



## Untersuchung zur Zusammensetzung des Feinstaubs in Hamburg und Schleswig-Holstein

Bericht des Hamburger Instituts für Hygiene und Umwelt  
und des Staatlichen Umweltamtes Itzehoe  
November 2008

Staatliches Umweltamt  
Itzehoe



**Institut für Hygiene und Umwelt**  
Hamburger Landesinstitut für Lebensmittelsicherheit  
Gesundheitsschutz und Umweltuntersuchungen



**Institut für Hygiene und Umwelt  
Luftuntersuchungen  
Marckmannstr. 129 b  
20539 Hamburg**

Ansprechperson:  
Dr. Thomas Reich

Der Bereich Umweltuntersuchungen des Instituts für Hygiene und Umwelt  
Ist akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025



Informationen im Internet:  
<http://www.hamburger-luft.de>  
<http://www.hamburg.de/hu>

Information über aktuelle Luftschadstoffkonzentrationen:  
Videotext: Nordtext N3, Tafeln 191 und 192

Telefonischer Ansigedienst  
040 – 42845 2424

**Staatliches Umweltamt Itzehoe  
Lufthygienische Überwachung Schleswig-Holstein  
Oelixdorfer Str. 2  
25524 Itzehoe**

Ansprechperson:  
Joachim Lehmmaus

Das Dezernat 9 des Staatlichen Umweltamtes  
ist akkreditiert nach DIN EN ISO/IEC 17025



Informationen im Internet:  
<http://www.luft.schleswig-holstein.de>

Informationen über aktuelle Luftschadstoffkonzentrationen:  
Videotext: Nordtext N3, Tafel 189/1-3

Information über aktuelle Ozonkonzentrationen:  
04821 - 95106

# Inhalt

1	Einleitung und Veranlassung .....	2
2	Messorte und Probenahmeplan .....	2
2.1	Durchführung der Messungen .....	5
3	Bewertungsgrundlagen .....	6
4	Ergebnisse und Auswertungen .....	7
4.1	Ergebnisse der Feinstaub (PM10)-Messungen .....	7
4.2	Ergebnisse der Messungen der Inhaltsstoffe (Hauptkomponenten).....	8
4.3	Elementgehalte .....	11
4.4	Auswertungen Feinstaub (PM10)-größensortierter Daten, stationsspezifisch.....	14
4.5	Vergleich mit anderen Daten.....	20
4.6	Ergänzende Auswertungen .....	22
4.6.1	Sommer-/Winterhalbjahr – Werkzeuge/Wochenende.....	22
4.6.2	Weitere Auswertungen nach meteorologischen Parametern.....	24
4.6.3	Zusatzbelastung in der Stadt .....	30
5	Zusammenfassung .....	35
6	Literatur.....	37
7	Anhang.....	39
7.1	Messverfahren.....	39
7.1.1	Probenahme, Wägung, Filterteilung .....	39
7.1.2	Bestimmung der löslichen Ionen.....	39
7.1.3	Bestimmung von elementarem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff.....	40
7.1.4	Bestimmung der Elementgehalte im PM10-Staub .....	41
7.2	Einzelergbnisse, stationsspezifisch (Tabellen).....	41

# 1 Einleitung und Veranlassung

Im Jahr 2005 trat der Feinstaub (PM<sub>10</sub>)-Grenzwert in Kraft, der eine Überschreitung des Tagesmittelwertes von 50 µg/m<sup>3</sup> 35mal im Kalenderjahr zulässt. Hauptsächlich an verkehrsexponierten Standorten besteht das Risiko, dass dieser Tagesmittelwert häufiger überschritten wird, in der Hamburger Habichtstraße war dies 2005 und 2006 jeweils an 45 Tagen der Fall.

Zur Beurteilung von möglichen Maßnahmen zur Feinstaubminderung ist es von hohem Interesse, möglichst viel über die Herkunft verschiedener Bestandteile des Feinstaubes zu wissen. Eine umfangreiche Analyse der Zusammensetzung des Feinstaubes kann dazu wichtige Beiträge liefern, ist aber auch aufwändig und teuer.

Aus mehreren Bundesländern liegen aus den zurückliegenden Jahren entsprechende Untersuchungsberichte vor, die meist in Zusammenarbeit von Landesbehörden und Untersuchungsinstituten erstellt wurden. Im Rahmen der jährlich durchgeführten Abstimmungsgespräche zum gemeinsamen Ballungsraum Hamburg/Schleswig-Holstein zur Umsetzung der europäischen Luftqualitätsrichtlinie äußerten beide Seiten ein großes Interesse daran, auch für den hiesigen Bereich über entsprechendes Datenmaterial verfügen zu können. Da keine Haushaltsmittel für die Beteiligung externer Prüfinstitute zu Verfügung standen, konnte eine derartige Untersuchung nur durch intensive Zusammenarbeit zwischen dem Hamburger Institut für Hygiene und Umwelt (HU) und dem Staatlichen Umweltamt Itzehoe realisiert werden.

Es wurde vereinbart, im Kalenderjahr 2006 ein gemeinsames einjähriges Untersuchungsprogramm durchzuführen. Hierfür sollten an je zwei Messstationen pro Land zusätzliche Feinstaubprobenahmen durchgeführt werden. Die erweiterten Staubanaysen auf Hauptbestandteile, die in diesen Proben vorgesehen waren, wurden entsprechend der jeweiligen Laborkompetenzen aufgeteilt: Während Hamburg in allen Proben die Anteile von elementarem (Ruß) und gebundenem Kohlenstoff ermitteln sollte, sollten die Anteile löslicher Ionen in Itzehoe bestimmt werden. Eine Bestimmung von Spurenelementen (Schwermetallen/Metalloiden) hat jedes Land eigenverantwortlich in seinen Proben durchgeführt, wobei kein einheitlicher Parameterumfang vorgegeben war. Nach entsprechenden Vorbereitungen und Abstimmungen startete das Projekt am 2. Januar 2006.

## 2 Messorte und Probenahmeplan

Da die Ergebnisse erweiterter Staubanaysen sowohl für den Hot Spot mit hoher Belastung bzw. Grenzwertüberschreitung, aber auch für die regionale Hintergrundbelastung interessant sind, wurden vier Luftmessstationen entsprechender Lage ausgewählt:

- Die Station Bornhöved der Lufthygienischen Überwachung Schleswig-Holstein (LÜSH) charakterisiert die quellferne Hintergrundbelastung im ländlichen Raum. Die Station liegt 15 km östlich von Neumünster am Belauer See nordöstlich von Bornhöved (Kreis Plön – Gauß-Krüger-Koordinaten: Rechtswert: 3581241, Hochwert: 5996565) und ist damit ca. 60 km vom Stadtzentrum Hamburgs entfernt. Sie wurde am 8. November 1988 installiert und erfasst die Komponenten Schwefeldioxid, Ozon, Stickstoffoxide, Benzol (mit Passivsammlern), Feinstaub (PM<sub>10</sub>) und dessen Inhaltsstoffe.



Abbildung 1: Lage und Standortfoto der Messstation Bornhöved

- Die Station Sternschanze des Hamburger Luftmessnetzes (HaLm) ist seit 1984 in Betrieb und repräsentiert die innerstädtische urbane Belastung in Hamburg und ist als "städtischer Hintergrund" klassifiziert. Die Station liegt zentrumsnah unweit der gleichnamigen U- und S-Bahnstationen 60 m nördlich der DB-Bahntrasse in einem kleinen Park und wenige hundert Meter nordwestlich des Areals der Hamburg Messe (Gauß-Krüger-Koordinaten: Rechtswert: 3564200, Hochwert: 5937400). 200 m bzw. 300 m nach Nordwesten bzw. Nordosten verlaufen am Rand des Parks Straßen mit 18.000 bzw. 45.000 Kfz pro Werktag. In den letzten Jahren wurden an der Station wiederholt zeitweise höhere PM10-Belastungen als an vergleichbaren anderen Stationen gemessen, deren Ursache noch nicht befriedigend aufgeklärt ist.



Abbildung 2: Lage und Standortfoto der Messstation Sternschanze

- Die Station Habichtstraße am Ring 2 im Bezirk Hamburg-Nord (Gauß-Krüger-Koordinaten: Rechtswert: 3569850, Hochwert: 5940616) ist seit 2002 in Betrieb; sie ist die am höchsten belastete Verkehrsmessstation des HaLm und hat den PM10-Grenzwert von jährlich höchstens 35 Tagesmittelwerten größer als  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit jeweils 45 Überschreitungen sowohl 2005 als auch 2006 überschritten; 2007 dagegen wurden nur 26 Überschreitungen registriert. Sie repräsentiert einen Hot-Spot-Messort in Bezug auf den lokalen Verkehrseinfluss, der mit 50.000 Kfz pro Werktag (ca. 5 % Schwerlastverkehr) zu charakterisieren ist.



Abbildung 3: Lage und Standortfoto der Messstation Habichtstraße

- Die Station Kiel Bahnhofstraße ist ein verkehrsorientierter Hot-Spot-Messpunkt der LÜSH im Ballungsraum Kiel. Sie wurde am 09. Mai 2005 installiert und misst seitdem kontinuierlich die Komponenten Stickstoffdioxid, Stickstoffmonoxid, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid und Feinstaub (PM10). Bis Ende 2006 wurde die Komponente Benzol ebenfalls kontinuierlich erfasst, seitdem sind Passivsammler zur orientierenden Messung von Benzol installiert. Die Bahnhofstraße in Kiel ist keine Bundesstraße, leitet aber durch die Kieler Verkehrsführung (Auschilderung) den Fernverkehr insbesondere von den Fähren aus der Stadt über die Bundesstraße 76 ins Umland ab. Das durchschnittliche Verkehrsaufkommen betrug im Jahr 2006 16.200 KFZ/Tag mit einem LKW > 3,5 t-Anteil von 2,6 %. Im Abschnitt zwischen Schwedendamm und Joachimplatz ist die Bahnhofstraße beidseitig weitgehend geschlossen mit etwa 15 - 18 m hohen Häusern bebaut. Die Station befindet sich auf 10°8'10" geografischer Länge und 54°18'22" geografischer Breite (Gauß-Krüger Koordinaten: Rechtswert: 3573962, Hochwert: 6019983). Abbildung 4 zeigt den Standort der Messstation.



Abbildung 4: Lage und Standortfoto der Messstation Kiel-Bahnhofstraße

Da aus Kapazitätsgründen die Zahl der zu analysierenden Proben beschränkt bleiben musste, wurde ein Probenumfang von 60 Proben pro Messstation festgelegt. Dies bedeutete eine Probenahme an jedem 6. Tag, eine Beprobungsfolge, die auch eine gleichmäßige Berücksichtigung aller Wochentage sicherstellte. Die Probenahme sollte an allen 4 Stationen gleichzeitig jeweils von 0 bis 24 Uhr erfolgen, Starttermin war der 2. Januar, die letzte Probe wurde am 28. Dezember 2006 genommen.

## 2.1 Durchführung der Messungen

Für die Probenahme wurden an allen vier Stationen einheitlich High-Volume-Sammler vom Typ Digital DHA 80 mit einem Probenahmekopf zur Erfassung der PM10-Fraktion des Feinstaubes gemäß den Anforderungen der DIN EN 12341 [1] eingesetzt, die mit Quarzfaserfiltern vom Typ QF20 der Fa. Schleicher & Schüll bestückt waren; die Filter wurden vom Staatlichen Umweltamt Itzehoe gestellt.

Die Filterwägung erfolgte in den jeweiligen Landeslaboren in klimatisierten Wägeräumen unter Berücksichtigung der entsprechenden Vorgaben hinsichtlich Äquilibrierzeiten sowie Lufttemperatur und -feuchte.

Nach der Massenbestimmung wurden die Filter auf einer speziellen Schneidevorrichtung geteilt: Jeweils 1/8 Filterstück wurden für die Anionenanalyse und die Kationenanalyse benötigt. Die Bestimmung des elementaren Kohlenstoffs (EC) und des Gesamt-Kohlenstoffs (TC) benötigte jeweils 1/4-Filterstück. Das verbleibende 1/4-Filterstück stand für die Analyse weiterer Bestandteile wie Schwermetalle/Metalloide zur Verfügung. Beide beteiligten Labore verfügten über identische Schneidevorrichtungen.

Die Bestimmung der löslichen Ionen Chlorid, Nitrat, Sulfat, Natrium, Ammonium, Kalium, Magnesium und Calcium wurde in allen Proben vom Staatlichen Umweltamt Itzehoe durchgeführt. Die löslichen Ionen werden im wässrigen Filterextrakt mit der Ionenchromatographie in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3497, Blatt 3 [2] bestimmt.

Die Ermittlung des elementaren Kohlenstoffs (EC) und des gesamten vorhandenen Kohlenstoffs (TC) erfolgte im HU Hamburg entsprechend der VDI 2465 Blatt 1 [3] als coulometrische CO<sub>2</sub>-Bestimmung nach Verbrennungsanalyse und nach Extraktion und Thermodesorption des organischen Kohlenstoffs.

In allen Proben wurden aus dem letzten Filterviertel die Elemente Arsen, Blei, Cadmium, Kupfer und Nickel entsprechend DIN/EN 14902 [4] bestimmt, in den Proben der Hamburger Stationen darüber hinaus die Elemente Aluminium, Cobalt, Chrom, Eisen, Antimon, Vanadium und Zink. Hierbei wurden die Elemente in Hamburg mit der ICP-MS bzw. ICP-OES (Massenspektrometer bzw. optisches Emissionsspektrometer mit induktiv gekoppeltem Plasma) und in Schleswig-Holstein mit der AAS (Atomabsorptionsspektrometer) bestimmt.

Eine detaillierte Dokumentation der eingesetzten Messverfahren befindet sich im Anhang 7.1.

### 3 Bewertungsgrundlagen

Das hier vorgestellte Untersuchungsprogramm hatte nicht zum Ziel, die Luftqualität entsprechend der Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft – 22. BImSchV [5] – zu bewerten, sondern sollte zusätzliche Kenntnisse über die Staubzusammensetzung liefern. Dennoch erlauben die in den nachfolgenden Kapiteln dargestellten Ergebnisse auch eine Einordnung der Luftqualität in das System der Grenz- und Zielwerte der 22. BImSchV.

In der 22. BImSchV sind die Luftqualitätsrichtlinie der EU (96/62/EG [6]) und drei ihrer so genannten Tochtrichtlinien umgesetzt, die unter anderem Grenzwerte für Feinstaub (PM10) und Blei und Zielwerte für die auch in dieser Untersuchung bestimmten Feinstaub(PM10)-Inhaltsstoffe Arsen, Cadmium und Nickel enthalten. <sup>1</sup>

Für alle Richtlinien gilt die grundsätzliche Messstrategie, die Luftqualität an Orten mit der mutmaßlich höchsten Belastung zu ermitteln und in Gebieten, die für die Exposition der Bevölkerung allgemein repräsentativ sind.

Zur Beurteilung der Feinstaub (PM10)-Konzentration sind zwei Grenzwerte festgelegt, die seit Jahresbeginn 2005 gültig sind:

- Ein Jahresmittelwert von 40 µg/m<sup>3</sup>
- Ein Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup>, der an höchstens 35 Tagen pro Kalenderjahr überschritten werden darf.

Für die Staubinhaltsstoffe gilt seit dem 1. Januar 2005 ein Grenzwert für Blei und für die Elemente Arsen, Cadmium und Nickel sind Zielwerte definiert, die ab dem 31.12.2012 nicht mehr überschritten werden sollen:

- Blei: Jahresmittelwert von 500 ng/m<sup>3</sup>
- Arsen: Jahresmittelwert von 6 ng/m<sup>3</sup>
- Cadmium Jahresmittelwert von 5 ng/m<sup>3</sup>
- Nickel Jahresmittelwert von 20 ng/m<sup>3</sup>.

Während hinsichtlich der Feinstaubkonzentration mit den Verkehrsmessstationen Habichtstraße und Kiel-Bahnhofstraße auch Orte mutmaßlich höchster Belastung im Rahmen dieser Untersuchung beprobt wurden, sind die vier ausgewählten Messorte in Bezug auf die Elemente Blei, Arsen, Cadmium und Nickel nicht als Belastungsschwerpunkte, sondern eher als allgemein repräsentative Messorte anzusehen.

---

<sup>1</sup> Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft  
Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Cadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft

## 4 Ergebnisse und Auswertungen

### 4.1 Ergebnisse der Feinstaub (PM10)-Messungen

Aus Kapazitätsgründen war das Untersuchungsprogramm von vornherein als Stichprobenuntersuchung mit einer Beprobung an jedem sechsten Tag geplant. Es liegen aber aus den vier Messstationen jeweils auch komplette Jahresdatensätze für die Feinstaub (PM10)-Konzentrationen vor, die es erlauben, die Qualität der Stichprobe zu beurteilen. Die Abweichungen der Jahresmittelwerte aus Stichprobe und vollständigem Datensatz betragen in allen Fällen weniger als  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (siehe Tab. 1). Rechnet man die in den Stichproben gezählten Tage mit Überschreitungen des Tagesgrenzwertes von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  auf das gesamte Jahr hoch, dann kommt man bei drei der vier Stationen auf höhere Zahlen, als die tatsächlich ermittelte Überschreitungszahl, d. h. dass in der Stichprobe Überschreitungstage leicht überrepräsentiert waren.

	Jahresmittelwert ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )		Anzahl Tage $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$		
	Stichprobe	Jahr 2006	Stichprobe	hochgerechnet	Ist 2006
Bornhöved	19,9	19,4	3	18	12
Kiel	28,9	28,3	6	36	27
Sternschanze	29,5	29,3	5	30	31
Habichtstraße	36,3	35,7	9	54	45

Tabelle 1: Ergebnisse für Feinstaub (PM10) – Stichprobe und vollständiger Jahresdatensatz 2006

Wenn man die Häufigkeitsverteilungen der Konzentrationsklassen der kompletten Datensätze mit denen der Stichprobe vergleicht, dann spiegeln die Proben, die für das Projekt genommen wurden, die unterschiedlichen Belastungssituationen des Jahres gut wieder (siehe Abb. 5). Es ist daher davon auszugehen, dass auch die in den folgenden Abschnitten dargestellten Ergebnisse der Inhaltsstoffuntersuchungen genauso repräsentativ für das Jahr 2006 sind wie die Feinstaub (PM10)-Konzentrationen.

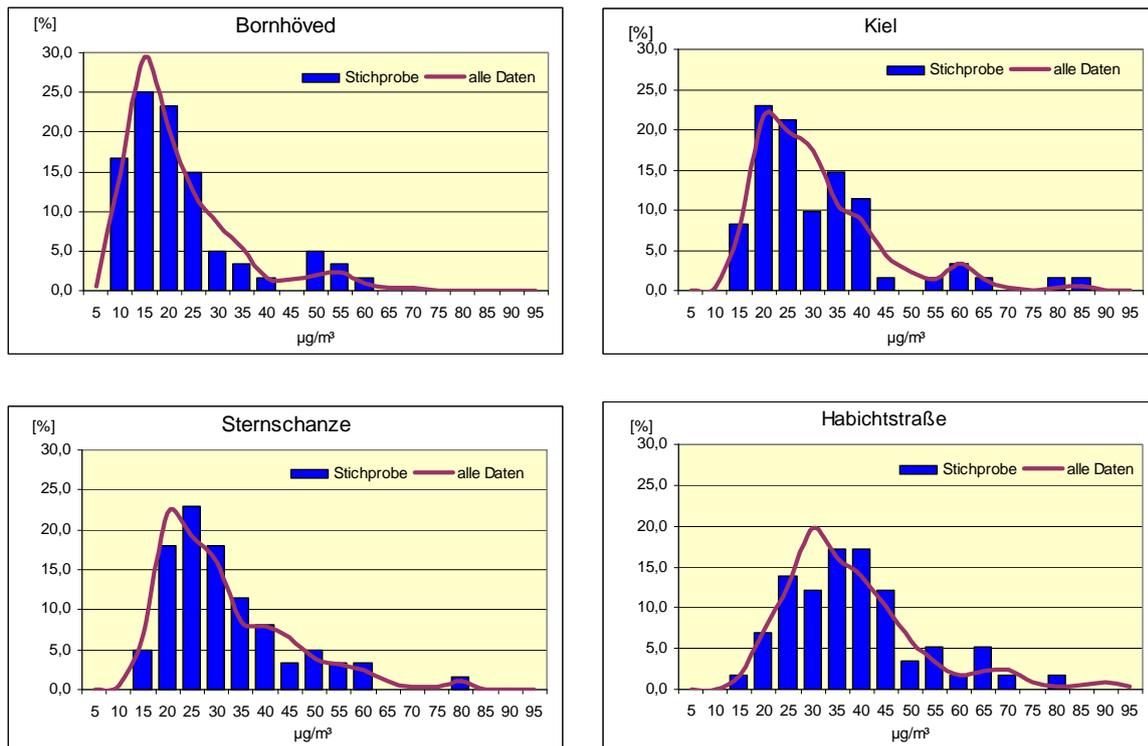


Abbildung 5: Häufigkeitsverteilungen der Feinstaub (PM10)-Konzentration, Stichprobe und vollständiger Jahresdatensatz 2006

## 4.2 Ergebnisse der Messungen der Inhaltsstoffe (Hauptkomponenten)

Als Hauptbestandteile wurden in den einzelnen Filterproben die in Kapitel 2.1 genannten Ionen und Kohlenstoffanteile bestimmt, die hinsichtlich ihrer Herkunft wie folgt beschrieben werden können:

**Elementarer Kohlenstoff (Ruß-EC):** Dazu gehört hauptsächlich der Dieselruß als Verbrennungsemission von Dieselmotoren, aber auch Emissionen aus dem Hausbrand und von Verbrennungsanlagen sowie z. B. der Reifenabrieb können Beiträge zum Ruß-EC liefern. Dieser Parameter repräsentiert in erster Linie den Verkehrseinfluss.

**Organisches Material (OM):** Das angewendete Messverfahren liefert neben dem EC-Wert auch ein Ergebnis für den gesamten in der Probe vorhandenen (organischen) Kohlenstoff (TC-Wert). Die Differenz zum EC-Wert liefert den Anteil des organisch gebundenen Kohlenstoffs (OC-Wert). Mit einem Umrechnungsfaktor von 1,4 werden die anderen in organischen Verbindungen enthaltenen Elemente berücksichtigt und man erhält auf diese Weise einen Wert für das so genannte organische Material (OM). Hierzu gehören biogene Partikel, an Staub adsorbierte organische Verbindungen anthropogener und natürlicher Herkunft oder auch sekundäre Partikel, die sich aus Kohlenwasserstoffen natürlicher Ursprungs gebildet haben.

**Ammonium-, Sulfat- und Nitrat-Ionen:** Diese Ionen werden dem Sekundäraerosol zugerechnet. Sulfat bildet sich in der Atmosphäre durch chemische Umwandlung aus Schwefeldioxid-Emissionen; Nitrat ist Folgeprodukt aus den Stickoxidemissionen hauptsächlich aus dem Verkehr und aus Verbrennungsanlagen; Ammonium wiederum stammt im Wesentlichen aus den Ammoniakemissionen der Landwirtschaft. Als Bestandteil sekundärer Partikel sind diese Ionen den feinen Partikeln  $< 2,5 \mu\text{m}$  mit langer Aufenthaltsdauer in der Atmosphäre zuzurechnen und können demzufolge über weite Strecken transportiert werden.

Chlorid, Natrium und Magnesium: Diese Ionen sind die typischen Bestandteile im See- oder Meer-salz. Diese Herkunft dominiert üblicherweise andere mögliche Quellen wie z. B. als Bestandteil von aufgewirbeltem Erdkrustenmaterial.

Calcium, Kalium: Diese beiden Alkali- bzw. Erdalkalielemente wiederum können als Spurenbestandteile dem Erdkrustenmaterial zugerechnet werden.

