Median	0,0143	0,0001	0,0002	0,0002	0,0021
Minimum	0,0018	0,0001	< 0,00038	< 0,00009	< 0,0008
Maximum	0,0311	0,0005	0,0011	0,0034	0,0110

Die Mittelwerte der im Stichprobenzeitraum erhobenen Schwermetallkonzentrationen im Schwebestaub lagen alle in Wertebereichen, wie sie für ländliche Gebiete angegeben sind (BERTORELLI & DERWENT, 1995). Mit einem MW von  $0,0148 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $\cong 14,8 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) lagen die Bleigehalte der Filterproben sogar unter dem für ländliche Gebiete angegebenen Konzentrationsbereich für Blei in der Außenluft von 20 bis  $100 \text{ ng}/\text{m}^3$ . Ähnliches gilt für die metallischen Komponenten Cadmium, Antimon und Arsen, deren Mittelwerte des Stichprobenzeitraums die Konzentrationsbereiche ländlicher Gebiete zum Teil unterschritten. Auch die Nickelkonzentrationen waren vergleichsweise gering. Bei der Interpretation der Daten ist generell zu berücksichtigen, daß ein direkter Rückschluß von einem Stichprobenzeitraum auf einen Jahresmittelwert nicht zulässig ist, jedoch die Jahresmittelwerte als Orientierung herangezogen wurden. Weiters sollte bedacht werden, daß die Probenahme während der Sommermonate stattfand und es in dieser Jahreszeit im allgemeinen zu einer besseren Durchmischung der Luft kommt. Außerdem muß festgehalten werden, daß die Meßstelle hinter einer Lärmschutzwand eingerichtet war, wenn auch die Ansaugung diese überragte. Die Konzentrationsbereiche der einzelnen metallischen Komponenten finden sich in den Abbildungen 6 bis 10.