Die Ergebnisse (Jahresmittelwerte) der Filteranalysen für die Hauptbestandteile sowie ihre Anteile im Feinstaub (PM10) sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

	Konzentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )				Anteil im Feinstaub(PM10) (Prozent)			
	Habichtstraße	Sternschanze	Kiel-Bahnhofstraße	Bornhöved	Habichtstraße	Sternschanze	Kiel-Bahnhofstraße	Bornhöved
PM10	36,3	29,5	28,9	19,9				
EC	6,6	2,4	4,2	1,2	18,2	8,1	14,7	6,0
OM	5,0	3,8	4,3	2,8	13,9	13,1	14,9	14,1
Ammonium	2,2	1,9	2,1	2,0	6,0	6,5	7,2	10,0
Nitrat	4,9	4,2	4,8	4,2	13,5	14,2	16,5	21,1
Sulfat	4,2	4,1	3,5	3,3	11,5	13,9	12,3	16,6
Natrium	0,6	0,6	0,7	0,5	1,7	1,9	2,3	2,4
Magnesium	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3
Chlorid	0,6	0,4	0,8	0,5	1,6	1,5	2,6	2,4
Kalium	0,2	0,2	0,2	0,1	0,5	0,6	0,6	0,8
Calcium	0,2	0,3	0,2	0,1	0,6	1,1	0,7	0,4
Rest	11,7	11,3	8,1	5,2	32,3	38,9	27,9	25,9

Tabelle 2: Jahresmittelwerte 2006 und Prozentgehalte für Hauptkomponenten als Anteil im Feinstaub (PM10)

Aus den Ergebnissen wird deutlich, dass einheitlich an allen Standorten die Kohlenstoffanteile (EC und OM) sowie die typischen Ionen des Sekundäraerosols Ammonium, Nitrat und Sulfat die im engeren Sinne Hauptbestandteile des Feinstaubes (PM10) mit Konzentrationen von mehr als  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bzw. mit Gehalten von fast durchgehend mehr als 10 Prozent darstellen. Konzentrationen zwischen  $0,5$  und  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zeigen die Seesalzkomponenten Natrium und Chlorid, die Komponenten Magnesium, Kalium und Calcium erreichen im Allgemeinen nur  $0,1$  bis  $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Wie die nachfolgenden Tortendiagramme zeigen, erklären diese "Hauptbestandteile" etwa  $2/3$  bis  $3/4$  der Zusammensetzung des PM10-Staubes.

Auffällig ist, dass die Ammonium-, Nitrat- und Sulfatkonzentrationen an allen 4 Standorten sehr ähnlich sind, was für eine homogene regionale Verteilung spricht, während es beim organisch gebundenen Kohlenstoff und erst recht beim elementaren Kohlenstoff/Ruß sehr viel größere Unterschiede gibt; ihre Anteile sind demzufolge eher lokal geprägt.

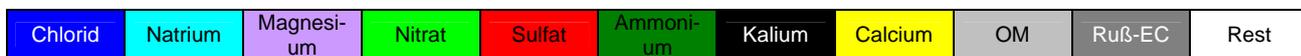
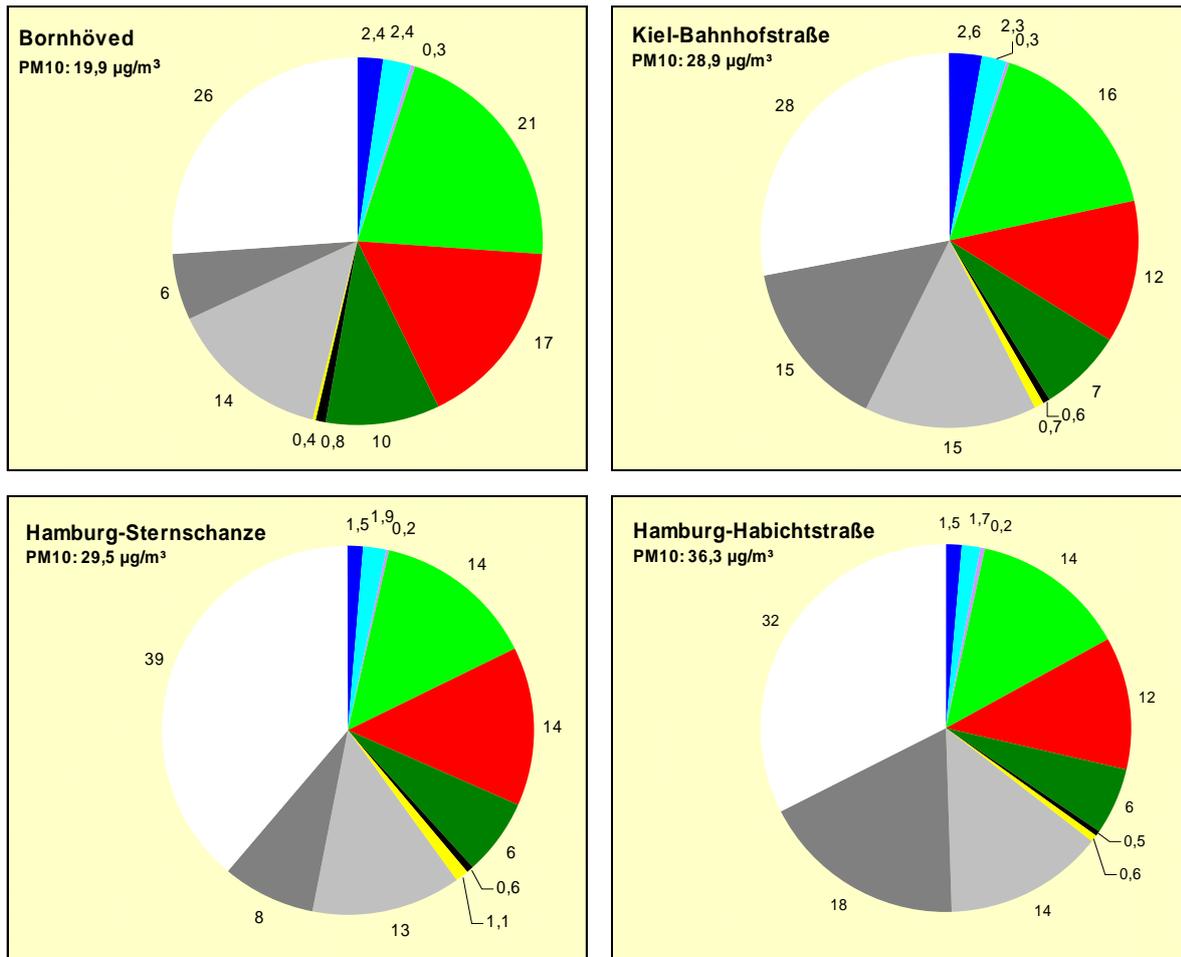
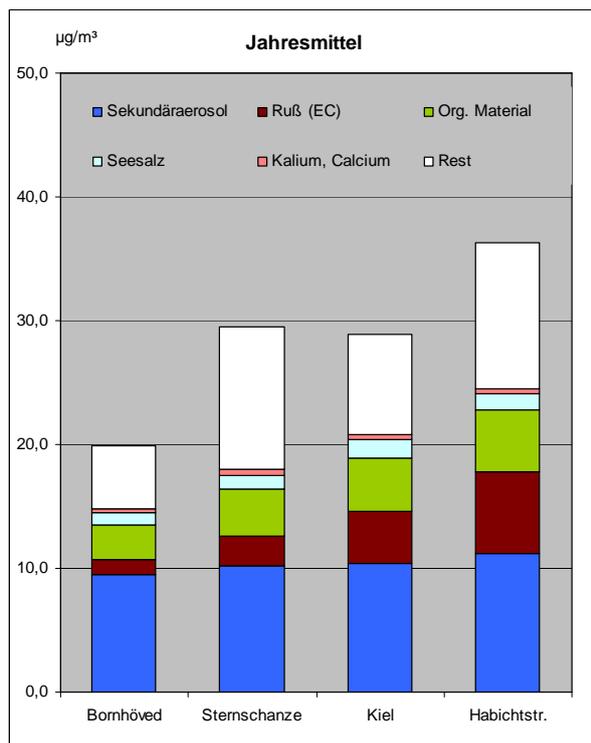


Abbildung 6: Gewichtsanteile der Hauptbestandteile am Feinstaub (PM10) in Prozent



Die nebenstehende Säulengrafik zeigt noch einmal die Konzentrationsverhältnisse an den vier Messstationen im direkten Vergleich, wobei die einzelnen Ionen wie zuvor in der Beschreibung zu den Gruppen 'Sekundäraerosol', 'Seesalz' sowie 'Kalium und Calcium' zusammengefasst sind.

Der nicht weiter differenzierte "Rest" umfasst einerseits die Elemente Eisen und Aluminium, die an den Hamburger Messstationen analysiert wurden und (gerechnet als Oxide) einige Prozente ausmachen (siehe Punkt 4.3).

Abbildung 7: Mittlere Zusammensetzung des Feinstaubes (PM10) an den vier Messorten

Weiterhin gehören dazu die entsprechend ihres Masseanteils bedeutendsten Erdkrustenelemente Silizium und Sauerstoff, die aus systematischen Gründen nach Probenahme auf Quarzfiltern nicht analysiert werden können, sowie ein etwaiger Wassergehalt im Staub.

Wertet man die kompletten Datensätze statistisch für jeweils Paare von Komponenten auf korrelative Zusammenhänge aus, dann ergeben sich die engsten Korrelationen (mit einem Korrelationskoeffizient  $r > 0,8$ ) zwischen Chlorid und jeweils Natrium und Magnesium bzw. zwischen Natrium und Magnesium sowie zwischen Ammonium und jeweils Nitrat und Sulfat. Die Korrelation zwischen Sulfat und Nitrat liegt dagegen um oder etwas unter 0,6. Auch zwischen Ruß-EC und organischem Material OM liegt die Korrelation teilweise oberhalb von 0,8 (Bornhöved und Sternschanze), an den verkehrsorientierten Messorten Kiel und Habichtstraße allerdings darunter.

Auch die Feinstaub (PM10)-Konzentrationen an den 4 Stationen korrelieren gut miteinander, obwohl die Standorte bis zu 100 km auseinander liegen. Das bedeutet, dass eine relativ homogene überregionale Hintergrundbelastung und zusätzlich überwiegend ähnliche meteorologische Einflüsse die Höhe der PM10-Belastung bestimmen. Lediglich die Korrelation zwischen den Datenreihen der Station HH-Sternschanze und Kiel-Bahnhofstraße zeigt mit  $r = 0,74$  einen Wert unter 0,8, alle anderen Korrelationskoeffizienten liegen darüber. Generell zeigen alle drei Kombinationen mit der Station Sternschanze die niedrigsten Korrelationskoeffizienten, was auf einen besonderen lokalen Einfluss an dieser Messstation hinweist.

### 4.3 Elementgehalte

Zusätzlich zu den Hauptbestandteilen wurden in allen Proben der 4 Stationen die in EU-Richtlinien geregelten Staubinhaltsstoffe Arsen, Cadmium, Nickel und Blei sowie das Element Kupfer bestimmt. Dabei wurden die in der nachfolgenden Tabelle dargestellten Jahresmittelwerte festgestellt.

	Arsen	Cadmium	Kupfer	Nickel	Blei
	ng/m <sup>3</sup>				
Bornhöved	0,7	0,15	1,9	1,6	4,8
Kiel	0,8	0,15	30	2,7	6,2
Sternschanze	2,4	0,37	34	4,6	16,8
Habichtstr.	1,7	0,31	110	3,7	12,8

Tabelle 3: As-, Cd-, Cu-, Ni- und Pb-Konzentrationen an den 4 Messorten

Die Konzentrationen in Bornhöved charakterisieren die ländlichen Hintergrundkonzentrationen dieser Elemente (siehe auch Abb. 8). Die Arsen- und Cadmiumwerte in Kiel unterscheiden sich praktisch nicht vom regionalen Hintergrund, bei Blei und Nickel liegen die Belastungen zwar etwas höher als in Bornhöved, aber insgesamt auf niedrigem Niveau. Erwartungsgemäß werden an den Hamburger Messstellen die höchsten Konzentrationen ermittelt, die mit Ausnahme vom Element Kupfer an der Station Sternschanze höher liegen als an der Station Habichtstraße. Dies ist insofern plausibel, als die Station Sternschanze näher an entsprechenden Emissionsquellen (Kupferhütte, Hafengebiet) liegt als die Station Habichtstraße und andererseits die Kupferbelastung deutlich verkehrsbeeinflusst ist (siehe folgende Seite).

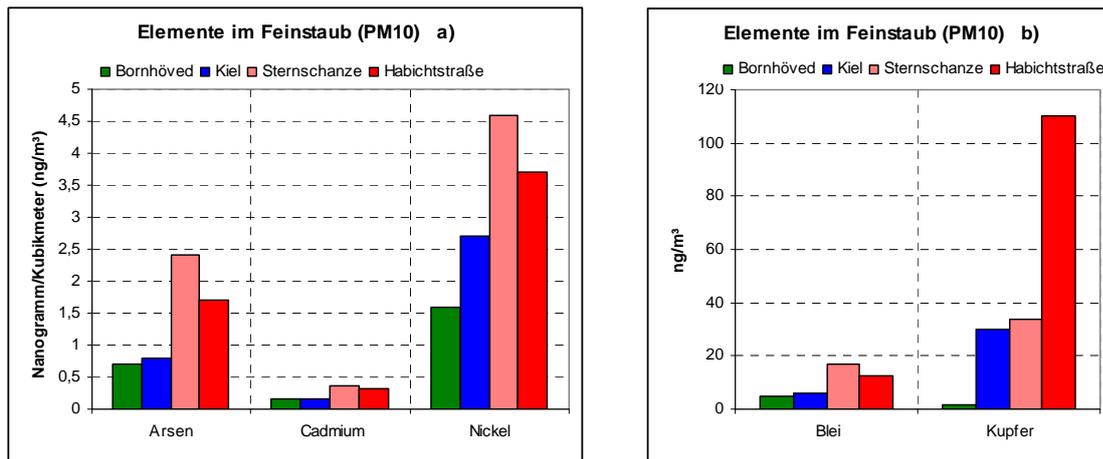


Abbildung 8: Vergleichende Darstellung der As- und Schwermetallkonzentrationen an den vier Messstandorten

Im Stationsvergleich zeigen die Ergebnisse zweierlei: Das Element Blei, das seit 12 Jahren als Zusatzstoff im Benzin nicht mehr zulässig ist, war bis dahin ein klassischer Parameter für den Verkehrseinfluss. 1992 wurden an der Hamburger Straßenmessstation Stresemannstraße noch  $126 \text{ ng/m}^3$  Blei gemessen (der Anteil von verbleitem Benzin betrug zu dem Zeitpunkt noch etwa 30 %) [7]. Heute zeigt die Bleibelastung keinen Verkehrszusammenhang mehr, verkehrsnah wurden geringere Werte gemessen als an der Messstation Sternschanze.

Das Element Kupfer zeigt dagegen mit den höchsten Werten an der Habichtstraße, aber auch gegenüber dem ländlichen Hintergrund deutlich erhöhten Werten in Kiel einen deutlichen Verkehrseinfluss. In der Literatur [8, 9] wird Kupfer neben Antimon als typischer Bestandteil von Bremsbelägen beschrieben (siehe unten). Der in der Habichtstraße gemessene Wert ist vergleichbar mit der 1992 in der Stresemannstraße gemessenen Konzentration von  $105 \text{ ng/m}^3$ .

Gerade unter dem Aspekt 'Verkehrseinfluss' bestand hinsichtlich der beiden Hamburger Standorte im PM10-Projekt ein besonderes Interesse daran, auch die Konzentration der mutmaßlichen Hauptkomponenten unter den Metallen/Schwermetallen wie Eisen und Aluminium zu ermitteln, die als nicht toxische Elemente üblicherweise als Inhaltsstoffe nicht gemessen werden. Da die Analyse mit dem Simultanverfahren ICP-MS durchgeführt wurde, konnten eine ganze Reihe weiterer Elemente dabei mit quantifiziert werden, die Ergebnisse für die Stationen Sternschanze und Habichtstraße sind in Tabelle 4 zusammengestellt:

Im Ergebnisvergleich lassen sich grob drei Elementgruppen unterscheiden: Bei Aluminium und Titan, beides typische Vertreter der so genannten Erdkrustenelemente, wurden an der Sternschanze deutlich höhere Konzentrationen als an der Straßenstation ermittelt. Demgegenüber kamen Chrom, Eisen und Antimon in Verkehrsnähe deutlich stärker vor als im urbanen Hintergrund. Die Elemente Kobalt, Mangan, Vanadium und Zink zeigten keine so deutlichen standortbezogenen Schwerpunkte.

Im Vergleich mit den Daten für Itzehoe (Hubschrauberlandeplatz Hungriger Wolf) aus dem Winter 1995/96 [10] liegen die Al- und Ti-Werte in der Habichtstraße in ähnlicher Größenordnung, während die Fe-Konzentration in Itzehoe erheblich niedriger war als 2006 in den Hamburger Proben. In [11] sind für die typische Zusammensetzung der Erdkruste auf das Element Aluminium bezogene Massenverhältnisse verschiedener weiterer Elemente angegeben mit einem Wert von 0,61 für das Fe/Al-Verhältnis. Das aus den Itzehoe-Daten ermittelte Fe/Al-Verhältnis von 0,75 liegt in ähnlicher Größenordnung, während für die Hamburger Messorte, auch für die Station Sternschanze, deutlich mehr Eisen als Aluminium gefunden wird.

	Sternschanze	Habichtstraße	Itzehoe 1995/96
	ng/m <sup>3</sup>		
Aluminium Al	348	187	243
Kobalt Co	0,25	0,26	--
Chrom Cr	2,0	9,3	1,8
Eisen Fe	622	1.753	182
Mangan Mn	18	16	7,9
Antimon Sb	3,7	18	1,3
Titan Ti	22	13	14
Vanadium V	9,5	6,0	4,4
Zink Zn	39	49	40

Tabelle 4: Konzentration weiterer Elemente an den Stationen Sternschanze und Habichtstraße sowie Vergleichsdaten aus Itzehoe, Winter 1995/96

Wie eingangs beschrieben, treten an der Station Sternschanze unregelmäßig und zeitlich meist auf einige Stunden begrenzt höhere Feinstaub (PM10)-Konzentrationen als an anderen Stationen auf, für die als Ursachen ein in der Nähe gelegener Grand-Sportplatz oder auch die Großbaustelle Messeerweiterung in Frage kämen. Erhöhte Aluminium-, Titan-, aber auch Calciumbelastungen deuten auf Erdkrustenmaterial hin. Wertet man die Daten der beiden Stationen dahingehend aus, dass man die 10 Proben mit den im Vergleich zur Habichtstraße höchsten Feinstaub (PM10)-Konzentrationen an der Sternschanze getrennt betrachtet, dann heben sich gegenüber dem Gesamtmittelwert besonders die Elemente Aluminium, Calcium, Mangan und Titan hervor, deren Konzentration in den 10 Proben um Faktoren zwischen 1,6 (Calcium) und 2,0 (Titan) höher ist als im Gesamtdurchschnitt aller Proben; z. B. betrug die Al-Konzentration an den 10 betrachteten Tagen 620 ng/m<sup>3</sup> gegenüber 348 ng/m<sup>3</sup> im Jahresmittel. Ein Beitrag von aufgewirbeltem Erdkrustenmaterial zur Feinstaub (PM10)-Belastung an den Tagen, an denen die Sternschanze im Vergleich zu anderen Stationen besonders hohe Feinstaubwerte zeigt, ist somit sehr plausibel.

An der Habichtstraße treten die Elemente Chrom, Kupfer, Eisen und Antimon deutlich hervor mit Konzentrationen, die um einen Faktor von 2,8 (Eisen) bis 5 (Antimon) höher sind als an der Sternschanze. Wie bereits erwähnt, ist bekannt, dass die Elemente Kupfer und Antimon typisch sind für Abriebe aus Bremsbelägen. Neben dem bereits oben zitierten Kupferwert lag auch der 1992 in der Stresemannstraße ermittelte Antimonwert mit 19 ng/m<sup>3</sup> in fast gleicher Höhe wie der jetzt gemessene Wert in der Habichtstraße. Bei den Elementen Eisen und Chrom wird es sich ebenfalls um Bestandteile von Abrieben sowie auch um Korrosionsprodukte handeln.

Aus den untersuchten Elementen insgesamt ragt Eisen insofern heraus, als am Verkehrsstandort Habichtstraße eine hohe Jahresmittelkonzentration von 1,7 µg/m<sup>3</sup> gemessen wurde. Berechnet man das Eisen entsprechend seinem wahrscheinlichen Vorkommen als Oxid Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, dann trägt Eisen sogar mit 2,5 µg/m<sup>3</sup> zur Gesamtstaubmasse der Habichtstraße bei, das entspricht einem Anteil von immerhin fast 7 %.

In [11] und [12] sind Schätzverfahren für den silikatischen Erdkrustenanteil angegeben, die auf typischen Elementverhältnissen aus Vergleichsdaten bzw. der Erdkrustenzusammensetzung basieren. Dabei werden die Messergebnisse für die Elemente Titan bzw. Aluminium als Bezugsgrößen gewählt. Je nach Schätzmethode würde sich für den Standort Sternschanze eine Silikatkonzentration zwischen 1,5 µg/m<sup>3</sup> bis 3,1 µg/m<sup>3</sup> ableiten lassen und für den Standort Habichtstraße ein Wert zwischen 0,9 µg/m<sup>3</sup> und 1,7 µg/m<sup>3</sup>.

#### 4.4 Auswertungen Feinstaub (PM10)-größensortierter Daten, stationsspezifisch

Nachdem in Kapitel 4.2 die durchschnittliche Zusammensetzung des Feinstaubes an den 4 Standorten dargestellt wurde, soll im Folgenden untersucht werden, ob bzw. welche Zusammenhänge es zwischen der Höhe der Staubkonzentration und der Zusammensetzung des Staubes gibt.

Dabei sind natürlich insbesondere die Tage interessant, an denen der Tagesgrenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten wurde oder allgemeiner, an denen eine hohe Staubkonzentration vorlag.

Bildet man für jeden Messort Konzentrationsklassen, z. B. Proben mit Feinstaub (PM10)-Werten  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , Proben mit Feinstaub (PM10)-Werten zwischen 25 bis  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und Proben mit Werten  $< 25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , dann hat das den Nachteil, dass die Klassen je nach Station ganz unterschiedlich groß sind; zusätzlich liegen gerade bei den Konzentrationen  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  z. T. nur sehr geringe Fallzahlen vor. Eine Einteilung nach Perzentilen (z. B. Proben mit Feinstaub (PM10)  $> 75$ -Perzentil, Proben mit Feinstaub (PM10)-Werten zwischen 25- und 75-Perzentil und Proben mit Feinstaub (PM10)  $< 25$ -Perzentil) hat den Vorteil, dass die einzelnen Klassen vergleichbar groß sind. Nachteil ist, dass bei der Perzentileinteilung der Vergleich zwischen den Stationen qualitativ ist (die größten, die mittleren und die kleinsten Werte) und sich nicht an festen Konzentrationsgrenzen orientiert.

In der folgenden umseitigen Ergebnistabelle 5 für die Hauptkomponenten sind beide Klasseneinteilungen enthalten, in den Beispieldiagrammen wird eine Kombination angewandt, die jeweils stationsspezifisch neben dem Gesamtmittelwert die Konzentrationsklassen mit Feinstaub (PM10)-Werten  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $> 75$ -Perzentil, zwischen 25- und 75-Perzentil und  $< 25$ -Perzentil darstellt.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Auswertung sind: Der Anteil der Sekundärkomponenten im Feinstaub (PM10), Ammoniumnitrat und -sulfat, nimmt mit der Höhe der Staubbelastung zu; der größte Anteil findet sich in den Proben, die den Feinstaub (PM10)-Tagesgrenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten hatten, bei der Perzentilklassierung zeigen die Proben  $> 75$ -Perzentil den höchsten Anteil.

Von den drei Komponenten ist in erster Linie Nitrat, aber auch Ammonium für die Steigerung bei hohen Staubkonzentrationen verantwortlich, Sulfat dagegen ist relativ gleichmäßig über die verschiedenen Konzentrationsklassen verteilt.