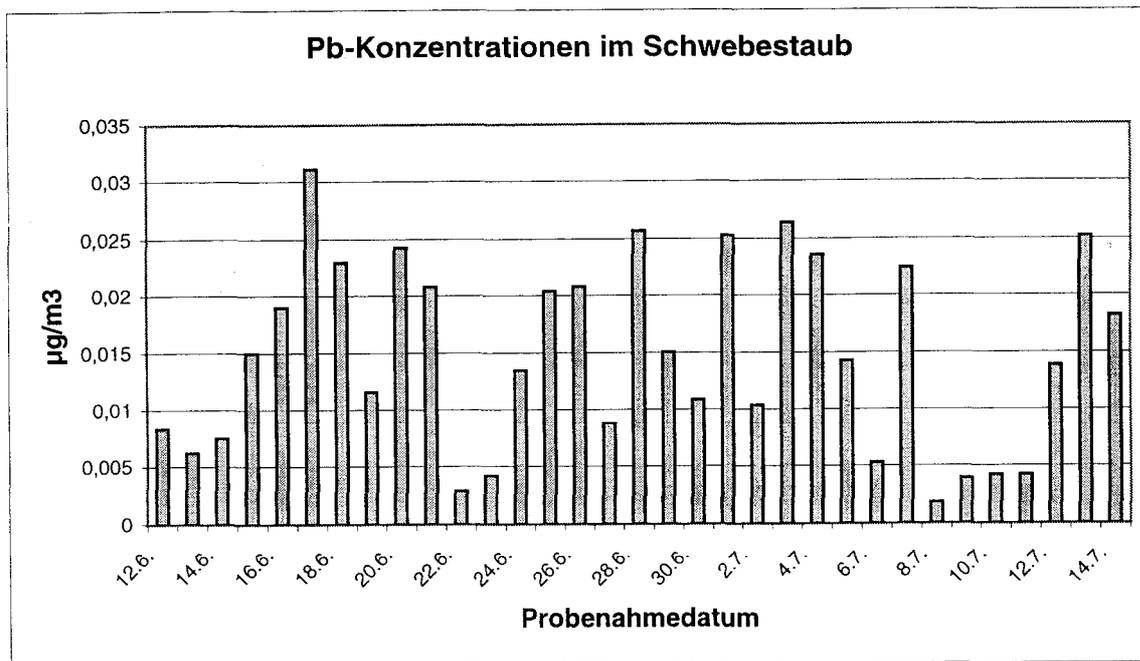


Abb. 6: Bleikonzentrationen im Schwebestaub im Bereich einer Autobahn

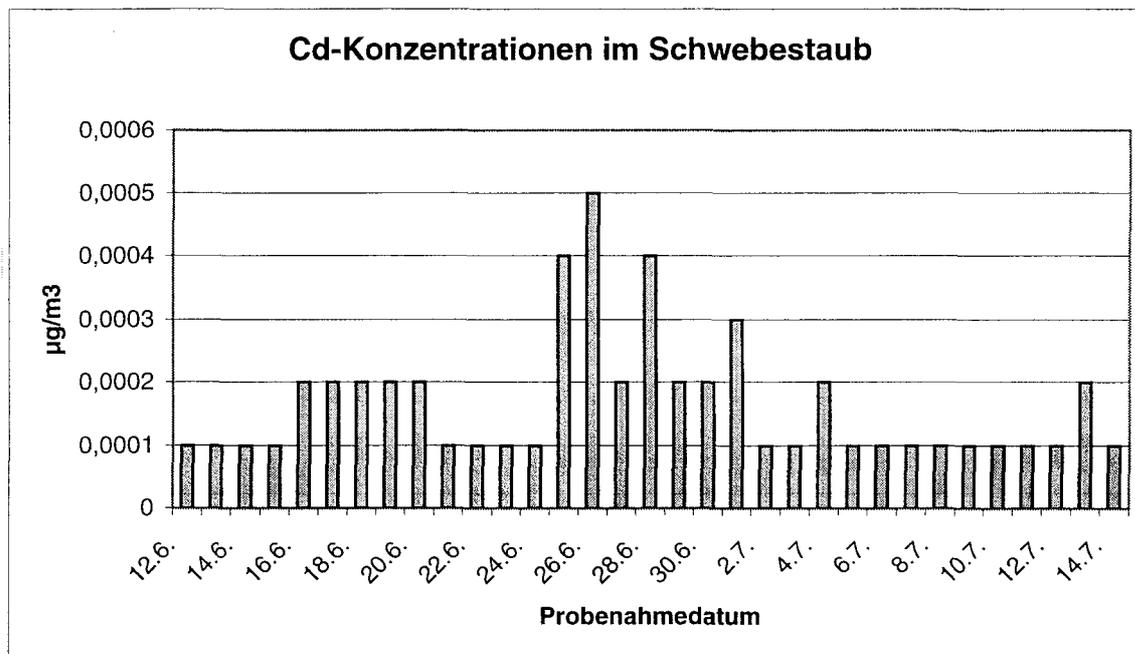


Abb. 7: Cadmiumkonzentrationen im Schwebestaub im Bereich einer Autobahn