Da das Sekundäraerosol ein Maß für die regionale und überregionale Hintergrundbelastung ist, bedeutet dieses Ergebnis, dass gerade an Tagen mit den höchsten Feinstaubwerten der nicht-lokale Einfluss besonders groß ist. So entfallen an den Tagen mit Überschreitung des Tagesgrenzwertes zwischen 23 (Habichtstraße) und  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Bornhöved) auf Sekundärpartikel, was bereits etwa der Hälfte des Grenzwertes bzw. mehr entspricht. Dieses überproportionale Ansteigen des Sekundäranteils während Phasen hoher Feinstaub (PM10)-Staubbelastung wurde auch in den vergleichbaren Untersuchungen in anderen Bundesländern festgestellt.

Genau andersherum liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Ionen Natrium, Magnesium und Chlorid, die den Anteil des Seesalzaerosols charakterisieren. Die Konzentrationen dieser Ionen liegen an Tagen hoher Staubbelastung niedriger als im Mittel und sind umgekehrt bei den niedrigsten Feinstaub (PM10)-Konzentrationen überdurchschnittlich. Ausgedrückt als Anteil des Staubes steigt der Gehalt von 0,7 bis 2,1 % an Tagen mit Grenzwertüberschreitung deutlich an auf 7,5 bis 11,5 % an den Tagen mit den geringsten Staubkonzentrationen. Die jeweilige Luftmassenherkunft – kontinentale Luftmassen bei hohen Feinstaub (PM10)-Werten, maritime Luftmassen bei niedriger Staubbelastung – bietet eine nachvollziehbare Erklärung.

Station	Mittelwert	Mittel > 50	Mittel 25-50	Mittel < 25	Mittel >75Perz	Mittel 25-75Perz	Mittel <25Perz
Bornhöved EC	6,0	7,2	7,2	5,1	6,8	5,2	5,0
Kiel EC	14,7	12,0	15,2	15,7	13,2	15,7	15,7
Sternschanze EC	8,1	8,4	8,2	7,8	8,5	7,8	7,8
Habichtstr. EC	18,2	16,5	19,1	14,9	17,1	19,4	15,2
Bornhöved OC	10,1	10,4	11,9	9,1	11,1	8,7	9,8
Kiel OC	10,6	10,4	10,8	10,6	10,7	10,1	12,1
Sternschanze OC	9,3	9,4	9,5	9,0	9,9	8,6	10,0
Habichtstr. OC	9,9	10,2	9,4	11,3	9,8	9,4	11,4
Bornhöved NH4	10,0	12,3	9,7	9,5	10,9	9,5	7,0
Kiel NH4	7,2	9,4	7,1	5,7	8,1	7,1	4,4
Sternschanze NH4	6,5	7,8	6,5	5,7	7,1	6,3	5,0
Habichtstr. NH4	6,0	7,7	5,7	4,6	7,4	5,3	5,2
Bornhöved NO3	21,1	33,4	23,2	17,5	25,9	17,1	13,2
Kiel NO3	16,5	25,9	15,0	12,3	21,3	14,2	8,9
Sternschanze NO3	14,2	19,7	13,6	12,3	16,7	12,5	12,8
Habichtstr. NO3	13,5	18,7	12,3	11,1	18,6	10,9	10,6
Bornhöved SO4	16,6	14,7	14,1	18,2	15,3	18,0	16,8
Kiel SO4	12,3	11,4	12,9	12,0	11,1	13,7	10,8
Sternschanze SO4	13,9	13,2	14,0	14,0	13,5	14,6	12,7
Habichtstr. SO4	11,5	11,9	11,4	11,0	11,4	11,4	12,0
Bornhöved Na	2,4	0,4	0,8	3,6	0,8	3,5	5,6
Kiel Na	2,3	0,8	1,6	4,1	1,1	2,6	4,8
Sternschanze Na	1,9	0,4	1,4	3,5	0,8	2,2	4,6
Habichtstr. Na	1,7	0,5	1,7	4,1	0,9	1,8	3,6
Bornhöved Mg	0,3	0,0	0,1	0,4	0,1	0,4	0,7
Kiel Mg	0,3	0,1	0,2	0,5	0,1	0,3	0,6
Sternschanze Mg	0,2	0,1	0,2	0,4	0,1	0,3	0,5
Habichtstr. Mg	0,2	0,1	0,2	0,5	0,1	0,2	0,4
Bornhöved Cl	2,4	0,5	0,7	3,5	0,7	3,6	5,2
Kiel Cl	2,7	1,2	1,8	4,7	1,4	2,9	6,1
Sternschanze Cl	1,5	0,2	1,0	2,8	0,4	1,7	3,7
Habichtstr. Cl	1,6	0,5	1,5	4,2	0,9	1,5	3,5
Bornhöved K	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7
Kiel K	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5
Sternschanze K	0,6	0,6	0,6	0,57	0,6	0,6	0,6
Habichtstr. K	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Bornhöved Ca	0,4	0,1	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5
Kiel Ca	0,7	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,9
Sternschanze Ca	1,2	1,0	1,3	1,0	1,2	1,2	0,9
Habichtstr. Ca	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,5

Tabelle 5: Anteile der Inhaltsstoffe (in Prozent) als Gesamtmittelwert, als Mittelwert aller Proben > 50 µg/m<sup>3</sup>, zwischen 25 und 50 µg/m<sup>3</sup>, sowie < 25 µg/m<sup>3</sup> und als Mittelwert aller Proben > 75-Perzentil, zwischen 25- und 75-Perzentil sowie < 25-Perzentil.

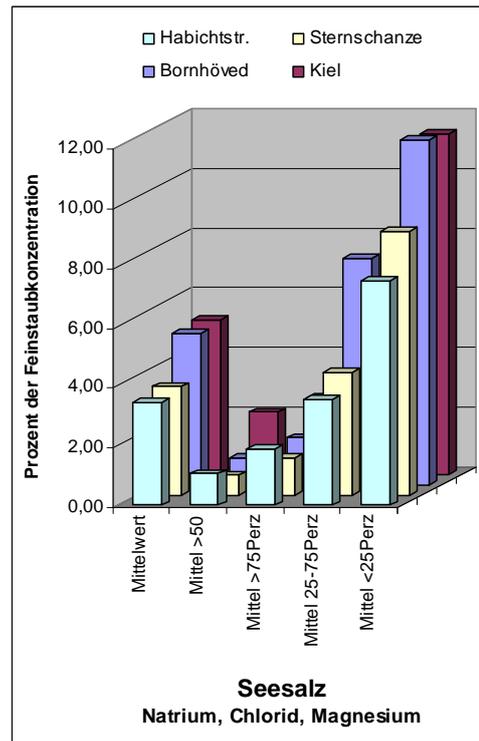
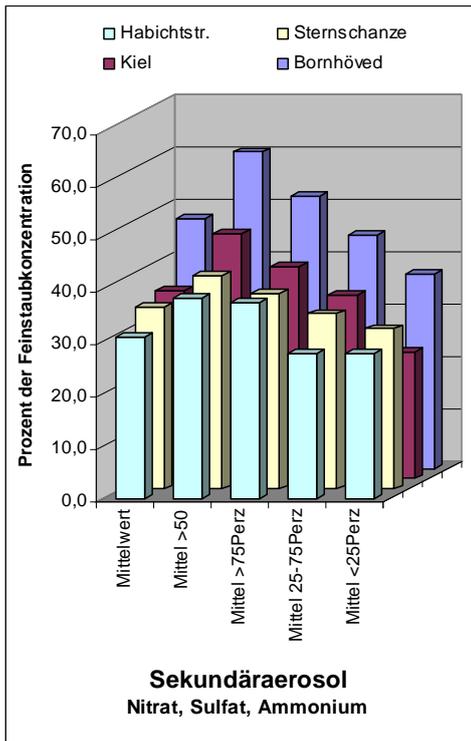


Abbildung 9: Anteile von sekundären und Seesalz-Partikeln im Mittel und in verschiedenen Feinstaub (PM10)-Konzentrationsklassen

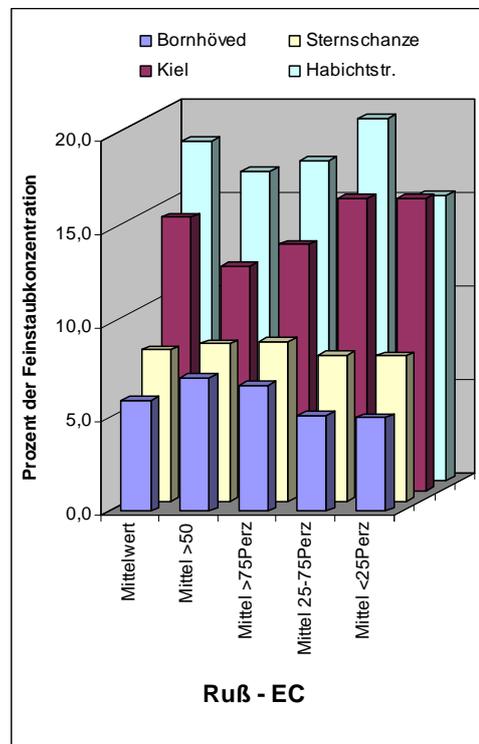
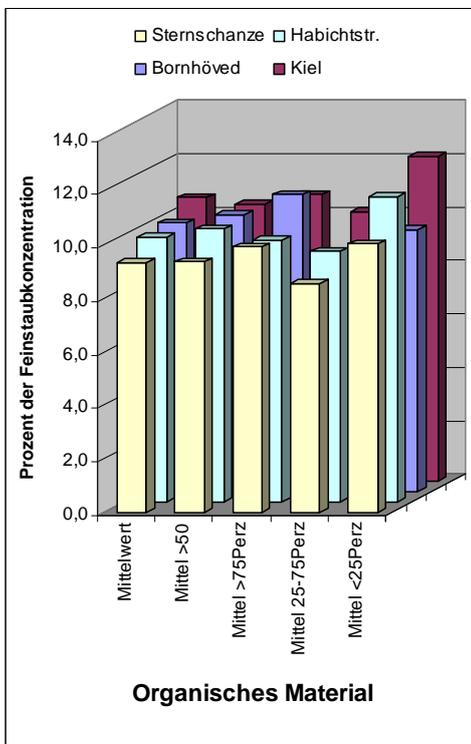


Abbildung 10: Anteile von organischem Material und Ruß im Mittel und in verschiedenen Feinstaub (PM10)-Konzentrationsklassen

Der Feinstaub (PM10)-Bestandteil "organisches Material" ist ziemlich homogen auf die Klassen unterschiedlicher Konzentrationen verteilt und mit ungefähr 10 % auch bei allen Stationen mit ähnlichem Anteil vertreten. Ein vergleichbar einheitliches Bild liefert sonst nur noch das Element Zink, für das allerdings nur Ergebnisse von den beiden Hamburger Messstationen vorliegen.

Beim Rußanteil sind die Verteilungen auf die Feinstaub (PM10)-Konzentrationsklassen zwischen den Hintergrundmessstationen (Bornhöved und Sternschanze) und den Verkehrsstationen unterschiedlich. Insgesamt sind die Rußgehalte in Verkehrsnähe etwa 2 bis 3 mal so hoch wie im Hintergrund und differieren stationsbezogen relativ wenig zwischen den Feinstaub (PM10)-Konzentrationsklassen. Die Hintergrundstationen zeigen aber die höchsten Rußanteile bei den höchsten Feinstaub (PM10)-Konzentrationen (Werte  $> 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $> 75$ -Perzentil), während bei den Verkehrsstationen die mittlere Staubkonzentrationsklasse den höchsten Rußgehalt ausweist. (Werte zwischen dem 75- und dem 25-Perzentil); nur der Gehalt dieser Klasse (in Kiel auch die Klasse der niedrigsten Feinstaub (PM10)-Werte) ist bei ihnen größer als der Gehalt im Mittel über alle Proben. Ein vergleichbares Muster zeigt sich an der Habichtstraße ebenso für die Elemente Kupfer, Antimon, Eisen und Chrom, die ebenfalls zum erheblichen Teil dem Verkehr zuzuordnen sind. Daraus kann der Schluss gezogen werden, dass bei mittleren Konzentrationen (an der Habichtstraße entspricht der Bereich zwischen dem 25- und dem 75-Perzentil der Konzentrationsspanne zwischen  $27$  und  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Feinstaub (PM10)) der lokale Einfluss auf die Belastung am höchsten ist.

Die Elemente Arsen, Cadmium und Blei zeigen hinsichtlich der Verteilung ihrer Anteile über die Konzentrationsklassen und der Anteile bei den unterschiedlichen Stationen eine große Ähnlichkeit: Höhere Anteile bei höheren Feinstaubwerten, die niedrigsten Anteile bei geringen Staubkonzentrationen, im Prinzip ein ähnlicher Verlauf wie bei den sekundären Parametern. Die deutlich höchsten Gehalte werden an der Station Sternschanze gemessen. Die Differenz zu den anderen Stationen ist so groß, dass spezielle Emittenteneinflüsse Hamburger Quellen anzunehmen sind, die sich an der Habichtstraße nicht oder viel geringer auswirken (u. a. Norddeutsche Affinerie). Auch für die Elemente Nickel und Vanadium sind in der Sternschanze höhere Werte gemessen worden. Hierbei ist auffällig, dass bei den niedrigsten Staubkonzentrationen die höchsten Elementgehalte ermittelt wurden.

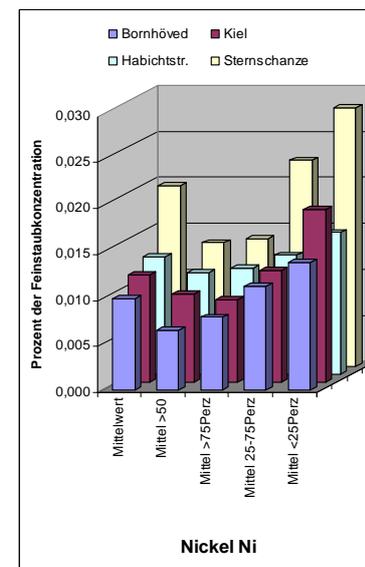
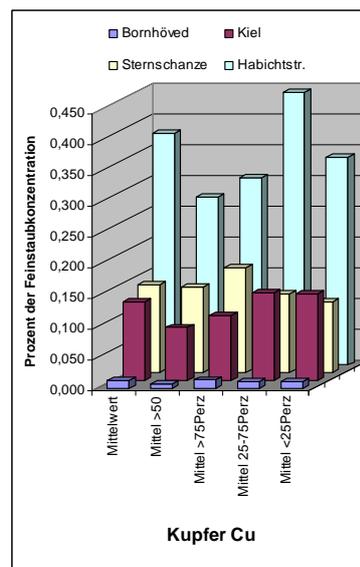
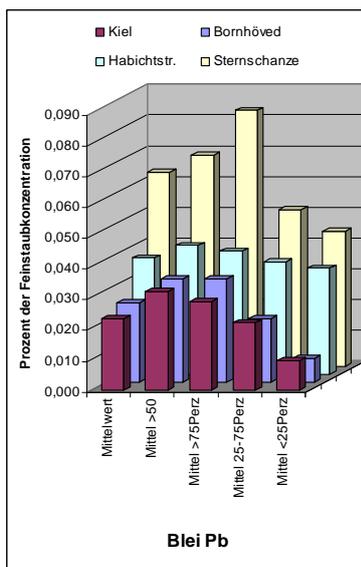
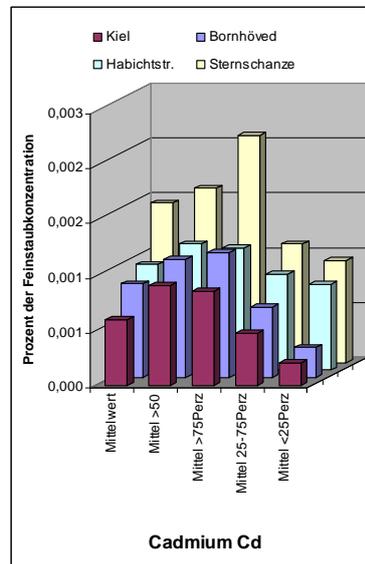
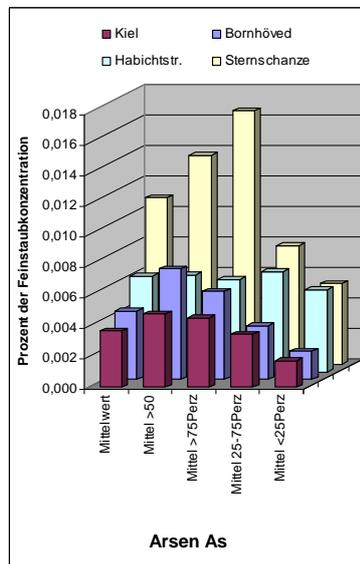
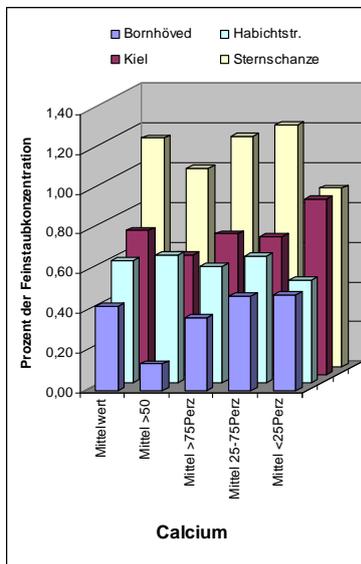
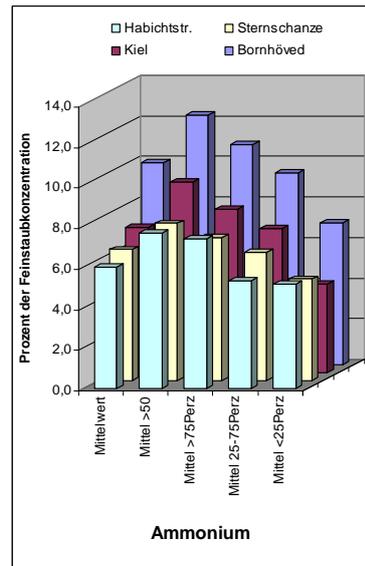
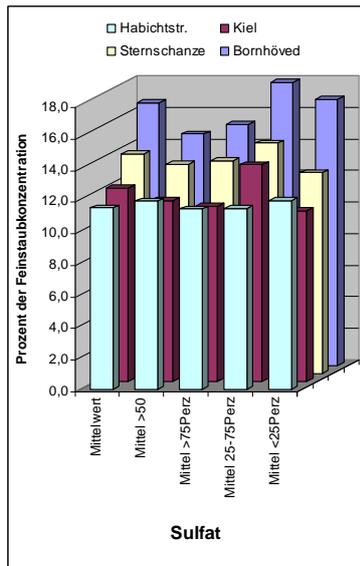
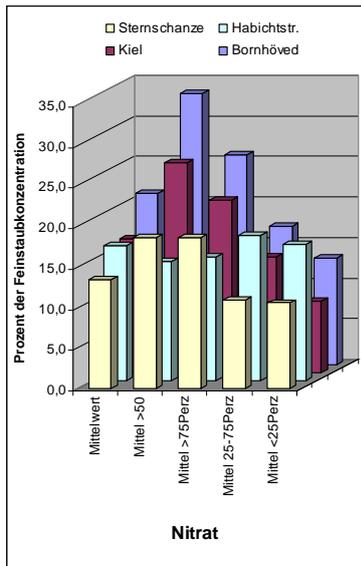


Abbildung 11: Anteile von Nitrat, Sulfat, Ammonium sowie der Elemente Ca, As, Cd, Pb, Cu und Ni im Mittel und in verschiedenen Feinstaub (PM10)-Konzentrationsklassen

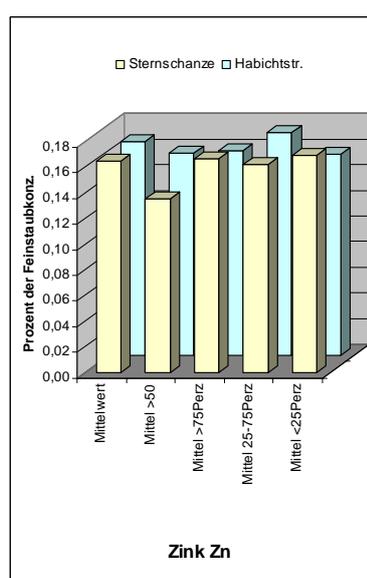
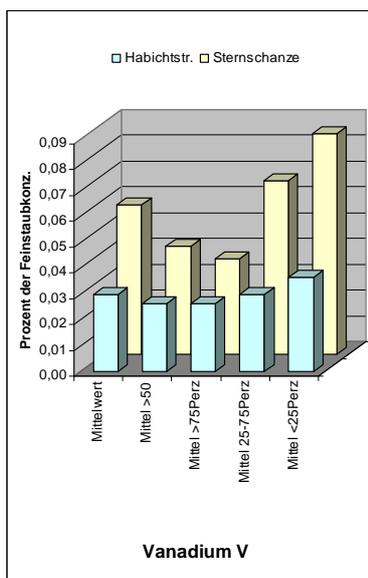
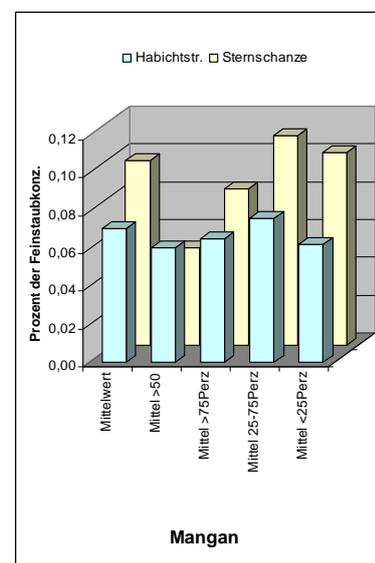
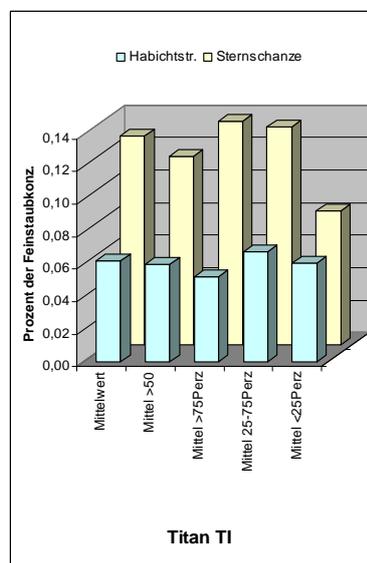
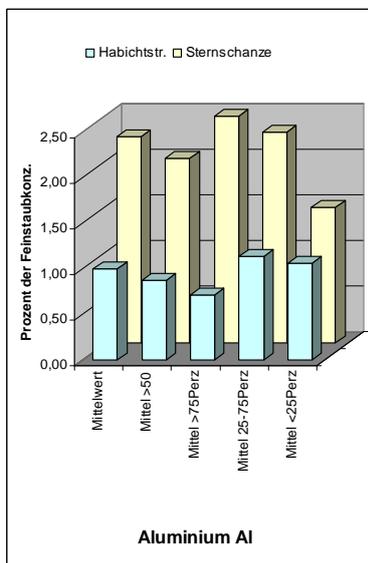
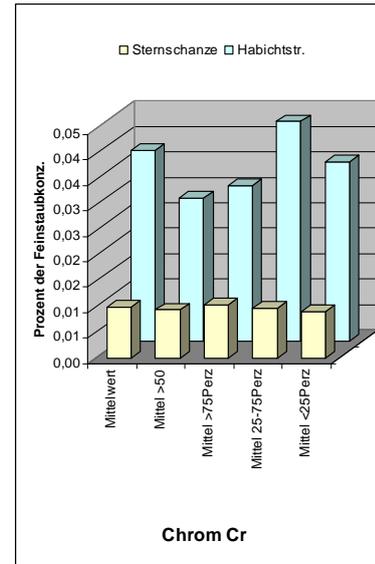
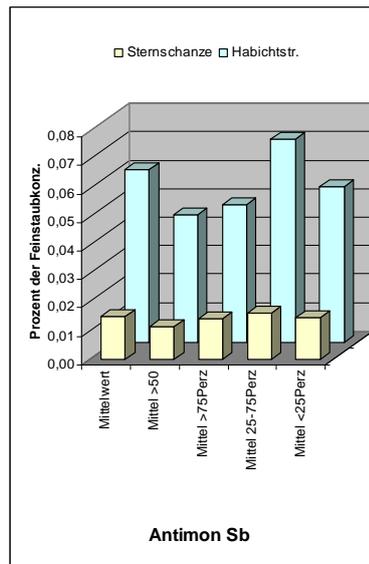
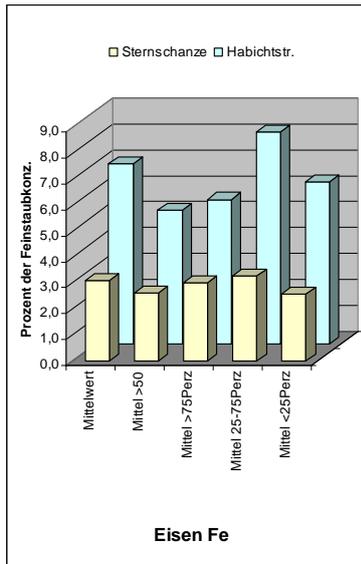


Abbildung 12: Anteile der Elemente Fe, Sb, Cr, Al, Ti, Mn, V und Zn im Mittel und in verschiedenen Feinstaub (PM10)-Konzentrationsklassen

#### 4.5 Vergleich mit anderen Daten

Wie bereits erwähnt, liegen aus einer ganzen Reihe anderer Bundesländer Ergebnisse von vergleichbaren Untersuchungen vor. Nachfolgend sollen die Ergebnisse dieses Projektes zur besseren Einordnung in den Rahmen der vorliegenden anderen Resultate gestellt werden, die den folgenden Literaturstellen entnommen sind: [11-15]. In den Vergleichstabellen wurden die Untersuchungsstandorte in die 4 Kategorien "ländlicher Hintergrund", "Stadttrand", "städtischer Hintergrund" und "Verkehrsstationen" einsortiert.

	ländlicher Hintergrund				Stadttrand	
	Hortenkopf [11]	Paulinenaue [13]	Bösel [14]	Bornhöved	Berlin MC 27 [13]	Berlin MC 77 [13]
PM10	16,1	19,3	39	<b>19,9</b>	22,6	23,1
EC	7,2	6,0	7,9	<b>6,0</b>	7,9	7,4
OM	19,1	23,5	22,0	<b>14,1</b>	22,8	20,2
Nitrat	11,5	12,9	15,3	<b>21,1</b>	9,7	13,7
Sulfat	16,6	19,4	18,0	<b>16,6</b>	19,4	15,5
Ammonium	9,1	8,0	8,6	<b>10,0</b>	8,1	7,3
Cl	4,1	1,7	2,1	<b>2,4</b>	0,7	2,2
Na	3,5	1,5	2,0	<b>2,4</b>	1,5	2,7
Mg	0,6	0,3	0,3	<b>0,3</b>	0,2	0,3
K	0,7	0,5	0,9	<b>0,8</b>	0,5	0,6
Ca	1,3	0,8	0,5	<b>0,4</b>	0,7	0,6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,6		0,9		0,4	0,4
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,6		0,7			
MeO	0,3		0,3			
Rest	21,7	24,0	20,4	<b>25,9</b>	28,0	29,3

Tabelle 6: Ergebnisvergleich von Feinstaub (PM10)-Inhaltsstoffen, ländlicher Hintergrund und Stadttrand (Anteile der Inhaltsstoffe in Prozent)

Insgesamt passen die Daten des hier beschriebenen Untersuchungsprogramms gut in das Spektrum der Ergebnisse aus den anderen Projekten, allerdings mit einer Ausnahme: Die Werte für das organische Material OM sind auffallend niedrig. Während sich aus den zum Vergleich herangezogenen Untersuchungen ein OM-Gehalt von ca. 20 % ableiten lässt, wurden für die vier Hamburger und schleswig-holsteinischen Messstellen nur zwischen 13 und 15 % gefunden. Eine Erklärung für diese Diskrepanz kann nicht angegeben werden.

Die Ergebnisse für Nitrat bewegen sich im oberen Bereich der Vergleichsdaten, weichen aber weniger als die OM-Daten von denen der anderen Länder ab. Auffallend ist ferner, dass in der Habichtstraße im Vergleich zu den anderen Verkehrsstationen die höchsten Ruß- und Eisenoxidgehalte gefunden werden. Bemerkenswert ist vielleicht auch, dass trotz der vergleichsweise küstennahen Lage vor allen Dingen der schleswig-holsteinischen Messorte die Natrium- und Chloridgehalte zwar im oberen Bereich liegen, aber nicht die höchsten sind.

	städtischer Hintergrund						Verkehrsstationen				
	Mainz [11]	Ludwigshafen [11]	Duisburg (UNI) [15]	Berlin MC 42 [13]	Sternschanze	Hannover [14]	Berlin MC 174 [13]	Koblenz (V) [11]	Dresden (V) [12]	Kiel- Bahnhofstr.	Habichtstr.
PM10	25,1	31,6	31	25	<b>29,5</b>	41	34,4	28	29,1	<b>28,9</b>	<b>36,3</b>
EC	8,8	10,1	7,8	8,9	<b>8,1</b>	9,3	12,8	14,8	14,4	<b>14,7</b>	<b>18,2</b>
OM	20,1	20,0	16,8	19,7	<b>13,1</b>	23,8	19,2	21,5	20,2	<b>14,9</b>	<b>13,9</b>
Nitrat	11,7	10,4	16,8	11,2	<b>14,2</b>	9,0	9,7	10,3	9,3	<b>16,5</b>	<b>13,5</b>
Sulfat	14,1	12,1	15,5	15,0	<b>13,9</b>	17,2	11,9	12,1	11,3	<b>12,3</b>	<b>11,5</b>
Ammonium	8,2	7,0	7,4	6,8	<b>6,5</b>	5,9	5,4	7,3	5,8	<b>7,2</b>	<b>6,0</b>
Cl	2,3	2,4	2,3	1,5	<b>1,5</b>	0,4	1,6	2,3	1,0	<b>2,6</b>	<b>1,6</b>
Na	2,1	2,0	2,0	1,6	<b>1,9</b>	1,7	1,3	2,1	1,5	<b>2,3</b>	<b>1,7</b>
Mg	0,4	0,4	0,4	0,2	<b>0,2</b>	0,3	0,2	0,4	0,2	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>
K	0,7	0,8	0,6	0,5	<b>0,6</b>	0,8	0,4	0,7	0,6	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>
Ca	1,1	1,8	1,1	0,8	<b>1,1</b>	1,0	1,2	0,9	1,0	<b>0,7</b>	<b>0,6</b>
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,9	3,0	3,8	0,5	<b>3,0</b>	2,4	1,2	3,6	5,3		<b>6,9</b>
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,7	2,6	1,1		<b>2,2</b>	0,9		1,7			<b>1,0</b>
MeO	0,3	0,3	1,1		<b>0,7</b>	0,4		0,3			<b>0,9</b>
Rest	25,8	26,5	23,3	33,2	<b>33,0</b>	27,0	35,1	21,5	35,1	<b>27,9</b>	<b>23,5</b>

Tabelle 7: Ergebnisvergleich von Feinstaub (PM10)-Inhaltsstoffen, städtischer Hintergrund und Verkehrsstationen (Anteile der Inhaltsstoffe in Prozent)

Der Datenvergleich belegt, dass das Untersuchungsprogramm insgesamt plausible Ergebnisse geliefert hat und dass die grundsätzliche Zusammensetzung des PM10-Staubes auch über weite Entfernungen hinweg im Mittel recht ähnlich ist.

Auch die typischen Befunde aus den Untersuchungen der anderen Länder wie die Zunahme der sekundären Partikel sowohl in der Konzentration aber auch im Anteil am Gesamtstaub während Zeiten besonders hoher Belastung wurden im vorliegenden Projekt bestätigt.

## 4.6 Ergänzende Auswertungen

### 4.6.1 Sommer-/Winterhalbjahr – Werkzeuge/Wochenende

Wertet man die Proben getrennt nach Sommer- und Wintermonaten aus (Sommer: April bis September / Winter: Oktober bis März), dann ergibt sich überwiegend ein Plus für das Winterhalbjahr. Die Feinstaub (PM10)-Konzentration ist in der kalten Jahreszeit gut 10 % höher als im Sommerhalbjahr, Ausnahme ist die Station Sternschanze, bei der es zwischen beiden Halbjahren kaum einen Unterschied gibt (siehe vorn, lokaler Einfluss durch Staubaufwirbelung vornehmlich im Sommer).

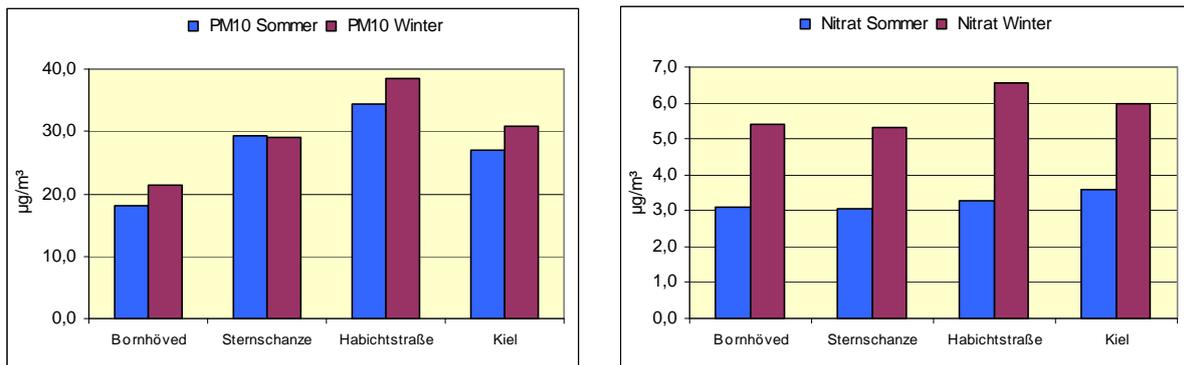


Abbildung 13: Mittlere Feinstaub (PM10)- und Nitratkonzentrationen im Sommer- und Winterhalbjahr

Die höchsten Unterschiede treten beim Nitrat und Ammonium auf, die Winterwerte liegen bei diesen Komponenten zwischen 35 % und 100 % höher als im Sommer (Bezugswert). Ähnliches gilt auch für Chlorid. Hier macht sich bemerkbar, dass Ammoniumnitrat und -chlorid vergleichsweise flüchtige Substanzen sind und daher bei höheren Temperaturen im geringeren Maße zur Partikelbildung beitragen bzw. auch vom Filter wieder "abdampfen" können.

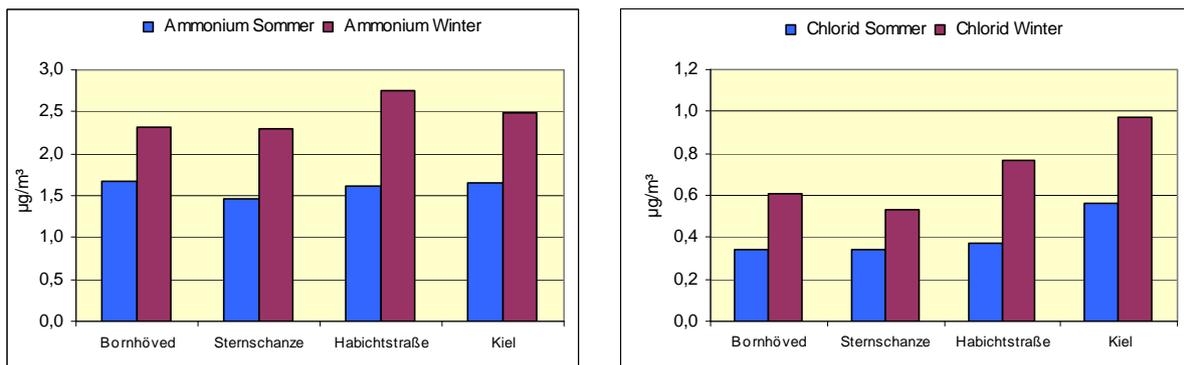


Abbildung 14: Mittlere Ammonium- und Chloridkonzentrationen im Sommer- und Winterhalbjahr

Beim Ruß und auch beim organisch gebundenen Kohlenstoff sind die Unterschiede zwischen den Jahreszeiten eher gering. Der Rußwert in der Habichtstraße ist im Sommer geringfügig höher als in den kühlen Monaten, gleiches gilt auch für die verkehrstypischen Elemente Eisen, Kupfer, Antimon und Chrom. Möglicherweise ist dies auf verstärkte Aufwirbelung in der warmen (und trockeneren) Jahreszeit zurückzuführen.

Die Erdkrustenelemente Aluminium, Calcium, Titan, Mangan und Eisen zeigen ebenfalls eher im Sommerhalbjahr höhere Konzentrationen (vermehrte Wiederaufwirbelung bei trockenen Oberflächen). Insbesondere an der Station Sternschanze waren die Aluminium- und Titankonzentrationen von März bis September etwa dreifach so hoch wie in den Wintermonaten, beim Calcium noch doppelt so hoch. Dies ist ein erneuter Beleg für das lokale Problem der Aufwirbelung (siehe vorn).

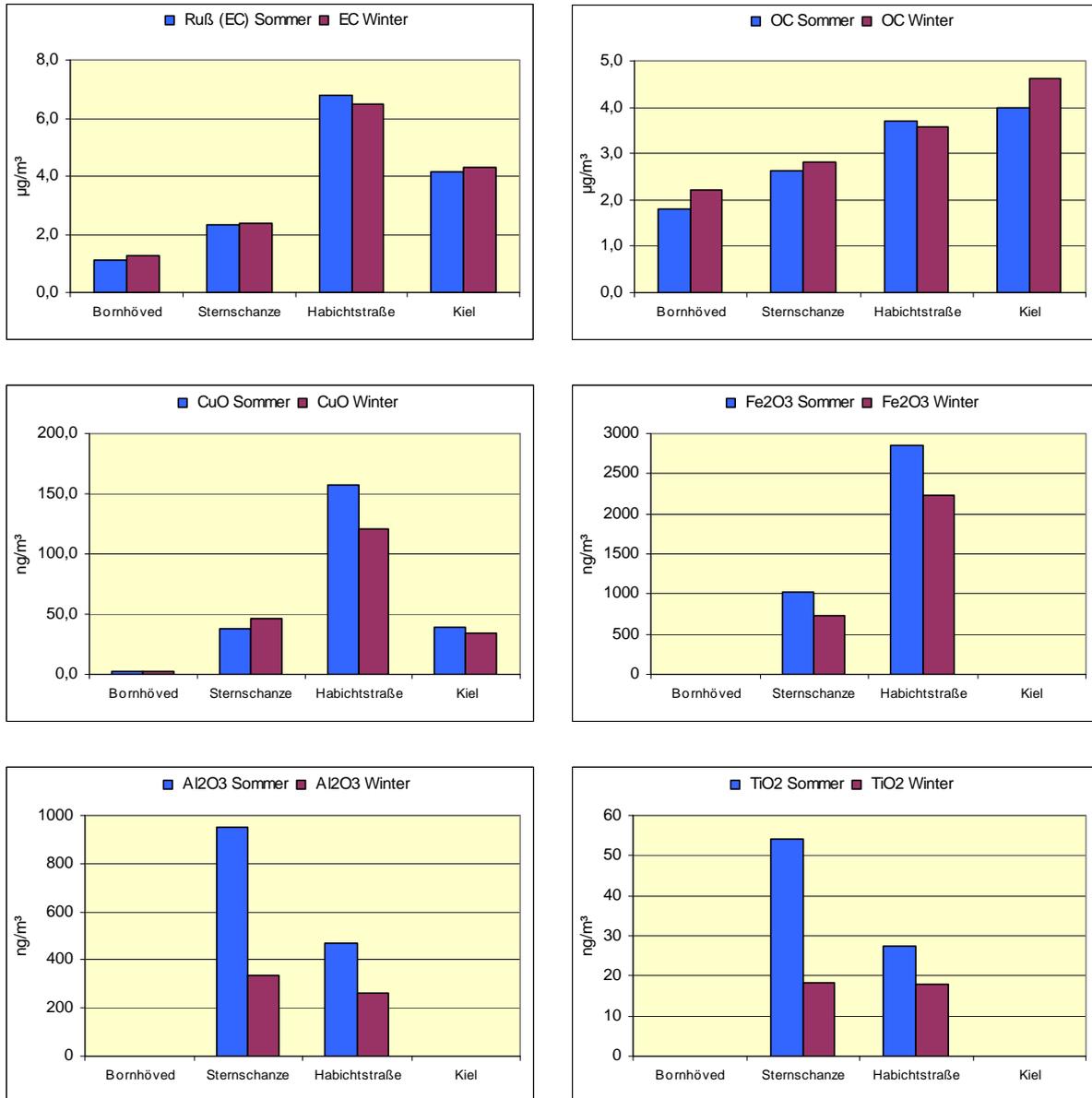


Abbildung 15: Mittlere Konzentrationen im Sommer- und Winterhalbjahr für die Inhaltsstoffe Ruß, org. Kohlenstoff, Kupfer, Eisen, Aluminium und Titan

Die getrennte Auswertung nach Werktagen sowie Wochenend- und Feiertagen erbringt relativ geringe Unterschiede. An den Verkehrsmessstationen Habichtstraße und Kiel ist verständlicherweise die Rußkonzentration an den verkehrsreicheren Werktagen um 50 bis 70 % höher als an den Wochenenden. Die Feinstaub (PM<sub>10</sub>)-Konzentration selbst liegt werktags 10 bis 20 % höher, die Nitrat- und Ammoniumwerte sind werktags teilweise noch stärker erhöht. Im Übrigen aber gibt es keine großen Unterschiede. Wegen der vergleichsweise geringen Anzahl von Wochenend- und Feiertagen besteht immer die Gefahr, dass solche Auswertungen durch stark abweichende Einzelwerte beeinflusst bzw. geprägt werden.

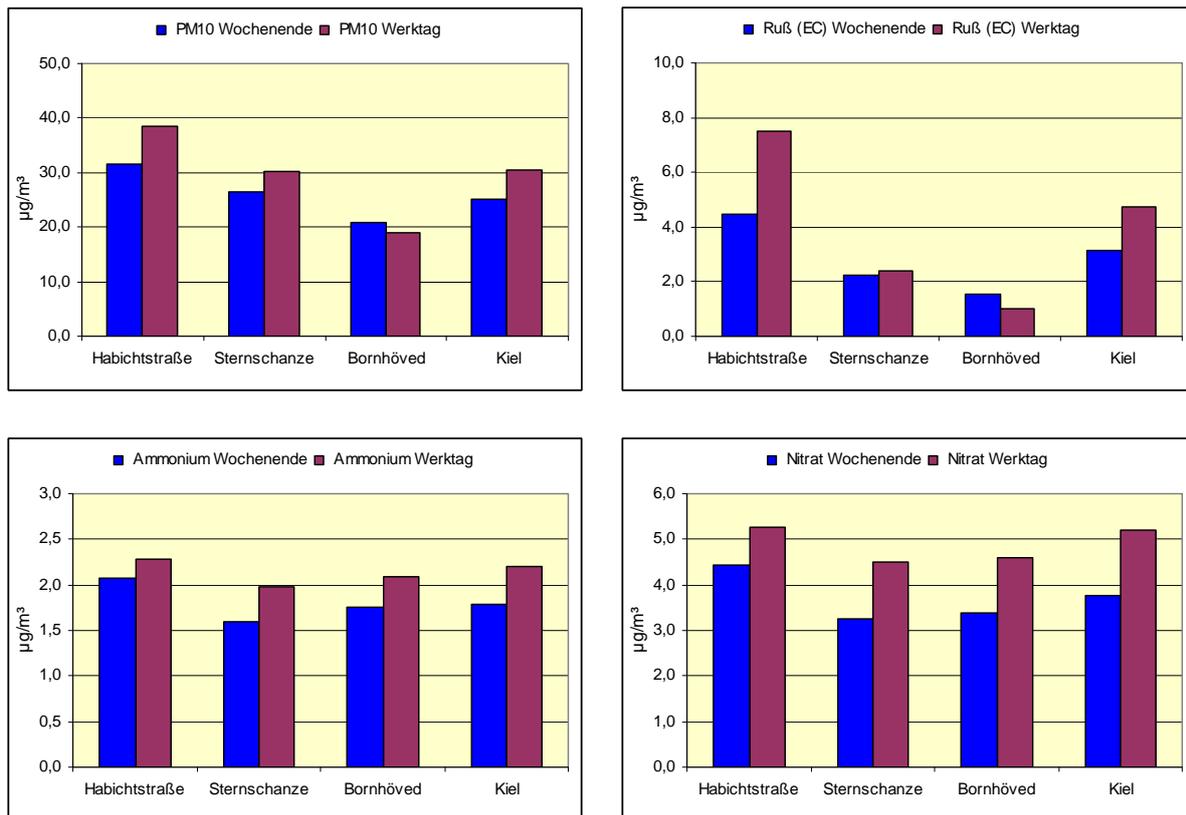


Abbildung 16: Konzentrationen an Werktagen und an Wochenenden/Feiertagen für Feinstaub (PM10), Ruß, Ammonium und Nitrat

#### 4.6.2 Weitere Auswertungen nach meteorologischen Parametern

##### Luftmasse

Die im Folgenden beschriebenen Auswertungen basieren auf meteorologischen Daten (Windgeschwindigkeit, Niederschlag) für Hamburg bzw. auf Rückwärtstrajektorien für den Endpunkt Waldhof (Lüneburger Heide).

Die Rückwärtstrajektorien wurden für alle Probenahmetage aus dem Internetangebot der AG Troposphärische Umweltforschung (TrUmF) für den Endpunkt Waldhof (ca. 100 km südöstlich von Hamburg) entnommen ( <http://wekuw.met.fu-berlin.de/trumpf/trajektorien/#> ). Es wurde vereinfachend angenommen, dass die Trajektorie für Waldhof auch auf den Hamburger Raum und Bornhöved übertragen werden kann. Die in den Trajektorien-Animationen ebenfalls dargestellten Berliner bzw. brandenburgischen Endpunkte zeigten fast an allen beprobten Tagen einen qualitativ gleichen Trajektorienverlauf wie Waldhof (siehe Abb. 17).