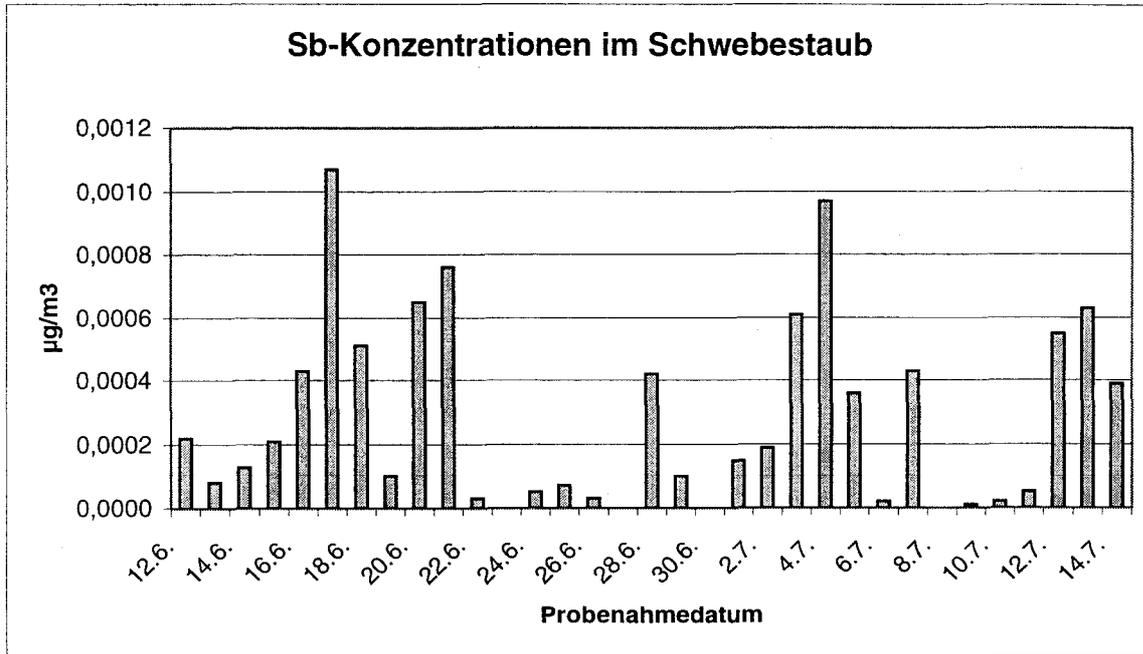


Abb. 8: Antimonkonzentrationen im Schwebestaub im Bereich einer Autobahn

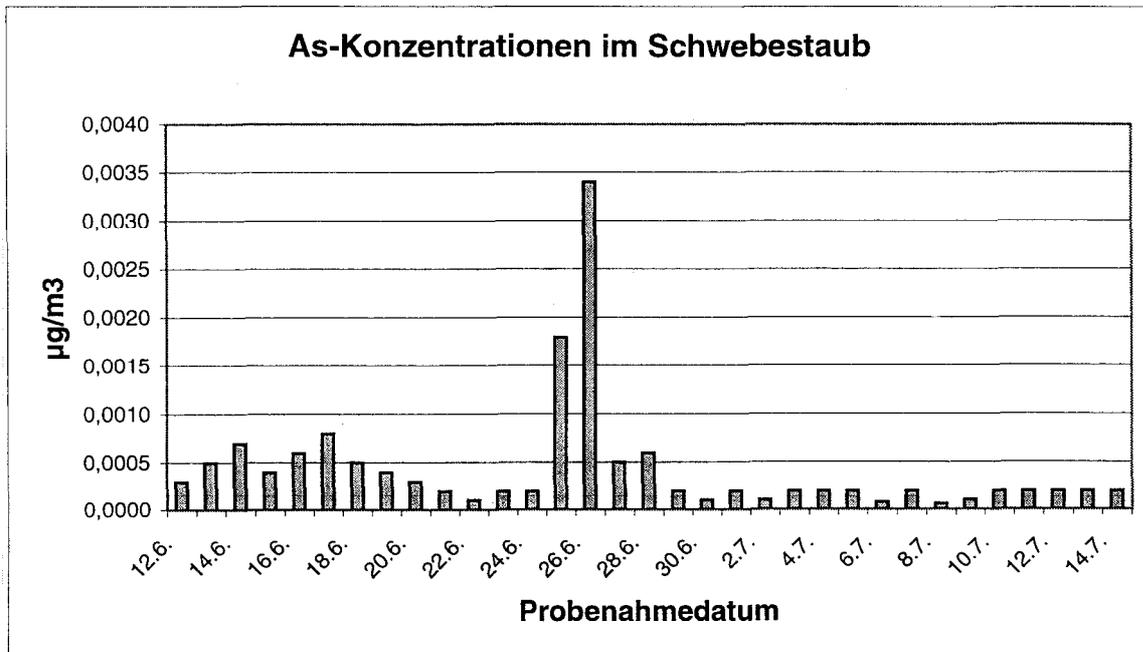
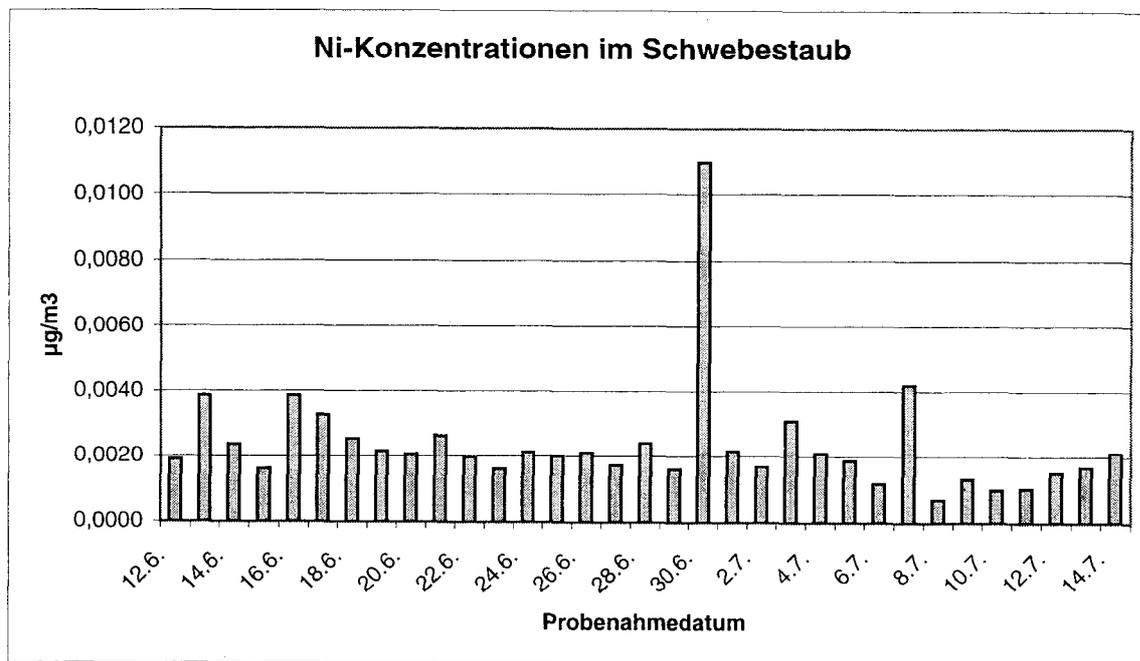