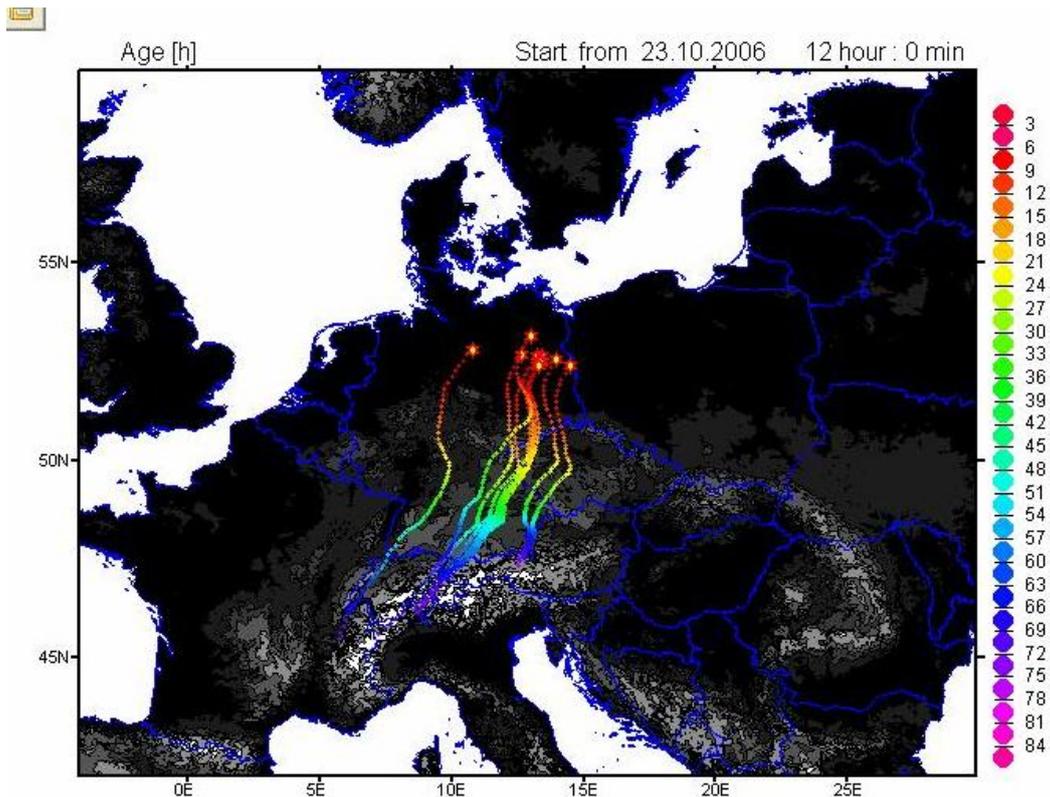


Abbildung 17: Beispiel einer Rückwärtstrajektorie des Internetangebots der AG Troposphärische Umweltforschung (TrUmF) für den 23.10.06

Auf Basis der dargestellten Trajektorien-Animation jedes Probenahmetages wurde die Herkunft der Luftmasse für jeden Tag entweder einem der 90-Grad-Sektoren Nordost (0-90°), Südost (90-180°), Südwest (180-270°) und Nordwest (270-360°) zugeteilt oder, wenn das nicht möglich war, einer der dazwischen liegenden Himmelsrichtungen Nord, Ost, Süd oder West. Die Ergebnisse jedes Probenahmetages wurden somit einer der 8 Richtungsangaben zugeordnet und für die mit jeder Richtung verbundenen Datensätze erfolgte eine getrennte Mittelwertbildung. Für die Staubinhaltsstoffe wurden die durchschnittlichen Gehalte für jede Richtungsgruppe berechnet und jeweils auf den höchsten Gehalt aller Richtungen normiert; somit war trotz ganz unterschiedlicher Gehalte eine einheitliche Darstellung möglich. Durch Eintragen der so bestimmten Werte in eine 8-teilige (45°) Windrose erhält man Darstellungen darüber, bei welcher Luftmassenherkunft ein besonders hoher oder ein besonders niedriger Anteil eines Inhaltsstoffes charakteristisch war (Abb. 18).

Die nach Luftmassenherkunft dargestellten Feinstaub (PM10)-Konzentrationen der beiden Hamburger Standorte und Bornhöved (Windrose) zeigen die typische Ausrichtungen nach Südosten, d. h. bei Luftmassenherkunft aus dem östlich und südöstlich liegenden Bereich traten die höchsten Konzentrationen auf, die niedrigsten Werte bei Luftmassen aus dem Westen und Nordwesten.

Der sekundäre Inhaltsstoff Nitrat zeigte die höchsten Gehalte bei kontinentalen Luftmassen aus dem Herkunftsbereich Ost bis Südwest. Ammonium zeigt für die Hamburger Stationen ebenfalls eine Ost- bis Südwest-, für die Habichtstraße auch noch eine Nordostausrichtung, diese Ausprägung lässt sich für Bornhöved nicht in gleichem Maß erkennen. Sulfat dagegen war auf alle Richtungen wesentlich homogener verteilt.

Fast ausschließlich auf maritime Luft aus dem Westen und Nordwesten konzentriert sind hohe Gehalte an den Seesalzkomponenten Natrium, Chlorid und Magnesium, was unmittelbar plausibel ist, aber andererseits auch die qualitative Richtigkeit dieser windrichtungsabhängigen Auswertung zeigt.

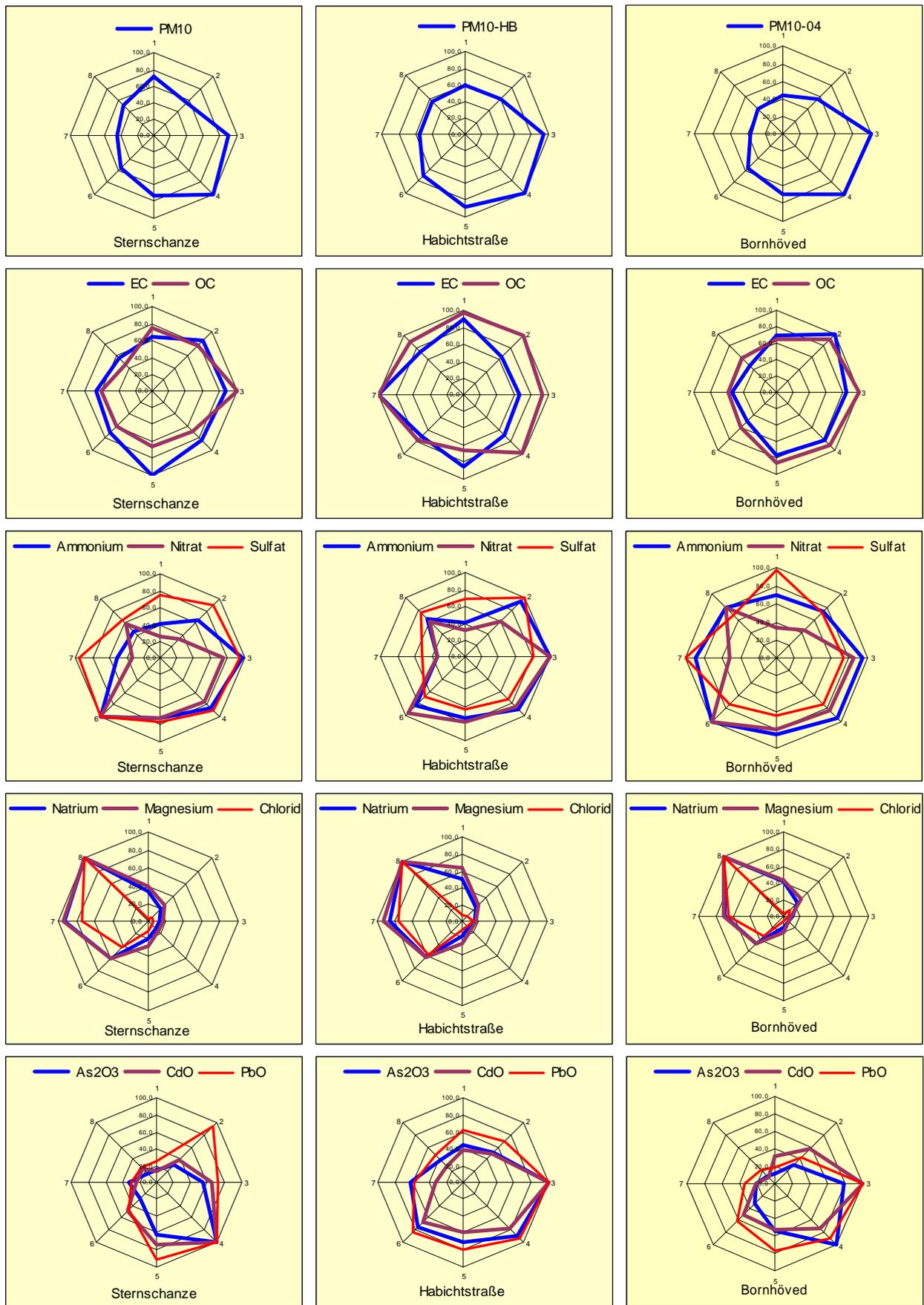


Abbildung 18: Qualitative Windrosendarstellungen auf Basis der Luftmassenherkunft entsprechend der Trumf-Rückwärtstrajektorien; dargestellt ist der prozentuale Gehalt eines Inhaltsstoffes normiert auf den Sektor mit dem höchsten Gehalt (= 100 %)

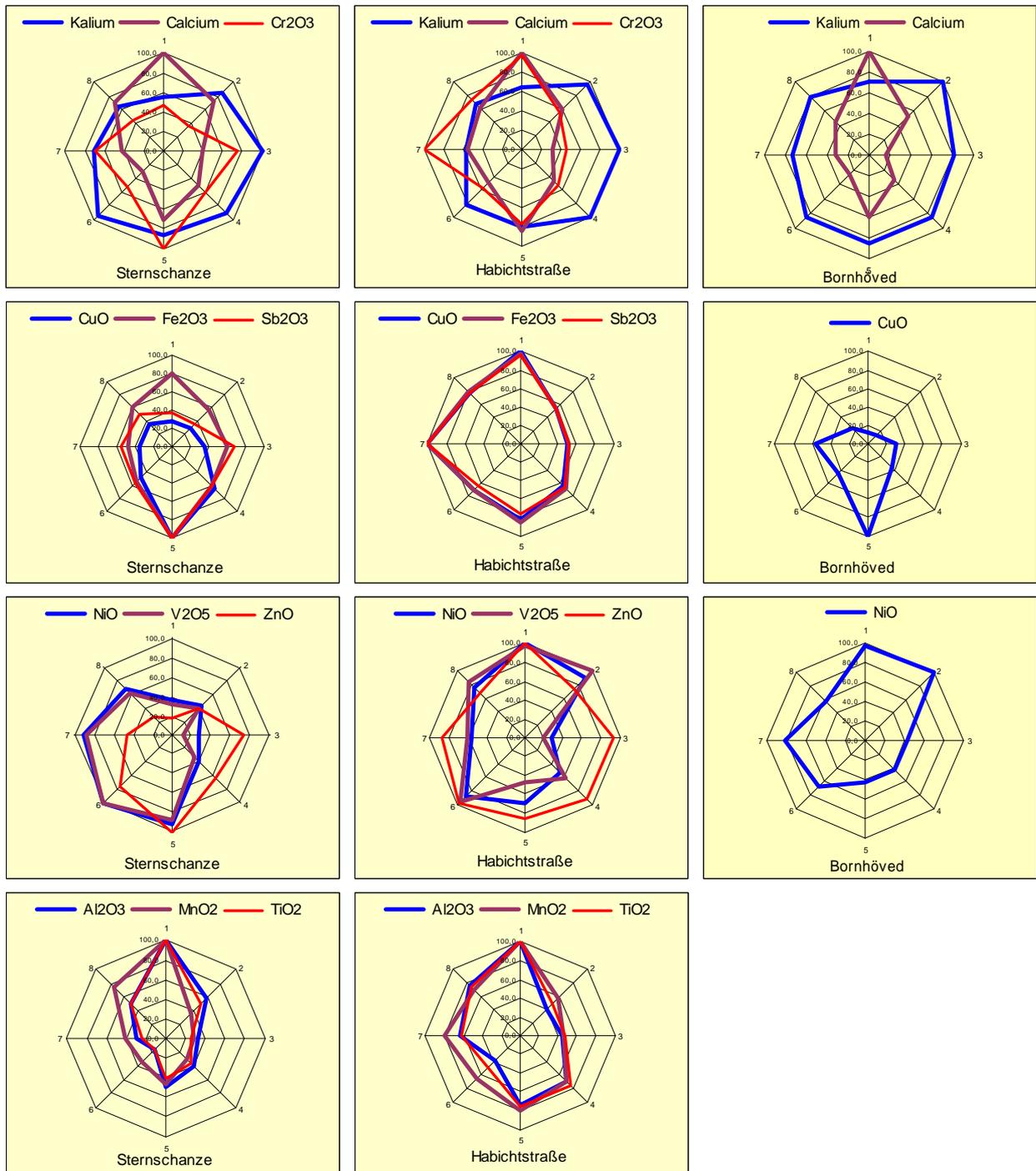


Abbildung 19: Qualitative Windrosendarstellungen auf Basis der Luftmassenherkunft entsprechend der Trumf-Rückwärtstrajektorien; dargestellt ist der prozentuale Gehalt eines Inhaltsstoffes normiert auf den Sektor mit dem höchsten Gehalt (= 100 %)

Ruß und das organische Material zeigen in Hamburg keine stark ausgeprägte und eindeutige Richtungszuweisung für hohe Gehalte, an der Habichtstraße noch weniger als an der Sternschanze, wo eine etwas stärkere Ost-Ausrichtung erkennbar wird. In Bornhöved reicht die Ausrichtung von Nordost bis Süd, wobei die insgesamt deutlich niedrigeren Konzentrationen zu beachten sind, insbesondere beim Ruß.

Unter den Schwermetallen/Metalloiden weisen Arsen, Cadmium und Blei bei insgesamt ähnlichen Diagrammen eine deutliche Südostausrichtung auf, während Nickel und Vanadium hohe Gehalte bei Luft aus dem Südwesten zeigen, in der Habichtstraße auch aus dem nördlichen Sektor von Nordwest bis Nordost.

### Niederschlag

Gruppiert und mittelt man die Ergebnisse danach, ob es entweder am Probenahmetag Niederschlag (von mehr als 0,5 mm) gegeben hat oder ob es am Probenahmetag seit bereits mindestens 2 vorangegangenen Tagen trocken war, dann erhält man das grundsätzlich erwartete Ergebnis, dass die Feinstaub (PM10)-Konzentration in den Zeiten mehrtägig trockenem Wetters etwa 10 µg/m<sup>3</sup> höher war als an Tagen mit Niederschlag. Der folgende Abschnitt beschreibt das Verhalten der Anteile der einzelnen Inhaltsstoffe in Abhängigkeit vom Niederschlag.

Bei den Hauptkomponenten gibt es die stärksten Auswirkungen bei den Seesalzkomponenten im Sinne einer deutlichen Abnahme des Gehalts bei trockenem Wetter. Dies ist natürlich erneut im Zusammenhang mit maritimen Luftmassen zu sehen, die im Wesentlichen den Gehalt der Seesalzkomponenten bestimmen und die verstärkt mit Niederschlagsereignissen verbunden sind. Bei den Spurenstoffen zeigen die Schwermetalle Nickel und Vanadium ein ähnliches Verhalten wie die Seesalzkomponenten.

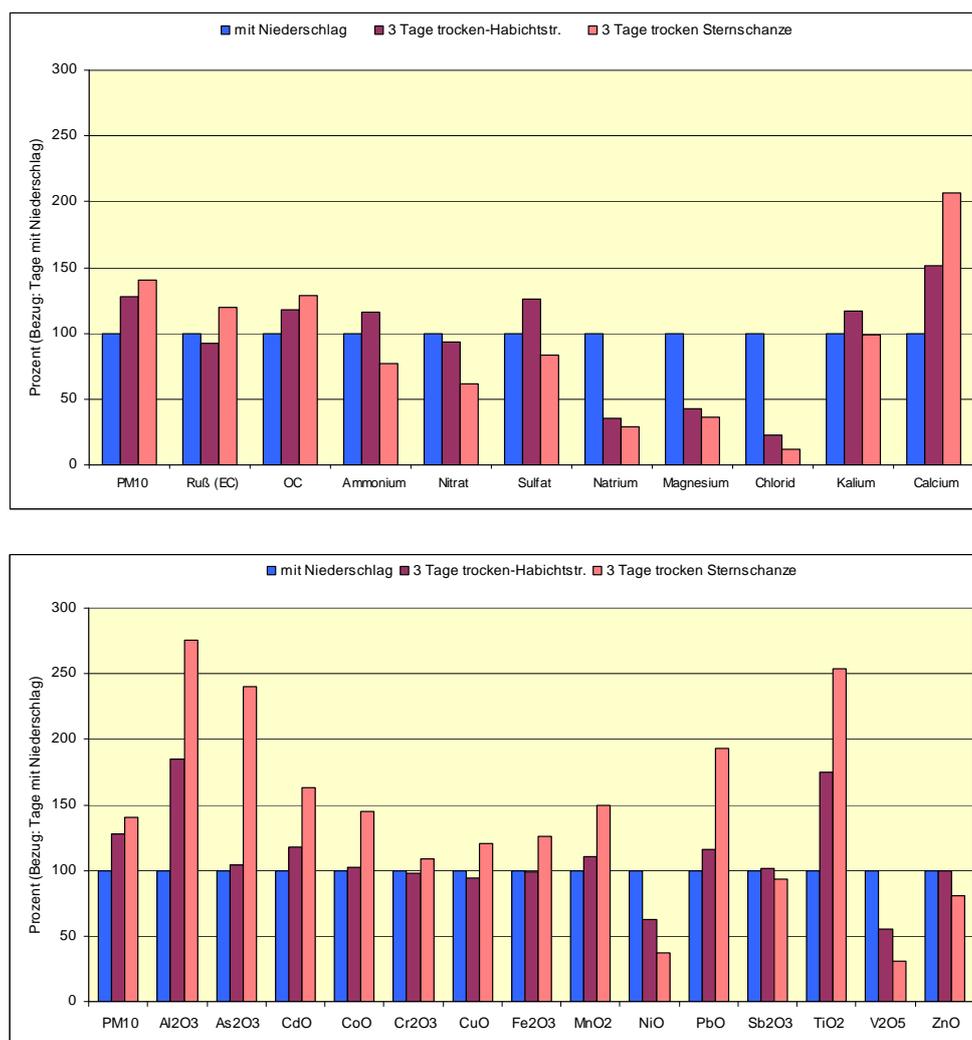


Abbildung 20: Konzentrationen von Feinstaub (PM10) sowie die Anteile der einzelnen Inhaltsstoffe an Tagen mit Niederschlag (Bezugsgröße = 100 %) und nach mind. 3 trockenen Tagen

Im Übrigen bewegen sich die Unterschiede im Anteil bezogen auf den Gehalt an Tagen mit Niederschlag meist innerhalb der Grenzen von +/- 20 %.

Die stärksten Erhöhungen im Anteil eines Inhaltsstoffes bei trockenem Wetter ergeben sich einheitlich bei beiden Hamburger Messstationen bei den Erdkrustenelementen Calcium, Aluminium und Titan, an der Station Sternschanze kommen noch die toxischen Spurenelemente Arsen, Cadmium und Blei dazu.

Insgesamt muss für diese Art der Auswertung festgehalten werden, dass 2 Effekte zu den geschilderten Resultaten beitragen: Zum einen kann durch Trockenheit eine Verwirbelung/Wiederaufwirbelung verstärkt auftreten, wodurch sich beispielsweise der erhöhte Anteil von Erdkrustenmaterial plausibel erklären lässt. Zum anderen sind Niederschlag und trockenes Wetter ganz unterschiedlich auf die Herkunftsrichtungen der Luftmassen verteilt: Niederschlagstage treten ganz überwiegend bei Luftmassenherkunft aus Südwest auf, mehrere trockene Tage in Folge dagegen vorzugsweise bei Luftmassen aus östlichen Bereichen. Das bedeutet, dass sich die bei der Auswertung nach Luftmassen gezeigten Charakteristika auch bei dieser Auswertung ausprägen (s. o. bei den Seesalzkomponenten).

### Windgeschwindigkeit

Die Auswertung hinsichtlich Windgeschwindigkeit am Probenahmetag erbrachte keine besonderen Erkenntnisse. Die Feinstaub (PM10)-Konzentration ist an Tagen mit geringem Wind (Windgeschwindigkeit < 2 m/s) um 9 bis 13 µg/m<sup>3</sup> höher als an windigen Tagen (Windgeschwindigkeit > 3,2 m/s), was auch schon in vorangegangenen Auswertungen festgestellt wurde. Bei den Hauptkomponenten sind die Unterschiede aber eher geringer.

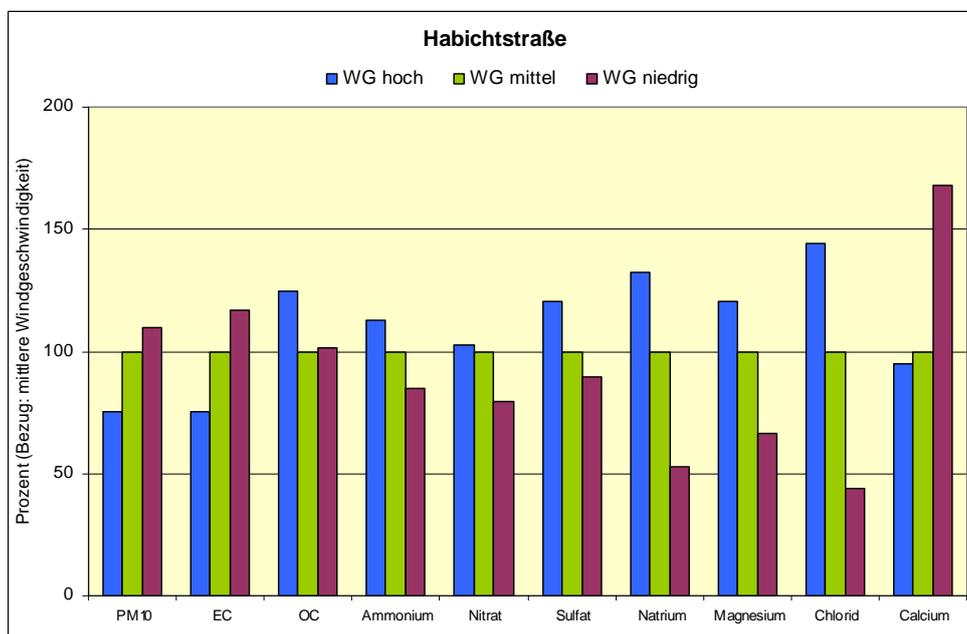


Abbildung 21: Konzentration von PM10 und den Hauptkomponenten in drei unterschiedlichen Windgeschwindigkeitsstufen (Bezug = 100%: mittlere Windgeschwindigkeit 2 bis 3,2 m/s); Beispiel Habichtstraße

Typisch ist wieder, dass die Verhältnisse bei den Seesalzkomponenten umgekehrt liegen und die niedrigsten Werte bei niedrigen Windgeschwindigkeiten auftraten (den Tagen mit geringer Windstärke waren überwiegend Luftmassen aus Südost und Süd zugeordnet). Ruß und Calcium an der Habichtstraße zeigten von den Hauptkomponenten die stärkste Konzentrationszunahme von windigen zu windschwachen Tagen.

### 4.6.3 Zusatzbelastung in der Stadt

Eine detailliertere Bewertung der Feinstaub (PM10)-Belastung am Ort der Grenzwertüberschreitung in der Habichtstraße ist von besonderem Interesse. Deshalb wird im Folgenden entsprechend der von Lenschow vorgeschlagenen Methode [16] eine gemeinsame Auswertung mit dem städtischen Messort Sternschanze sowie dem Messort für den regionalen Hintergrund in Bornhöved dargestellt. Für die Auswertung wurden nur solche Messtage herangezogen, für die von allen drei Standorten vollständige Ergebnisse vorlagen. Durch einzelne Ausfälle bei der Beprobung und Terminverschiebungen waren dies 52 der theoretischen 60 Probenahmetage.

Anders als in Kapitel 4.5 beschrieben, wonach die Datensätze getrennt für jede Station jeweils nach Höhe ihrer Feinstaub (PM10)-Konzentration sortiert wurden, wurden hier die Daten der drei Stationen für jeden Probenahmetag als zusammengehörig betrachtet und einheitlich sortiert nach der Feinstaub (PM10)-Konzentration in der Habichtstraße.

Dabei wurden drei Konzentrationsklassen gebildet. Die Klasse "Feinstaub (PM10)-Konzentration > 50 µg/m<sup>3</sup>" fasst einheitlich für alle drei Stationen die Ergebnisse der 9 Beprobungstage zusammen, an denen in der Habichtstraße der Tagesgrenzwert überschritten wurde. In der Klasse "Feinstaub (PM10)-Konzentration zwischen 25 und 50 µg/m<sup>3</sup>" wurden die 33 Tage zusammen ausgewertet, an denen in der Habichtstraße mittlere Konzentrationen gemessen wurden. Als letzte verbleibt die Klasse mit den niedrigen Feinstaub (PM10)-Belastungen < 25 µg/m<sup>3</sup>, die 10 Tage umfasst. Für die Auswertung unterschiedlicher Konzentrationsklassen ergeben sich somit für alle drei Stationen die exakt gleichen Zeitbezüge. Für die unterschiedlichen Konzentrationsklassen lassen sich die folgenden Bilanzen der Inhaltsstoffe erstellen (siehe Abb. 21):

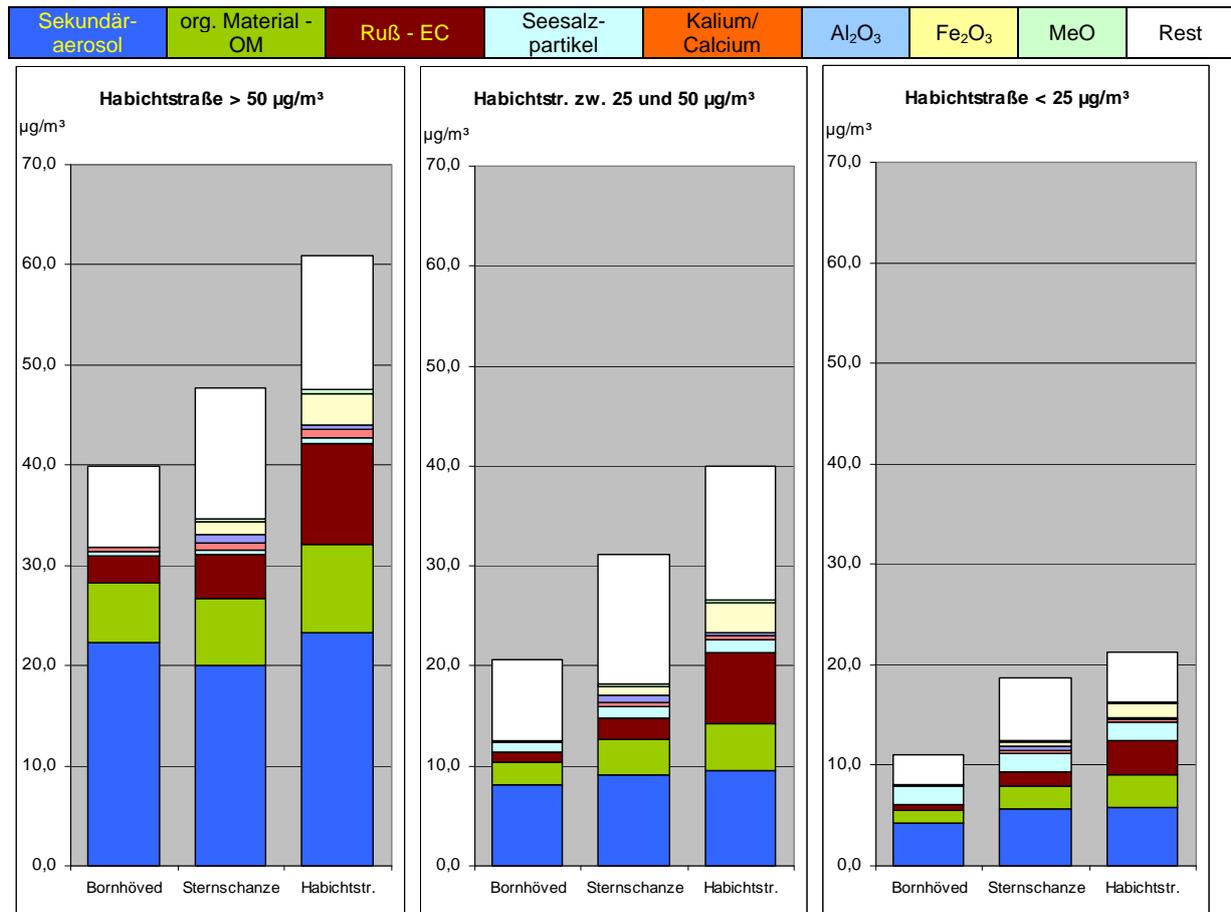


Abbildung 22: Feinstaub (PM10)-Zusammensetzung zeitgleicher Proben von der Habichtstraße, der Sternschanze und aus Bornhöved (Konzentrationsklassen entsprechend der Feinstaub (PM10)-Werte an der Habichtstraße)

### Probenahmetage mit Feinstaub (PM10)-Konzentrationen > 50 µg/m<sup>3</sup> an der Habichtstraße

An den 9 Tagen mit Überschreitung des 50 µg/m<sup>3</sup>-Wertes an der Habichtstraße betrug die mittlere Feinstaub (PM10)-Konzentration in Bornhöved 39,8 µg/m<sup>3</sup> und damit bereits 65 % der Konzentration an der Habichtstraße von 61,0 µg/m<sup>3</sup>. Im städtischen Umfeld, an der Sternschanze, lag der Feinstaub (PM10)-Wert bei 47,7 µg/m<sup>3</sup>, was 78 % der Belastung an der Straße entsprach. Die Feinstaubbilanz für diese 9 Tage höchster Belastung am Hamburger Verkehrs-Hot-Spot lautet: regionale Hintergrundbelastung 65 % - städtische Zusatzbelastung 13 % - zusätzliche Belastung am Hot-Spot 22 %.

Wie der Abb. 22 zu entnehmen ist, ist die Konzentration an sekundären Partikeln an allen drei Standorten fast gleich groß, an der Sternschanze mit 20 µg/m<sup>3</sup> sogar etwas niedriger als in Bornhöved (22,2 µg/m<sup>3</sup>). An der Habichtstraße wurde 1,1 µg/m<sup>3</sup> mehr gefunden als im regionalen Hintergrund.

Beim organischen Material sind es an der Straße im Mittel 2,7 µg/m<sup>3</sup> mehr als in Bornhöved und 1,9 µg/m<sup>3</sup> mehr als im städtischen Hintergrund. Hauptsächlich aber trägt der Ruß-EC zur Mehrbelastung an der Straße bei, nämlich mit einem Plus von 7,4 µg/m<sup>3</sup> gegenüber der großräumig vorhandenen Belastung und noch mit 5,8 µg/m<sup>3</sup> gegenüber der Station Sternschanze. Auch die Eisenoxid-Konzentration lag an der Habichtstraße an diesen Tagen bei 3,1 µg/m<sup>3</sup>, das sind 1,8 µg/m<sup>3</sup> mehr als an der Sternschanze (für Bornhöved wurde die Eisenkonzentration nicht bestimmt). Insgesamt tragen somit der Ruß und Eisenoxid sowie das organische Material und die sekundären Partikel mit 10,6 µg/m<sup>3</sup> zur Erhöhung der Staubbelastung an der Straße gegenüber dem städtischen Hintergrund bei; diese 4 Parameter erklären somit 75 % der höheren Belastung.

Die um 1,6 µg/m<sup>3</sup> höhere Rußbelastung im städtischen Hintergrund an der Sternschanze gegenüber der regionalen Hintergrundbelastung in Bornhöved hat den größten Anteil an dem gesamten dortigen PM10-Erhöhungsbetrag von 7,9 µg/m<sup>3</sup>. Weiter sind zu nennen das organische Material mit 0,8 µg/m<sup>3</sup>, Kalium, Calcium (zusammen 0,4 µg/m<sup>3</sup>) und vermutlich Aluminium, das aber in Bornhöved nicht gemessen wurde. Um einen Schätzbeitrag zu erhalten, wurde für Bornhöved die Aluminiumbelastung der Habichtstraße angenommen (was nach den Angaben in 4.4 nicht unplausibel wäre). Insgesamt wird dadurch aber weniger als 50 % der höheren PM10-Belastung erklärt. Dies dürfte, wie bereits vorn erläutert, an den lokalen Besonderheiten des Standortes Sternschanze liegen mit einem mutmaßlich höheren Anteil an silikatischem Material, das verfahrensbedingt analytisch nicht erfasst wurde.

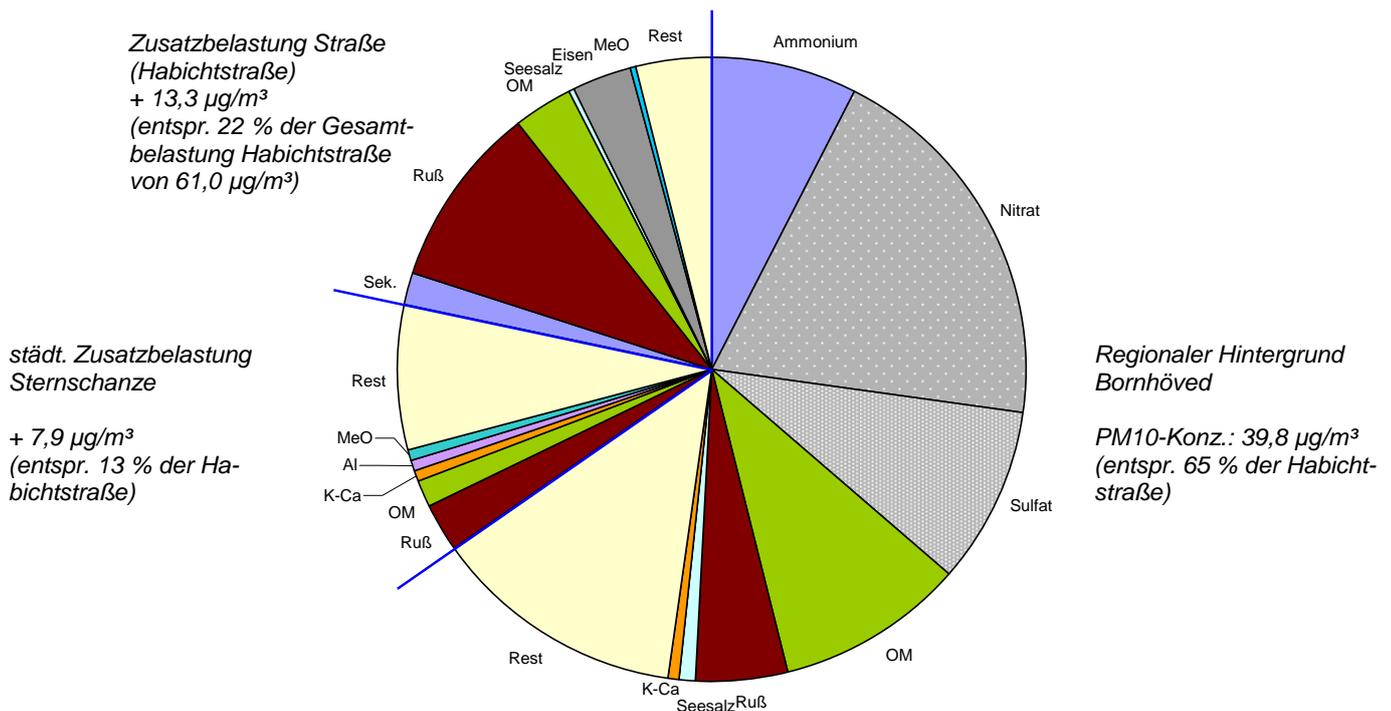


Abbildung 23: Durchschnittliche Zusammensetzung des PM10-Staubes an der Habichtstraße an Tagen mit Feinstaub (PM10)-Konzentrationen über 50 µg/m<sup>3</sup> auf Basis der Differenzbildung zur Sternschanze (städt. Hintergrund) und zu Bornhöved (regionaler Hintergrund)

### Probenahmetage mit Feinstaub (PM10)-Konzentrationen von 25 bis 50 µg/m<sup>3</sup> an der Habichtstraße

Die Tage, an denen an der Habichtstraße die Feinstaub (PM10)-Konzentration im mittleren Bereich zwischen 25 und 50 µg/m<sup>3</sup> lagen, machen das Gros aller 52 zeitgleichen Probenahmetage aus, nämlich 33. An diesen Tagen lag die städtische Staubbeklastung an der Sternschanze um mittlere 9,9 µg/m<sup>3</sup> höher als im schleswig-holsteinischen Bornhöved; am Verkehrs-Hot-Spot in der Habichtstraße wiederum um 8,1 µg/m<sup>3</sup> höher als an der Sternschanze. An diesen für die Habichtstraße typischen Tagen mittlerer Belastung hatte somit der regionale Hintergrund einen Anteil von ca. 50 % an der Belastung vor Ort, der städtische Hintergrund steuert eine Erhöhung um 27 % bei und der lokale Anteil (das Plus gegenüber der Sternschanze) betrug 23 %.

Bei der Bilanz der Inhaltsstoffe entfällt wie an den Tagen der höchsten Belastung der Hauptteil der lokalen Zusatzbelastung an der Straße auf Ruß (+ 4,9 µg/m<sup>3</sup>) und Eisenoxid (+ 2,0 µg/m<sup>3</sup>). Rechnet man noch die Differenzen beim organischen Material (+ 1,0 µg/m<sup>3</sup>) und den sekundären Partikel hinzu (+ 0,5 µg/m<sup>3</sup>), dann übersteigt die Summe dieser Inhaltsstoffe (8,4 µg/m<sup>3</sup>) sogar die Differenz bei der Feinstaub (PM10)-Konzentration von 8,1 µg/m<sup>3</sup> gegenüber der Sternschanze. Dies ist dadurch zu erklären, dass andererseits an der Sternschanze höhere Calcium- und Aluminiumkonzentrationen als an der Habichtstraße gemessen werden und der nicht analysierte Rest hier am größten ist, nämlich 9,2 µg/m<sup>3</sup> gegenüber 8,8 an der Habichtstraße und 4,9 µg/m<sup>3</sup> in Bornhöved).

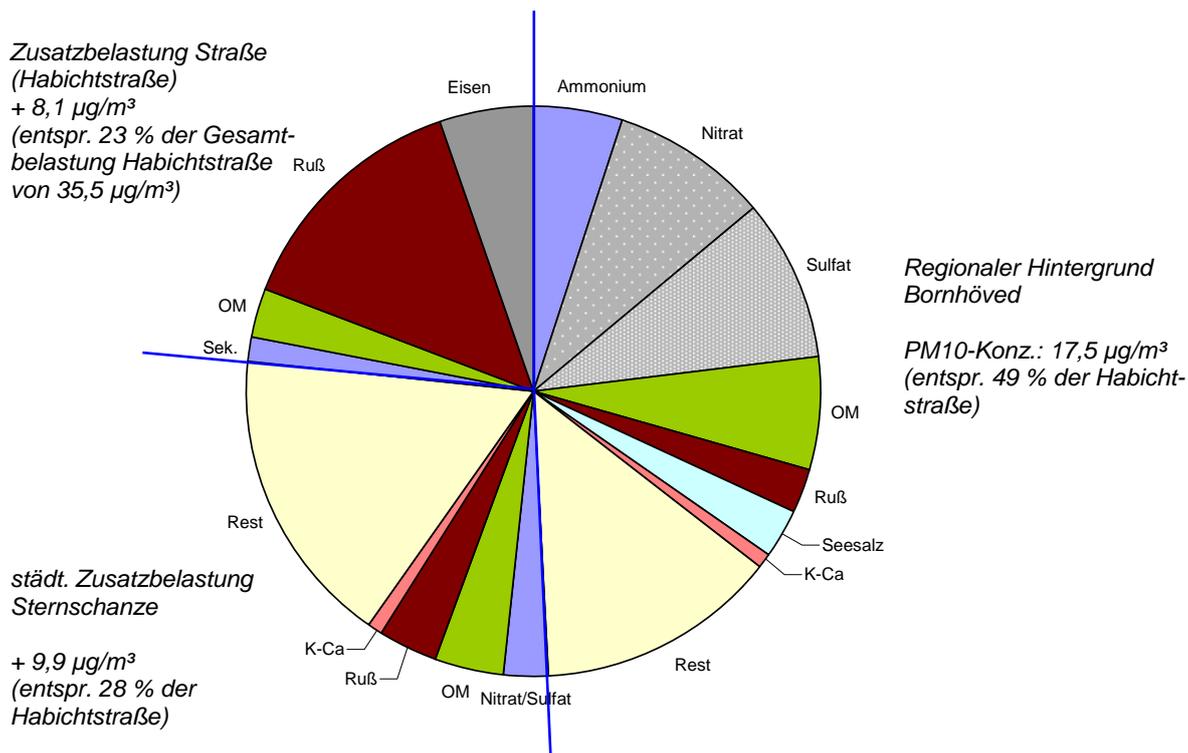


Abbildung 24: Durchschnittliche Zusammensetzung des Feinstaubs (PM10) an der Habichtstraße an Tagen mit mittleren Feinstaub (PM10)-Konzentrationen (25 bis 50 µg/m<sup>3</sup>) auf Basis der Differenzbildung zur Sternschanze (städt. Hintergrund) und zu Bornhöved (regionaler Hintergrund)

Der nicht analysierte Rest nimmt auch den Hauptanteil am Zuwachs der Feinstaub (PM10)-Konzentration im städtischen Hintergrund gegenüber Bornhöved ein. Die höheren Konzentrationen an Ruß, organischer Materie, Sekundärpartikeln, Kalium und Calcium sowie vermutlich Aluminium machen nur gut 4 µg/m<sup>3</sup> der fast 10 µg/m<sup>3</sup> großen Differenz aus, mehr als die Hälfte dieser Differenz wird durch den nicht analysierten Rest verursacht, wie bereits auch an den Tagen hoher Belastung.

### Schlussfolgerungen

Die zuvor beschriebene Analyse der Feinstaub (PM10)-Proben aus Hamburg und Schleswig-Holstein hat ergeben, dass einheitlich die Sekundärpartikel mit den Inhaltstoffen Ammonium, Nitrat und Sulfat sowie kohlenstoffhaltige Partikel (Ruß und organisches Material) die Hauptbestandteile des Feinstaubs darstellen; diese Parameter machen im Mittel zwischen 56 % (Sternschanze) und 68 % (Bornhöved) der Staubmasse aus. Die Konzentration der Sekundärpartikel steht für die weiträumige regionale Hintergrundbelastung und unterscheidet sich nicht sehr zwischen den verschiedenen Standorten. An Tagen mit hoher Staubbeltung, die vornehmlich mit Luftmassenzufuhr aus östlichen bis südlichen Richtungen einhergehen, steigt der Anteil der Sekundärpartikel sogar noch weiter an.

Die kohlenstoffhaltigen Partikel sind als regionale Hintergrundbelastung weiträumig vorhanden und tragen hauptsächlich als Ruß als lokal bedingte Zusatzbelastung zur Erhöhung der Partikelkonzentration in der Stadt und vor allen Dingen an der Straße bei.

Der Gehalt des Staubes an Seesalzkomponenten (Natrium, Magnesium, Chlorid) macht im Mittel 3,5 bis 5 % aus und ist deshalb von geringerer Bedeutung. Im Gegensatz zu den Sekundärpartikeln steigen allerdings ihr Gehalte und ihre absoluten Konzentrationen an, wenn die Staubkonzentration besonders niedrig sind; dann kann ihr Anteil über 10 % ausmachen (Bornhöved und Kiel: 11,5 %).

Hohe Staubbelastungen treten insbesondere dann auf, wenn die atmosphärischen Austauschbedingungen ungünstig sind und sich bereits weiträumig vorhandene Feinstaubbestandteile anreichern konnten. Zusätzlich zu der dann ausgedehnt vorhandenen erhöhten Hintergrundbelastung wirken sich auch lokale Einflüsse (städtisches Umfeld, Verkehrseinfluss) verstärkt aus. Der im Mittel bestehende Konzentrationsunterschied zwischen dem ländlichen Bornhöved und der Hot-Spot-Messstelle Habichtstraße von  $16 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erhöht sich dann auf  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

In der Bilanz für die Tage mit Grenzwertüberschreitung an der Habichtstraße macht die zusätzliche Rußbelastung am Verkehrsmesspunkt fast die Hälfte ( $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) der gegenüber der Sternschanze um  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erhöhten Feinstaub (PM10)-Belastung aus. Eisen (berechnet als Eisenoxid) und OM tragen beide jeweils noch einmal mit knapp  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu höheren Feinstaub (PM10)-Belastung bei. Die lokalen Erhöhungsbeiträge dieser Komponenten fallen für den mittleren Konzentrationsbereich zwischen 25 und  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an der Habichtstraße nur geringfügig kleiner aus. Sie stellen sozusagen den Rahmen dar, der durch lokale Maßnahmen beeinflussbar wäre.

## 5 Zusammenfassung

Im Jahr 2006 wurde gemeinsam vom Hamburger Institut für Hygiene und Umwelt und der Lufthygienischen Überwachung Schleswig-Holstein, Staatliches Umweltamt Itzehoe, ein PM10-Projekt zur erweiterten Analyse von Feinstaub durchgeführt. Angesichts bereits eingetretener (Habichtstraße in Hamburg) bzw. möglicher Grenzwertüberschreitungen bei der Feinstaubbelastung sollten erweiterte Kenntnisse über die Zusammensetzung des Staubes verbesserte Aussagen über die Herkunft der Belastung ermöglichen. Dazu wurden an den Messstationen Sternschanze und Habichtstraße in Hamburg sowie Bornhöved und Kiel-Bahnhofstraße in Schleswig-Holstein zeitgleich je 60 gleichmäßig über das Jahr verteilte Proben gezogen und auf ionische Hauptkomponenten, Ruß und organischen Kohlenstoff sowie eine Reihe von Spurenelementen untersucht. Die Analysen wurden dabei je nach Kompetenz der beteiligten Labore aufgeteilt, indem Schleswig-Holstein alle Proben auf die ionischen Hauptkomponenten und Hamburg auf Ruß und organischen Kohlenstoff untersuchte, die Spurenelemente wurden von beiden Ländern in ihren eigenen Proben bestimmt.

Im Ergebnis war festzustellen, dass die Bestandteile der so genannten Sekundärpartikel, Ammonium, Sulfat und Nitrat, die sich aus gasförmigen Luftverunreinigungen bilden, den Hauptbestandteil des Feinstaubes darstellen. Sie liegen an allen Standorten in ähnlicher Konzentration vor, sind also regional recht homogen verteilt und kommen insbesondere in kontinentalen Luftmassen aus östlichen bis südlichen Richtungen vor. An Tagen erhöhter Staubbelastung steigt ihre Konzentration überproportional an, so dass dann auch ihr Anteil an der gesamten Staubmasse besonders hoch ist und im Fall des ländlichen Hintergrunds bereits mehr als 50 % ausmacht. Innerhalb der Sekundärbestandteile wiederum entfällt der größte Teil auf Nitrat.

Das organische Material hat mit relativ einheitlichen 13 bis 15 % der Feinstaub (PM10)-Masse den nächst größten Anteil vor Ruß, dessen Anteil allerdings stark zwischen den unterschiedlichen Stationen – ländlich, städtisch, verkehrsbezogen – variiert. Während Ruß im ländlichen bzw. städtischen Hintergrund ca. 6 % bzw. 8% des Feinstaubes ausmacht, ist der Anteil mit ca. 15 % (Kiel Bahnhofsstraße) bzw. 18 % (Hamburg Habichtstraße) mehr als doppelt so hoch.

Die im Wesentlichen dem Seesalz zugeschriebenen Komponenten Natrium, Magnesium und Chlorid tragen mit im Mittel etwa 3,5 % (Hamburger Messstationen) bis 5 % zur Staubbelastung bei. Die höchsten Konzentrationen und Gehalte findet man bei maritimen Luftmassen aus westlichen bis nordwestlichen Windrichtungen, wenn die Staubkonzentrationen eher gering sind. Bei niedrigen Feinstaub (PM10)-Konzentrationen kann das Seesalz dann mit gut 10 % zum Staub beitragen; andererseits sinkt sein Anteil an Tagen erhöhter Belastung auf etwa 2 % oder weniger ab.

Von den metallischen Inhaltsstoffen wurden die Schwermetalle und Metalloide der 22. BImSchV (Arsen, Blei, Cadmium und Nickel) sowie Kupfer in allen Proben untersucht.