Abb. 9: Arsenkonzentrationen im Schwebestaub im Bereich einer Autobahn



*Abb. 10: Nickelkonzentrationen im Schwebestaub im Bereich einer Autobahn*

## 4 ZUSAMMENFASSUNG

Die Schadstoffemissionen aus dem Kraftfahrzeugverkehr stellen heute eine Hauptquelle für Luftverunreinigungen im städtischen Bereich dar. Insbesondere sind hier Partikel in der Feinstaubfraktion bis zu einem aerodynamischen Durchmesser von 10 µm zu nennen, denen aufgrund von inhalationstoxikologischen Untersuchungen eine krebserregende Wirkung zugesprochen wird.

Rußpartikel setzen sich generell aus elementarem Kohlenstoff (EC=Ruß) und organischen Verbindungen zusammen. Deutschland hat als erstes europäisches Land im Dezember 1996 einen Immissionsprüfwert für Ruß – definiert als EC – im Schwebestaub in der 23. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes festgelegt. Beim Konzentrationswert für Ruß handelt es sich um einen arithmetischen Jahresmittelwert, welcher in einem 2-Stufenplan von ursprünglich 14 µg/m<sup>3</sup> per 1. Juli 1998 auf 8 µg/m<sup>3</sup> abgesenkt wurde.

Das Umweltbundesamt hat in Zusammenarbeit mit dem Amt der Niederösterreichischen Landesregierung erstmals in Österreich von Mitte Juni bis Mitte Juli 1996 quasi-kontinuierliche Rußmessungen in der Nähe einer vielbefahrenen Autobahn südlich von Wien (A21) durchgeführt.

Die Proben wurden über einen PM10Kopf angesaugt und die Abscheidung der Rußpartikel erfolgte auf Quarzfiltern, sodaß hauptsächlich Partikel mit einem Durchmesser bis zu 10 µm, die als lungengängig einzustufen sind, angesaugt wurden. Im Zuge derselben Meßkampagne wurden die Konzentrationen der umweltrelevanten Metalle Blei, Cadmium, Antimon, Arsen und Nickel im Schwebestaub bestimmt. Die Mittelwerte über den Probenahmezeitraum lagen für Blei (Pb) bei 0,0148 µg/m<sup>3</sup> (≅ 14,8 ng/m<sup>3</sup>), für Cadmium (Cd) bei 0,0002 µg/m<sup>3</sup> (≅ 0,2 ng/m<sup>3</sup>), für Antimon (Sb) bei 0,0003 µg/m<sup>3</sup> (≅ 0,3 ng/m<sup>3</sup>), für Arsen (As) bei 0,0004 µg/m<sup>3</sup> (≅ 0,4 ng/m<sup>3</sup>) und für Nickel (Ni) bei 0,0024 µg/m<sup>3</sup> (≅ 2,4 ng/m<sup>3</sup>). Alle gemessenen Konzentrationen waren vergleichsweise gering und lagen in Bereichen, die für ländliche, weitgehend unbeeinflusste Gebiete charakteristisch sind.