Bei ihnen ist das Konzentrationsniveau in Hamburg merklich höher als an den schleswig-holsteinischen Messstationen, ihre Konzentrationen liegen allerdings 2 bis 3 Größenordnungen unter denen der Hauptbestandteile (Nitrat, Sulfat, Ammonium, organisches Material, Ruß, Seesalzbestandteile), so dass sie als Bestandteile zur Staubmasse keinen nennenswerten Beitrag liefern. Sie können aber Hinweise auf die Herkunft von Staubbelastungen geben wie auch weitere Metalle, die allerdings nur in den Hamburger Proben bestimmt wurden.

An der Sternschanze weisen erhöhte Werte für Aluminium, Titan und Calcium auf einen besonderen Einfluss von Erdkrustenmaterial hin, der durch Aufwirbelung und Verwehung entstehen kann.

Besonders hohe Konzentrationen in Verkehrsnähe zeigen Kupfer und Antimon, die beide den Abrieben aus Bremsbelägen zugeordnet werden, sowie Eisen und Chrom, die sowohl aus Abrieben wie aus Korrosionsprodukten stammen können. Eisen (berechnet als Eisenoxid) trägt an der Habichtstraße zu knapp 7 % zur Staubmasse bei und muss daher zu den Hauptbestandteilen gerechnet werden.

Neben verschiedenen weiteren Auswertungen der Staubproben nach Jahreszeit, Wochentag, Luftmassenherkunft und Niederschlag wurde abschließend eine Bilanzierung der Inhaltsstoffe durch Vergleich der Verkehrsstation Habichtstraße mit der städtischen Station Sternschanze und der ländlichen Hintergrundstation Bornhöved erstellt, insbesondere für die 9 Tage, an denen in der Habichtstraße der Tagesgrenzwert überschritten wurde.

An diesen 9 Tagen höchster Belastung an der Habichtstraße steuerte die regionale Hintergrundbelastung mit  $39,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bereits 65 % der Feinstaub (PM10)-Belastung an der Habichtstraße ( $61,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) bei, die Sternschanze lag bei  $47,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und damit 22 % niedriger als die Verkehrsmessstation. Während die sekundären Partikel an allen drei Standorten ähnliche Konzentrationen aufweisen (20 bis  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), ist der Konzentrationszuwachs zur Habichtstraße beim Ruß am stärksten: plus  $5,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gegenüber der städtischen Station und plus 7,4 gegenüber dem ländlichen Bornhöved. Beim organischen Material sind es an der Straße  $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mehr als an der Sternschanze ( $2,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mehr als in Bornhöved) und beim Eisenoxid  $1,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die drei Parameter Ruß, organisches Material und Eisenoxid erklären somit  $9,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  der um  $13 \mu\text{g}/\text{m}^3$  höheren Belastung der Habichtstraße gegenüber der Sternschanze. Ähnlich fällt die Bilanz der Tage mit mittlerer Staubbelastung an der Verkehrsstation aus.

Diese lokalen Erhöhungsbeträge geben den Rahmen an, in dem lokale Maßnahmen wirksam werden könnten.

## 6 Literatur

- [1] DIN EN 12341: Luftbeschaffenheit – Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub – Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmethode. Berlin: Beuth 1999.
- [2] VDI 3497 Blatt 3: Messen partikelgebundener Anionen in der Außenluft; Analyse von Chlorid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchromatographie mit Suppressortechnik nach Aerosolabscheidung auf PTFE-Filtern. Berlin: Beuth 1988.
- [3] VDI 2465 Blatt 1: Messen von Ruß (Immission) – Chemisch-analytische Bestimmung des elementaren Kohlenstoffs nach Extraktion und Thermodesorption des organischen Kohlenstoffes. Berlin: Beuth 1996.
- [4] DIN EN 14902: Außenluftbeschaffenheit - Standardisiertes Verfahren zur Bestimmung von Pb/Cd/As/Ni als Bestandteil der PM10-Fraktion des Schwebstaubes. Berlin: Beuth 2005.
- [5] 22. BImSchV: Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft vom 11.09.2002, zuletzt geändert am 27.02.2007, BGBl. I S. 3626.
- [6] Richtlinie 96/62/EG des Rates über die Beurteilung und die Kontrolle der Luftqualität vom 27.09.1996, ABl. Nr. L 296/55.
- [7] Umweltbericht 50/95: Luftschadstoffmessungen an stark befahrenen Straßen, Umweltbehörde Hamburg (Hrsg.), Hamburg 1996.
- [8] Weckwerth, Gerd: Von Asbest zu Antimon – Das weiterhin bestehende Krebsrisiko von Bremsbelägen -, Immissionsschutz 1 (2005), S. 15-20.
- [9] Fuchs, S., Scherer, U.: Bilanzierung der Einträge von Kupfer, Zink und Blei – Teil 1, Präsentation Abschlussfachgespräch 24.06.2004, Umweltbundesamt Berlin 2004.
- [10] Steinhoff, G.: Untersuchungen zur Herkunft ferntransportierter Aerosole in der Deutschen Bucht durch Multielementanalyse und windrichtungsabhängige Auswertung, Dissertation, Fachbereich Chemie, Universität Hamburg 2003.
- [11] Kuhlbusch, T., John, A., Romazanowa, O., Top, S., Weißenmayer, M.: Identifizierung von PM10-Emissionsquellen im Rahmen der Maßnahmenplanung zur Reduktion der PM10-Immissionsbelastung in Rheinland-Pfalz, IUTA-Report Nr. Lp 06/2003 i. A. des Landesamts für Umweltschutz und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz, Duisburg 2003.
- [12] Gerwig, H.: Korngrößendifferenzierte Feinstaubbelastung in Straßennähe in Ballungsgebieten Sachsens, Materialien zur Luftreinhaltung, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie (Hrsg.), Dresden 2005.
- [13] John, A., Kuhlbusch, T.: Ursachenanalyse von Feinstaub(PM10)-Immissionen in Berlin auf der Basis von Messungen der Staubinhaltsstoffe am Stadtrand, in der Innenstadt und in einer Straßenschlucht, IUTA-Report Nr. LP 09/2004 i. A. der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung Berlin, Duisburg 2004.

- [14] Materialienband für Maßnahmenpläne nach der EU-Richtlinie: Aerosolbudget in einem landwirtschaftlich geprägten Gebiet in Niedersachsen; Ing.-Büro A. Lohmeyer Karlsruhe (Hrsg.), IUTA Duisburg, Niedersächsisches Landesamt für Ökologie NLÖ (Auftraggeber), Radebeul 2003.
- [15] Quass, U., Kuhlbusch, T., Koch, M.: Identifizierung von Quellgruppen für die Feinstaubfraktion, IUTA-Report Nr. LP 15/2004 i. A. des Ministeriums für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Duisburg 2004.
- [16] Lenschow, P. et al.: Some Ideas about the Sources of PM10, Atmos. Env. 35/1001 (2001), S. 23 – 33.

## 7 Anhang

### 7.1 Messverfahren

Das Hamburger Institut für Hygiene und Umwelt/Umweltuntersuchungen (HU) und das Staatliche Umweltamt Itzehoe/Lufthygienische Überwachung Schleswig-Holstein (LÜSH) sind nach DIN EN ISO/IEC 17025 akkreditierte Messstellen.

#### 7.1.1 Probenahme, Wägung, Filterteilung

##### Grundlage:

VDI-Richtlinie 2463 Blatt 11 1996:10, DIN/EN 12341 1999:03  
Arbeitsanweisungen: SOP HU432.200 V02 (HU), L003-1-02 (LÜSH)

##### Kurzbeschreibung:

Der PM10-Staub wurde mit automatischen Filterwechslern auf Quarzfaserfiltern gesammelt. Probenahme jeden 6. Tag über jeweils 24 Std. von 0:00 bis 24:00 Uhr. Ermittlung der Staubmasse durch Differenzwägung vor und nach der Probenahme nach jeweils mind. 48stündiger Äquilibrierung in klimatisierten Wägeräumen. Teilung der Filter in 3 Viertel- und 2 Achtel-Segmente für die unterschiedlichen nachfolgenden Analyseschritte.

##### Geräte:

Probenahme: Digital DHA-80 , Fa. Riemer Messtechnik  
Feldgehäuse, Hamburg-Sternschanze (HU)  
Feldgehäuse, Hamburg-Habichtstraße (HU)  
19 Zollgehäuse, Bornhöved (LÜSH)  
19 Zollgehäuse, Kiel-Bahnhofstraße (LÜSH)

Filtermaterial: Quarzfaserfilter QF20 (Fa. Schleicher&Schüll)

Wägung: Microwaage Research RC 210 S (Fa. Sartorius) (HU)  
Microwaage Research RC 210 D (Fa. Sartorius) (LÜSH)

Filterteilung: Schneidevorrichtung Ideal 1034

##### Qualitätssicherungsmaßnahmen:

Bestimmung von Feldblindwerten, Kontrollwägung von Referenzfiltern, Überprüfung der Waagen durch DKD

#### 7.1.2 Bestimmung der löslichen Ionen

##### Grundlage:

VDI Richtlinie 3497 Blatt 3, 1988-07

##### Kurzbeschreibung:

Die löslichen Ionen werden im wässrigen Filterextrakt mit der Ionenchromatographie bestimmt. Hierzu wird jeweils ein Achtel Filter für die Bestimmung der Kationen und der Anionen verwendet. Die Filter werden mit 9 ml Wasser (Bidest.) und 1 ml Methanol versetzt und anschließend im Ultraschallbad behandelt. Anschließend wird der Extrakt in Probenvials überführt und analysiert. Für die Anionen Chlorid, Nitrat und Sulfat wird als Eluent eine Lö-

sung aus Natriumcarbonat, Natriumhydrocarbonat und Wasser verwendet. Für die Kationen Natrium, Ammonium, Kalium, Magnesium und Calcium wird als Eluent eine Lösung aus Schwefelsäure und Wasser verwendet. Die Supressoren werden extern mit Wasser regeneriert.

#### Geräte:

Ionenchromatograph: DX 120 (Fa. Dionex)

#### Qualitätssicherungsmaßnahmen:

Überprüfung der Kalibrierung mit Kontrolllösungen, Bestimmung von Feldblindwerten, Ionenbilanzen.

### **7.1.3 Bestimmung von elementarem Kohlenstoff und Gesamtkohlenstoff**

#### Grundlage:

VDI-Richtlinie 2465 Blatt. 1, 1996-12  
Arbeitsanweisung: SOP HU433.22 V 02

#### Kurzbeschreibung:

Der Kohlenstoff in den Proben wird in einer Verbrennungsapparatur im Sauerstoffstrom zu CO<sub>2</sub> oxidiert, das anschließend durch coulometrische Titration bestimmt wird.  
Für die Bestimmung des elementaren Kohlenstoffs (EC) wird je ein Filterviertel eingesetzt. Vorhandener organisch gebundener Kohlenstoff wird vor der Verbrennung durch Flüssigextraktion (24 Std. mit 20 ml Toluol/Propanol) und einen Desorptionsschritt unter Stickstoff entfernt.  
Für die Bestimmung des gesamten Kohlenstoffs (TC) wird ebenfalls je ein Filterviertel ohne weitere Vorbehandlung in der Verbrennungsapparatur eingesetzt.  
Der organisch gebundene Kohlenstoff ergibt sich aus der Differenz zwischen TC und EC.

#### Geräte:

Aufschlusseinheit: Ofenkombination mit digitalem Temperaturregler (Fa. Ströhlein)  
Analysator: Coulomat 702, Fa. Ströhlein

#### Qualitätssicherungsmaßnahmen:

Arbeitstägliche Überprüfung der Wiederfindung (Standardlösung mit Oxalsäure) und eines Filterblindwertes, monatliche Bestimmung eines Feldblindwertes.

#### Verfahrenskenngrößen

Die Nachweisgrenze wurde zu 0,3 µg/m<sup>3</sup> EC und TC bestimmt, die Messunsicherheit wird mit +/- 10 % abgeschätzt.

## 7.1.4 Bestimmung der Elementgehalte im PM10-Staub

### Grundlage:

LÜSH: DIN/EN 14902 2005-10

Arbeitsanweisung: SOP L010-1-02 (LÜSH)

Drei Scheiben mit 31 mm Durchmesser werden aus dem Filterteil ausgestanzt, in einem Mikrowellensystem mit 8 ml Salpetersäure (suprapur®) und 2 ml Wasserstoffperoxid (suprapur®) aufgeschlossen und anschließend auf 50 ml aufgefüllt. Die Schwermetallbestimmung erfolgt mit Hilfe der Atomabsorptionsspektrometrie, hierbei wird die Graphitrohrtechnik verwendet.

HU:

VDI-Richtlinie 2267 Blatt 1 1999-04 (Aufschluß: Variante B), DIN/EN 14902 2005-10

Das zur Verfügung stehende Filterviertel wurde mit 6 ml Flusssäure (suprapur®), 10 ml Salpetersäure (suprapur®) und 3 ml Perchlorsäure (suprapur®) druckfrei im geschlossenen System aufgeschlossen und anschließend auf 50 ml aufgefüllt (in Anlehnung an SOP H42.210)

Die Bestimmung der Elemente Al, Ca, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn; Na, Ti und Zn erfolgte mit der optischen Emissionsspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES) und die der Elemente As, Cd, Co, Pb, Sb, Ni und V mit der Massenspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS)

### Geräte:

LÜSH:

Mikrowellenaufschluss: MicroPREP 1500 (Fa. MLS)

Atomabsorptionsspektrometer: Solaar M6 (Fa. Thermo)

HU:

Heizplatte Ceran 500 mit Temperaturregler BTP 843 und 2 NiCr-Ni - Mantel-Thermoelementen (Fa. Berghof)

HR-ICP-MS-Gerät 'ELEMENT2' (Fa. Finnigan)

ICP-OES Optima 5300 DV (Fa: PerkinElmer)

### Qualitätssicherungsmaßnahmen:

Überprüfung der Kalibrierung mit Kontrolllösungen, Bestimmung von Feldblindwerten, Vergleich mit Referenzmaterial, Vergleichsmessungen zwischen HU und LÜSH.

## 7.2 Einzelergebnisse, stationsspezifisch (Tabellen)

1. Halbjahr 2006	Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Chlorid im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Nitrat im Feinstaub PM(10) (µg/m³)				Sulfat im Feinstaub (PM10) (µg/m³)			
	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze
02.01.2006	21	33	37	27	0,15	0,52	0,68	0,04	5,1	7,0	7,8	6,4	4,5	6,0	5,8	5,4
08.01.2006	48	51	56	47	0,30	0,45	0,38	0,06	8,0	9,1	8,2	3,6	10,1	10,8	11,4	10,9
14.01.2006	51	58	65	54	0,22	0,44	0,38	0,06	15,2	16,1	15,5	9,9	7,3	7,0	7,8	7,7
20.01.2006	16	24	38	25	0,62	1,46	0,97	0,04	4,0	4,3	4,9	3,4	2,6	2,9	3,7	3,6
26.01.2006	10	12	20	20	0,22	0,55	0,37	0,22	2,7	2,5	4,1	4,0	0,9	0,9	2,3	2,3
01.02.2006	13	19	37		0,65	0,79	0,42		3,2	3,3	5,4		3,7	3,7	10,2	
03.02.2006				41				0,09				10,9				9,9
07.02.2006	9	17	25	18	0,44	0,99	1,02	0,92	1,8	2,2	3,3	3,3	2,9	2,9	4,3	4,1
13.02.2006	45	83	64	24	0,48	1,60	0,47	0,17	18,0	19,6	13,7	4,7	5,2	5,8	6,1	4,6
19.02.2006		33	43	35		0,38	0,24	0,48		8,7	11,0	11,3		4,2	8,2	4,0
25.02.2006		14	16	17		0,29	0,02	0,03		2,7	2,8	1,8		2,9	3,0	3,0
26.02.2006	10				0,56				1,6				1,2			
03.03.2006	17	22	45	31	0,50	1,27	1,23	0,05	6,1	4,7	10,2	7,2	3,1	3,3	4,8	4,9
09.03.2006	51	63	64	59	0,30	1,54	0,72	0,12	13,1	13,0	16,1	14,5	9,0	9,5	8,5	8,4
15.03.2006	18	24	26	24	0,09	0,32	0,10	0,02	3,0	3,9	3,6	1,5	5,8	6,4	6,5	6,4
21.03.2006	15	36	31	20	1,38	3,14	1,67	0,55	3,3	3,1	3,2	2,4	1,1	1,5	1,7	1,9
27.03.2006	15	25	33	22	0,14	0,48	0,38	0,02	3,2	4,3	3,3	1,8	3,0	3,0	2,8	3,2
02.04.2006	14	19	24	20	0,43	0,69	0,29	0,26	4,2	5,0	4,0	4,1	1,5	1,4	1,9	2,4
08.04.2006	20	27	32	25	0,38	0,91	0,14	0,14	6,7	6,1	7,5	6,4	2,8	2,8	3,5	3,6
14.04.2006	16	20	21	21	3,89	4,54	3,10	3,28	1,5	1,7	2,4	2,7	2,1	1,9	2,2	2,1
20.04.2006	15	22	38	34	0,14	0,29	0,16	0,16	4,9	4,3	9,7	10,0	2,8	2,5	5,7	5,9
26.04.2006	57	78	79	75	0,28	0,49	0,09	0,40	24,8	27,1	18,3	25,9	7,1	7,2	10,2	14,2
02.05.2006	18	36	41	24	0,11	0,25	0,06	0,04	4,1	7,7	4,5	3,0	3,7	4,9	5,0	5,3
07.05.2006	46				0,10				4,0				5,7			
08.05.2006		40	37	47		0,16	0,06	0,05		3,7	1,9	1,2		4,9	5,0	4,8
13.05.2006	26				0,09				4,4				4,0			
14.05.2006		18	15	24		1,62	0,86	1,05		0,9	0,9	1,0		1,5	2,0	1,9
20.05.2006	10	17	18	15	0,27	0,61	0,23	0,18	1,7	2,3	1,9	1,8	1,7	2,0	2,0	2,2
26.05.2006	17	19	31	20	0,22	0,47	0,23	0,18	1,6	2,5	4,3	4,3	1,9	2,0	2,4	2,6
01.06.2006	7	16	18	11	1,16	1,60	1,40	1,50	0,5	0,9	0,7	0,7	1,0	1,7	1,3	1,3
07.06.2006	9	20	27	29	0,04	0,15	0,06	0,03	1,5	1,9	1,8	1,9	1,7	2,0	2,3	2,4
13.06.2006	20	34	38	51	0,02	0,07	0,02	0,05	0,3	0,5	0,2	0,6	3,5	3,7	2,9	3,7
19.06.2006	20	35		34	0,06	0,14		0,04	3,3	2,7		2,5	4,0	4,3		5,1
25.06.2006	20	31		33	0,04	0,08		0,09	0,9	2,2		1,0	5,3	5,8		5,7

2. Halbjahr 2006	Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Chlorid im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Nitrat im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Sulfat im Feinstaub (PM10) (µg/m³)			
	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze
01.07.2006	9	14	51	25	0,02	0,03	0,06	0,02	0,2	0,5	2,5	0,4	1,9	1,9	9,5	2,3
07.07.2006	19	27	28	23	0,06	0,03	0,01	0,03	1,1	1,5	1,9	1,7	6,0	6,0	2,6	7,4
13.07.2006	15	22	26	26	0,04	0,05	0,02	0,05	1,9	2,3	0,6	2,4	2,6	2,8	2,3	3,1
19.07.2006	9	16	25	34	0,02	0,03	0,06	0,02	0,3	0,6	0,5	0,9	1,3	1,4	4,4	2,4
25.07.2006	13	22	34	39	0,04	0,06	0,15	0,04	0,5	0,7	2,7	0,8	3,7	3,8	4,5	4,6
31.07.2006	17	24	44	25	0,11	0,25	0,33	0,13	2,2	2,8	2,8	2,8	3,7	3,8	4,5	4,5
06.08.2006	13	16	28	20	0,02	0,10	0,08	0,04	0,5	0,5	3,7	0,5	1,9	2,0	2,8	2,1
12.08.2006	11	18		22	0,02	0,05		0,05	1,6	1,6		3,2	2,5	2,4		2,8
18.08.2006	16	24	38	27	0,04	0,06	0,09	0,05	2,0	2,2	3,0	2,2	2,8	3,0	3,5	3,4
24.08.2006	22	34	39	25	0,10	0,12	0,06	0,04	4,5	7,0	2,1	1,0	5,0	5,4	4,7	4,6
30.08.2006	5	14		23	0,60	1,08		1,02	0,5	0,6		0,7	0,6	0,8		1,0
05.09.2006	10	18	32	17	2,01	3,12	1,47	1,10	0,9	1,1	2,0	2,2	0,9	1,1	1,7	1,6
11.09.2006	14	27	34	29	0,02	0,06	0,06	0,04	0,9	1,1	0,9	1,0	2,5	2,6	3,0	2,9
17.09.2006	33	39	40	39	0,08	0,09	0,06	0,05	1,0	1,4	0,7	0,6	6,6	6,6	6,0	5,6
23.09.2006	21	28	35	33	0,05	0,08	0,04	0,06	1,0	1,3	1,2	1,2	3,8	4,1	3,8	3,8
29.09.2006	37	57	65	58	0,14	0,22	0,12	0,09	12,8	16,6	8,2	7,9	4,6	4,4	4,9	5,4
05.10.2006	21	32	49	31	0,22	0,36	0,42	0,28	6,6	7,1	9,2	8,2	3,8	4,0	4,7	4,3
11.10.2006	35	39	52	45	0,27	0,26	0,29	0,22	12,5	13,2	15,9	13,3	3,6	3,7	4,2	4,1
17.10.2006	20	37	44	37	0,09	0,20	0,10	0,14	4,6	5,5	4,7	4,2	3,3	3,6	3,9	4,5
23.10.2006	11	19	30	19	0,10	0,40	0,10	0,07	1,5	1,9	1,5	1,1	2,7	2,7	3,1	3,3
29.10.2006	7	11	14	13	0,80	1,24	1,55	1,31	0,8	1,2	1,1	1,0	1,0	1,2	1,3	1,2
04.11.2006	14	19	24	18	1,74	2,05	1,02	0,99	2,5	2,1	3,1	3,0	1,2	1,2	1,9	1,9
10.11.2006	16	27	41	27	3,83	3,52	4,29	4,62	1,6	1,7	2,3	2,5	1,1	1,2	1,8	2,1
16.11.2006	16	23	33	24	0,06	0,10	0,06	0,07	1,5	2,3	1,1	1,7	2,3	2,4	2,2	2,7
22.11.2006	28	36	46	35	0,50	0,79	0,51	0,56	11,0	12,1	9,9	9,6	3,3	3,7	3,7	3,7
28.11.2006	26	38	53	40	0,18	0,28	0,30	0,23	3,3	4,4	4,0	3,4	2,4	2,9	2,8	3,3
04.12.2006	13	21	29	19	1,71	2,08	1,74	1,97	2,5	2,5	2,7	2,7	1,8	1,8	2,4	2,3
10.12.2006	16	20	28	23	1,03	1,78	1,75	1,52	4,1	3,8	4,9	5,1	1,5	1,5	2,5	2,1
16.12.2006	14	22	24	18	0,19	0,34	0,20	0,27	3,9	4,8	3,9	3,5	1,2	1,4	1,7	1,5
22.12.2006	21	32	38	27	0,65	1,08	0,57	0,45	7,3	7,3	8,9	8,2	4,1	4,4	5,2	5,0
28.12.2006	20	32	38	27	0,22	0,40	0,42	0,45	4,1	4,6	4,9	4,9	6,4	8,9	7,4	6,9