Im angeführten quasikontinuierlichen Meßzeitraum wurde von 34 Proben der EC-Gehalt bestimmt. Die erhaltenen Meßdaten liegen zwischen 1,0 und 14,1 µg EC/m<sup>3</sup>. Der Medianwert beträgt 5,3 µg EC/m<sup>3</sup> und der 34-Tage-Mittelwert 6,0 µg EC/m<sup>3</sup>. Zu beachten ist, daß dieser nicht mit dem Immissionsprüfwert für Ruß von Deutschland (arithmetischer Jahresmittelwert!) verglichen werden darf, da sich die hier durchgeführte Untersuchung nur auf einen Zeitraum von Mitte Juni 1996 bis Mitte Juli 1996 erstreckte.

Parallel zur Ermittlung der EC-Konzentration durch das Umweltbundesamt wurde vom Amt der NÖ-Landesregierung, Abtlg. Umwelttechnik und Luftgüteüberwachung, die NO-Konzentration gemessen. Der Vergleich der EC-Daten mit den vorhandenen NO-Daten zeigt eine sehr gute Übereinstimmung und einen identen Verlauf der beiden verkehrsbezogenen Parameter.

Die Rußimmissionsmessungen sowie die Schwermetallimmissionsmessungen im Schwebestaub wurden an fünf verkehrsnahen Meßstellen in Wien fortgesetzt. Die Daten sind in Ausarbeitung und werden demnächst in einem eigenen Bericht vorgestellt werden.

## 5 LITERATUR

- BERTORELLI, V. & DARWENT, R. (1995): Air Quality A to Z; A Directory of Air Quality Data for the United Kingdom in the 1990s; Compiled at the request of the Air Quality Division of the Department of the Environment under contract number PECD 7/12/182; Atmospheric Processes Research Branch – Meteorological Office Bracknell (GB).
- HEBISCH, R.; RENDEL, K.H.; DAHMANN, D. & H.H. FRICKE, H.H. (1995): Coulometrische Bestimmung von Dieselmotoremissionen bei Arbeitsplatzmessungen GIT Fachz.Lab. 6, 546-547.
- HEINRICH, U., DUNGWORTH, D., POTT, F., SCHULTE, A., PETERS, L., DASENBROCK, C., LEVSEN, K., KOCH, W., CREUTZENBURG, O. (1991): The carcinogenic effects of carbon black particles and tar/pitch condensation aerosol after inhalation exposure of rats. 7<sup>th</sup> International Symposium on Inhaled Particles. Edinburgh.
- IMMISSIONSSCHUTZGESETZ – LUFT, IG-L, BGBl. 115 (1997): Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden.
- KÖNIG, G.; RADUNSKY, K. & RITTER, M. (1997): Österreichische Luftschadstoff-Inventur (1994): UBA-REPORT-139. Umweltbundesamt Wien.
- PETZOLD, A. & R. NIESSNER, R. (1996): Coulometrische Messung der Rußbelastung in der Außenluft - Verfahrensentwicklung und Anwendung an Meßstellen unterschiedlicher Belastung. Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft 56, 173-177.
- RABL, P. & PRECHTL, F. (1995): Benzol und Ruß-Meßprogramm in größeren Städten, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 131, 29-30.
- VDI 2268, Blatt 1 (Mai 1990): Bestimmung der Elemente Barium, Beryllium, Cadmium, Kobalt, Chrom, Kupfer, Nickel, Blei, Strontium, Vanadium, Zink in emittierten Stäuben mittels Atomspektrometrischer Methoden.
- VDI 2268, Blatt 2 (Mai 1990): Bestimmung der Elemente Arsen, Antimon und Selen in emittierten Stäuben mittels Atomabsorptionsspektrometrie nach Abtrennung über ihre flüchtigen Hydride.
- VDI 2287 (1987): Messen von Blei und Cadmium und deren anorganischen Bestandteile des Staubniederschlages mit der AAS.
- VDI 2465, Blatt 1 (Dezember 1996): Chemisch analytische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffes nach Extraktion und Thermodesorption des organischen Kohlenstoffes.
23. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über die Festlegung von Konzentrationswerten – 23. BImSchV) vom 16. Dezember 1996, BGBl. Jahrgang 1996, Teil I, Nr. 66, Bonn, Bundesrepublik Deutschland.
- WUNDERLICH, O.; RABL, P. & PRECHTL, F. (1996): Ergebnisse des bayerischen Sonderimmissionsmeßprogrammes Benzol/Ruß 1996, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz 137, 135-138.