1. Halbjahr 2006	Ammonium im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Ruß EC im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Ruß OC im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Pb im Feinstaub (PM10) (ng/m³)			
	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze
02.01.2006	2,8	3,5	3,8	3,1	1,1	4,9	4,4	1,6	2,3	4,1	3,3	2,4	6,2	9,3	13,2	11,8
08.01.2006	4,9	5,2	5,3	4,2	4,6	5,8	6,3	5,2	7,9	7,6	8,8	7,6	22,2	22,1	32,8	32,4
14.01.2006	6,0	6,3	6,0	4,5	4,2	7,5	9,2	5,7	6,7	7,4	8,8	7,4	15,2	19,3	26,0	25,4
20.01.2006	1,9	2,0	2,0	1,2	1,0	4,0	9,7	2,6	1,3	2,4	4,2	2,4	6,6	4,6	16,5	27,9
26.01.2006	0,8	0,7	1,4	1,6	0,3	1,4	2,2	1,7	1,3	1,5	2,3	2,3	0,9	1,9	8,4	21,3
01.02.2006	2,0	1,9	4,3		0,2	3,2	4,5		0,6	0,9	2,6		0,2	1,0	4,8	
03.02.2006				3,8				2,8				3,2				9,7
07.02.2006	1,4	1,5	2,3	2,4	0,3	3,3	4,0	1,1	0,5	1,5	2,4	1,8	0,4	2,7	6,6	5,2
13.02.2006	5,8	6,0	4,7	2,7	2,2	10,3	11,0	2,3	3,8	7,8	6,3	2,2	13,8	20,2	32,9	7,4
19.02.2006		3,3	5,0	3,6		4,4	3,9	2,9		3,6	4,1	3,6		5,1	8,2	18,9
25.02.2006		1,5	1,6	1,4		1,2	1,6	1,1		1,3	2,1	1,8		1,9	5,4	5,7
26.02.2006	0,6				0,7				1,1				0,6			
03.03.2006	2,6	2,3	3,5	3,1	0,4	3,7	6,8	2,0	0,9	2,1	4,0	2,0	1,3	1,5	12,9	8,9
09.03.2006	5,9	6,0	6,2	5,3	5,1	6,9	7,0	5,1	5,8	6,9	7,3	6,0	26,7	27,5	32,5	67,7
15.03.2006	2,6	3,0	3,6	2,6	1,0	2,1	2,7	1,8	1,6	2,2	2,6	1,8	5,3	6,4	9,8	70,8
21.03.2006	1,0	0,9	0,8	0,4	1,0	5,8	5,5	1,6	1,5	3,9	3,4	1,7	1,0	6,9	7,2	4,0
27.03.2006	1,6	1,8	1,4	1,2	0,9	4,6	8,7	2,6	1,2	2,5	3,5	2,2	3,7	4,3	13,9	8,1
02.04.2006	1,2	1,4	1,1	1,3	0,5	2,0	3,5	1,4	0,9	1,5	2,2	1,8	3,2	3,6	10,1	6,8
08.04.2006	2,5	2,0	2,7	2,7	1,0	2,1	3,9	1,6	1,0	2,8	2,8	1,7	4,1	4,5	13,7	9,5
14.04.2006	0,7	0,6	0,6	0,7	0,4	1,0	1,3	0,6	0,7	1,4	1,2	0,7	0,2	0,2	4,2	3,8
20.04.2006	2,0	1,5	3,8	3,7	0,3	3,3	4,8	1,7	1,3	1,8	2,9	1,9	0,5	1,8	8,7	6,1
26.04.2006	7,7	8,0	7,8	9,1	2,1	8,2	9,7	3,8	4,0	5,8	5,7	4,3	7,6	9,6	16,8	22,8
02.05.2006	2,3	3,1	2,2	1,9	0,6	5,6	7,8	1,7	1,4	2,7	4,0	1,7	3,5	5,9		11,4
07.05.2006	2,9				5,4				6,8				8,1			
08.05.2006		2,1	1,6	1,2		4,7	5,0	4,6		5,0	5,1	4,9		8,6		14,1
13.05.2006	2,3				1,7				3,1				3,3			
14.05.2006		0,4	0,4	0,2		2,0	1,5	0,9		1,9	2,4	0,7		0,3	2,9	3,4
20.05.2006	0,5	0,8	0,5	0,6	0,5	2,4	3,4	1,5	1,2	1,7	3,4	1,5	1,5	2,5	10,3	6,2
26.05.2006	0,7	0,9	1,3	1,4	0,4	3,2	5,7	1,4	0,6	1,7	3,1	1,7	1,3	2,1	9,9	7,4
01.06.2006	0,2	0,4	0,2	0,1	0,2	2,9	4,4	0,8	0,4	2,3	2,7	1,0	0,2	0,5	3,2	2,4
07.06.2006	0,8	0,8	0,8	0,7	0,6	3,9	6,1	1,5	0,6	1,1	3,6	1,1	0,2	1,7	5,6	3,6
13.06.2006	1,3	1,4	1,0	1,2	1,5	6,8	8,5	3,9	2,4	4,9	6,0	5,7	3,7	6,9	10,5	42,0
19.06.2006	2,2	2,0		1,8	1,2	7,5		3,1	1,7	3,4		3,1	3,3	7,0		23,2
25.06.2006	2,0	2,3		1,6	1,3	4,1		2,7	2,8	2,8		1,9	5,8	8,8		15,3

2. Halbjahr 2006	Ammonium im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Ruß EC im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Ruß OC im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Pb im Feinstaub (PM10) (ng/m³)			
	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze
01.07.2006	0,7	0,7	3,2	0,6	0,7	2,1	10,9	2,3	0,9	2,0	5,2	2,6	1,0	1,4	14,5	11,0
07.07.2006	2,3	2,4	0,7	2,8	1,2	5,5	6,9	1,6	1,2	1,5	3,3	2,5	3,2	5,5	6,9	7,2
13.07.2006	0,9	0,9	0,7	0,7	1,2	3,9	5,9	2,1	1,1	2,8	3,6	3,9	1,0	6,3	7,3	6,9
19.07.2006	0,5	0,5	1,3	0,7	0,9	3,0	4,9	2,6	0,8	1,8	2,8	3,5	0,2	1,0	5,4	13,4
25.07.2006	1,3	1,2	1,2	1,3	0,5	4,3	7,2	2,3	1,4	2,5	3,2	3,0	0,9	2,1	9,1	7,3
31.07.2006	1,4	1,3	1,3	1,3	1,1	4,1	9,9	1,8	1,6	2,6	5,6	2,4	1,3	2,7	10,1	4,9
06.08.2006	0,7	0,7	1,6	0,5	1,1	2,1	5,7	2,0	1,0	3,4	3,3	3,3	0,8	2,2	7,5	5,1
12.08.2006	1,2	1,1		1,4	0,4	3,9		2,3	1,4	2,4		1,9	0,4	1,9		10,0
18.08.2006	1,5	1,5	1,8	1,5	1,0	4,8	10,0	3,9	2,1	2,3	4,8	3,9	1,9	4,8	12,1	25,0
24.08.2006	2,9	3,2	1,8	1,3	1,0	4,5	11,3	2,7	1,6	4,3	3,2	2,9	3,7	5,8	12,3	10,3
30.08.2006	0,1	0,2		0,2	0,2	3,6		0,9	0,5	1,6		1,0	0,2	0,5	5,3	3,7
05.09.2006	0,2	0,2	0,4	0,3	0,1	2,7	6,4	0,9	0,6	1,5	3,2	1,4	0,2	0,2	8,0	4,2
11.09.2006	0,9	0,9	0,9	0,9	1,2	6,8	9,2	2,8	1,8	3,7	1,8	5,2	5,9	8,6	16,8	16,3
17.09.2006	2,2	2,4	2,0	1,7	2,8	5,0	5,2	3,9	5,3	5,4	5,9	5,2	12,4	12,2	25,7	26,7
23.09.2006	1,3	1,3	1,1	1,1	1,7	4,1	6,0	3,8	3,1	4,3	3,8	2,4	14,8	17,9	27,4	21,9
29.09.2006	4,4	5,4	3,2	2,9	1,9	8,4	17,3	6,6	2,9	5,1	4,3	4,5	13,6	17,4	27,0	31,8
05.10.2006	2,9	2,9	3,1	3,1	0,9	5,5	10,7	1,9	2,1	2,0	3,8	2,5	5,7	4,6	13,3	12,4
11.10.2006	4,2	4,3	5,0	4,5	1,3	3,3	7,5	3,1	3,2	3,4	4,8	4,7	7,7	7,1	14,3	30,4
17.10.2006	2,2	2,1	2,3	1,8	1,4	6,0	10,2	3,2	2,3	5,4	3,8	3,2	5,9	10,6	15,5	119,7
23.10.2006	1,1	1,1	1,1	1,0	0,8	4,2	8,1	2,2	1,9	2,4	0,3	2,2	2,9	4,3	13,9	10,2
29.10.2006	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	1,6	1,5	0,7	0,7	1,8	1,1	0,9	0,2	0,8	2,2	1,7
04.11.2006	0,8	0,7	1,0	1,1	0,5	2,6	4,4	1,2	1,4	2,2	2,7	1,3	0,9	1,8	5,9	2,8
10.11.2006	0,5	0,5	0,6	0,7	0,4	5,3	8,5	1,7	1,0	2,6	3,6	1,5	1,8	3,9	9,2	5,4
16.11.2006	0,9	1,2	0,8	0,9	1,6	4,6	9,8	3,4	2,4	3,1	2,3	2,9	5,5	7,2	14,7	9,1
22.11.2006	3,4	3,4	3,1	3,1	1,1	3,8	8,7	2,4	2,2	3,2	3,0	2,4	9,1	8,0	27,6	12,4
28.11.2006	1,4	1,6	0,8	1,2	2,4	7,3	11,9	4,5	3,4	5,0	4,9	4,2	9,4	11,5	16,1	81,6
04.12.2006	0,7	0,8	0,9	0,8	0,4	2,7	6,2	1,3	1,0	2,1	1,9	2,0	3,2	3,6	8,2	11,6
10.12.2006	1,4	1,3	1,6	1,7	0,6	2,5	3,7	1,3	1,4	1,9	2,3	2,5	4,0	4,9	11,3	8,9
16.12.2006	1,2	1,6	1,3	1,3	1,0	3,3	4,0	1,8	1,8	2,8	2,5	2,1	8,5	6,9	15,0	17,1
22.12.2006	2,9	3,0	3,3	3,1	0,3	4,3	5,1	1,1	1,4	1,9	3,0	1,3	3,4	5,3	8,6	5,5
28.12.2006	3,2	3,9	3,5	3,3	0,7	3,2	5,7	1,9	1,7	3,4	0,7	2,2	6,7	8,0	13,0	11,8

1. Halbjahr 2006	Natrium im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Kalium EC im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Magnesium im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Calcium im Feinstaub (PM10) (ng/m³)			
	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze
02.01.2006	0,1	0,2	0,5	0,3	0,44	0,58	0,40	0,36	0,03	0,05	0,06	0,04	0,01	0,08	0,04	0,03
08.01.2006	0,1	0,2	0,2	0,1	0,39	0,35	0,44	0,40	0,01	0,02	0,01	0,01	0,05	0,08	0,09	0,10
14.01.2006	0,1	0,2	0,2	0,1	0,42	0,48	0,51	0,45	0,01	0,01	0,02	0,01	0,03	0,07	0,10	0,14
20.01.2006	0,5	1,0	0,8	0,5	0,12	0,14	0,16	0,12	0,05	0,08	0,07	0,05	0,03	0,06	0,18	0,11
26.01.2006	0,4	0,5	0,5	0,3	0,11	0,12	0,14	0,13	0,03	0,05	0,04	0,02	0,01	0,05	0,04	0,05
01.02.2006	0,5	0,6	0,6		0,07	0,07	0,17		0,05	0,06	0,07		0,02	0,04	0,10	
03.02.2006				1,8				0,27				0,20				0,18
07.02.2006	0,3	0,6	0,6	0,5	0,06	0,07	0,11	0,11	0,04	0,06	0,06	0,05	0,01	0,06	0,05	0,03
13.02.2006	0,5	1,1	0,6	0,3	0,32	0,45	0,34	0,19	0,05	0,08	0,08	0,02	0,08	1,01	0,53	0,08
19.02.2006		0,1	0,4	0,3		0,25	0,33	0,28		0,01	0,04	0,03		0,05	0,07	0,11
25.02.2006		0,3	0,1	0,1		0,09	0,10	0,10		0,02	0,01	0,01		0,06	0,05	0,11
26.02.2006	0,6				0,13				0,07				0,04			
03.03.2006	0,4	0,8	0,8	0,5	0,08	0,09	0,17	0,16	0,04	0,03	0,06	0,04	0,03	0,04	0,20	0,13
09.03.2006	0,4	1,2	0,5	0,4	0,39	0,43	0,38	0,36	0,03	0,06	0,03	0,02	0,09	0,27	0,21	0,39
15.03.2006	0,2	0,4	0,2	0,2	0,17	0,20	0,21	0,19	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,08	0,05	0,15
21.03.2006	1,0	2,0	1,4	1,2	0,13	0,15	0,15	0,11	0,11	0,12	0,15	0,13	0,08	0,52	0,33	0,21
27.03.2006	0,4	0,6	0,6	0,4	0,09	0,12	0,12	0,11	0,05	0,06	0,06	0,04	0,05	0,17	0,21	0,14
02.04.2006	0,7	0,8	0,8	0,7	0,09	0,10	0,10	0,10	0,08	0,09	0,08	0,09	0,06	0,10	0,11	0,10
08.04.2006	0,6	0,9	0,4	0,3	0,14	0,12	0,15	0,14	0,07	0,10	0,05	0,04	0,07	0,24	0,20	0,18
14.04.2006	2,7	2,9	2,4	2,5	0,12	0,12	0,12	0,12	0,32	0,35	0,27	0,31	0,11	0,17	0,13	0,14
20.04.2006	0,3	0,4	0,4	0,4	0,08	0,09	0,20	0,18	0,04	0,05	0,06	0,05	0,04	0,37	0,25	0,31
26.04.2006	0,1	0,2	0,2	0,2	0,37	0,42	0,45	0,53	0,02	0,05	0,03	0,03	0,09	0,58	0,24	0,24
02.05.2006	0,3	0,4	0,4	0,5	0,14	0,14	0,15	0,13	0,05	0,06	0,07	0,07	0,11	0,25	0,34	0,30
07.05.2006	0,3				0,39				0,11				0,44			
08.05.2006		0,3	0,3	0,3		0,23	0,25	0,27		0,07	0,07	0,08		0,50	0,55	1,20
13.05.2006	0,1				0,19				0,04				0,19			
14.05.2006		1,1	1,0	1,0		0,09	0,07	0,07		0,14	0,11	0,12		0,22	0,11	0,77
20.05.2006	0,8	0,8	0,8	0,7	0,08	0,08	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,11	0,12	0,13
26.05.2006	0,6	0,9	0,7	0,7	0,06	0,07	0,11	0,11	0,08	0,11	0,09	0,09	0,05	0,15	0,13	0,15
01.06.2006	1,0	1,1	1,3	1,3	0,05	0,08	0,08	0,07	0,12	0,14	0,15	0,16	0,04	0,22	0,10	0,10
07.06.2006	0,3	0,4	0,4	0,5	0,04	0,06	0,07	0,07	0,03	0,06	0,06	0,06	0,05	0,27	0,26	0,54
13.06.2006	0,1	0,1	0,1	0,1	0,07	0,09	0,10	0,15	0,02	0,03	0,03	0,04	0,28	0,48	0,45	1,03
19.06.2006	0,1	0,2		0,2	0,11	0,13		0,16	0,02	0,04		0,05	0,07	0,27		0,69
25.06.2006	0,3	0,5		0,5	0,13	0,15		0,15	0,03	0,06		0,07	0,08	0,16		0,49

2. Halbjahr 2006	Natrium im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Kalium EC im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Magnesium im Feinstaub (PM10) (µg/m³)				Calcium im Feinstaub (PM10) ng/m³			
	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze
01.07.2006	0,1	0,2	0,3	0,2	0,05	0,06	0,24	0,09	0,01	0,03	0,06	0,04	0,06	0,15	0,33	0,59
07.07.2006	0,1	0,1	0,6	0,1	0,11	0,11	0,10	0,16	0,01	0,02	0,08	0,02	0,03	0,17	0,24	0,15
13.07.2006	0,6	0,7	0,2	0,7	0,10	0,09	0,09	0,11	0,07	0,09	0,04	0,09	0,11	0,20	0,32	0,64
19.07.2006	0,1	0,2	0,3	0,2	0,08	0,08	0,10	0,12	0,02	0,03	0,04	0,04	0,11	0,32	0,19	0,92
25.07.2006	0,2	0,3	0,9	0,3	0,08	0,10	0,15	0,14	0,04	0,04	0,13	0,05	0,21	0,52	0,31	0,81
31.07.2006	0,7	0,9	0,9	1,0	0,13	0,14	0,18	0,17	0,08	0,11	0,13	0,12	0,05	0,13	0,34	0,28
06.08.2006	0,1	0,3	0,2	0,2	0,11	0,08	0,12	0,11	0,02	0,04	0,02	0,03	0,07	0,15	0,11	0,34
12.08.2006	0,1	0,2		0,2	0,06	0,10		0,11	0,01	0,02		0,02	0,02	0,09		0,23
18.08.2006	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,10	0,23	0,14	0,01	0,03	0,03	0,02	0,03	0,13	0,15	0,24
24.08.2006	0,1	0,2	0,1	0,1	0,12	0,14	0,13	0,12	0,02	0,03	0,04	0,03	0,08	0,30	0,24	0,39
30.08.2006	0,5	0,8		0,8	0,03	0,05		0,06	0,06	0,10		0,09	0,02	0,18		0,09
05.09.2006	1,4	2,1	1,5	1,4	0,06	0,09	0,10	0,08	0,18	0,25	0,19	0,17	0,06	0,15	0,16	0,33
11.09.2006	0,3	0,3	0,3	0,3	0,10	0,10	0,13	0,13	0,04	0,05	0,05	0,06	0,09	0,22	0,24	0,64
17.09.2006	0,1	0,1	0,1	0,1	0,40	0,42	0,42	0,39	0,02	0,03	0,03	0,03	0,22	0,32	0,32	0,53
23.09.2006	0,3	0,4	0,4	0,4	0,19	0,20	0,20	0,22	0,04	0,05	0,06	0,06	0,19	0,25	0,28	0,76
29.09.2006	0,2	0,3	0,2	0,2	0,24	0,31	0,25	0,24	0,03	0,05	0,05	0,06	0,15	0,35	0,45	1,18
05.10.2006	0,3	0,4	0,4	0,3	0,13	0,13	0,19	0,18	0,03	0,05	0,06	0,04	0,06	0,18	0,33	0,18
11.10.2006	0,3	0,4	0,3	0,2	0,22	0,23	0,32	0,33	0,03	0,05	0,03	0,03	0,04	0,11	0,14	0,35
17.10.2006	0,1	0,2	0,2	0,2	0,13	0,23	0,22	0,21	0,02	0,03	0,04	0,05	0,10	0,33	0,28	0,88
23.10.2006	0,3	0,5	0,3	0,3	0,08	0,09	0,11	0,10	0,03	0,06	0,04	0,04	0,04	0,11	0,15	0,31
29.10.2006	0,8	1,0	1,2	1,3	0,06	0,08	0,09	0,08	0,09	0,12	0,15	0,15	0,03	0,06	0,06	0,06
04.11.2006	1,2	1,3	0,8	1,0	0,10	0,10	0,10	0,11	0,14	0,16	0,10	0,11	0,06	0,15	0,08	0,07
10.11.2006	2,5	2,3	2,9	2,9	0,13	0,14	0,17	0,17	0,30	0,28	0,35	0,34	0,12	0,21	0,25	0,25
16.11.2006	0,2	0,2	0,2	0,2	0,14	0,15	0,17	0,17	0,03	0,03	0,04	0,04	0,13	0,18	0,23	0,42
22.11.2006	0,6	0,6	0,6	0,6	0,20	0,19	0,21	0,20	0,07	0,07	0,08	0,08	0,09	0,13	0,19	0,17
28.11.2006	0,2	0,3	0,3	0,3	0,25	0,25	0,26	0,28	0,04	0,05	0,07	0,07	0,29	0,37	1,44	0,87
04.12.2006	1,6	1,7	1,5	1,5	0,10	0,10	0,12	0,13	0,19	0,20	0,18	0,18	0,08	0,18	0,18	0,20
10.12.2006	0,9	1,2	1,3	1,0	0,12	0,13	0,17	0,18	0,11	0,15	0,15	0,12	0,06	0,07	0,09	0,08
16.12.2006	0,3	0,4	0,3	0,3	0,12	0,14	0,17	0,16	0,03	0,04	0,04	0,04	0,06	0,11	0,13	0,13
22.12.2006	0,7	1,0	0,8	0,6	0,11	0,13	0,17	0,15	0,09	0,11	0,09	0,07	0,04	0,20	0,21	0,19
28.12.2006	0,0	0,1	0,3	0,2	0,18	0,24	0,28	0,34	0,00	0,01	0,02	0,04	0,02	0,05	0,11	0,06

1. Halbjahr 2006	Cadmium im Feinstaub (PM10) (ng/m <sup>3</sup> )				Nickel im Feinstaub (PM10) (ng/m <sup>3</sup> )				Arsen im Feinstaub (PM10) (ng/m <sup>3</sup> )				Kupfer im Feinstaub (PM10) (ng/m <sup>3</sup> )			
	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze
02.01.2006	0,12	0,18	0,21	0,18	2,15	4,15	4,48	3,43	0,74	1,03	0,81	0,63	3,7	24,4	63,0	22,3
08.01.2006	0,94	0,89	1,07	1,02	1,90	1,99	1,40	3,22	2,02	1,82	4,07	3,62	2,7	13,4	39,6	21,7
14.01.2006	0,48	0,58	0,79	1,07	0,55	1,59	1,39	1,40	3,40	3,39	4,09	8,14	2,6	29,6	92,7	29,1
20.01.2006	0,14	0,12	0,51	0,72	1,81	2,12	4,10	6,13	0,49	0,48	2,38	5,37	2,2	15,3	110,6	56,1
26.01.2006	0,01	0,04	0,15	0,12	1,65	2,66	5,12	1,39	0,40	0,39	1,02	1,12	0,4	7,1	19,3	5,6
01.02.2006	0,01	0,01	0,09		2,03	1,69	6,20		0,05	0,12	0,48		0,4	15,6	85,9	
03.02.2006				0,23				7,75				0,93				34,2
07.02.2006	0,10	0,10	0,12	0,13	1,30	1,29	2,94	3,23	0,05	0,20	0,51	0,47	0,4	10,1	49,4	10,5
13.02.2006	0,27	0,35	0,54	0,13	2,84	4,81	9,37	1,39	1,04	1,75	2,58	0,80	3,7	78,3	192,3	19,8
19.02.2006		0,10	0,19	0,37		7,92	4,37	4,22		0,77	0,84	3,33		17,9	46,7	47,4
25.02.2006		0,05	0,08	0,10		2,44	1,39	1,39		0,21	0,30	0,35		5,8	19,3	10,6
26.02.2006	0,03				1,27				0,49				0,4			
03.03.2006	0,02	0,01	0,44	0,35	1,43	1,26	4,82	5,45	0,05	0,18	0,84	0,66	0,4	16,0	117,4	17,5
09.03.2006	0,78	0,78	0,90	0,83	2,01	2,47	1,37	1,38	4,53	4,54	4,76	6,52	3,4	16,3	43,4	20,9
15.03.2006	0,17	0,23	0,35	0,28	2,47	3,63	1,39	1,40	0,34	0,60	0,71	2,41	0,4	9,0	26,8	12,8
21.03.2006	0,03	0,11	0,14	0,05	0,55	2,46	1,38	1,38	0,05	0,36	0,53	0,32	0,4	44,5	80,9	18,5
27.03.2006	0,12	0,09	0,36	0,15	1,29	1,81	2,81	8,62	1,17	0,42	4,55	0,75	4,6	26,6	111,6	33,0
02.04.2006	0,14	0,10	0,30	0,17	2,01	2,39	4,84	10,23	0,41	0,57	2,43	0,82	0,4	13,3	81,0	20,1
08.04.2006	0,10	0,09	0,38	0,23	0,55	0,55	3,54	5,24	0,59	0,42	2,31	0,69	2,0	18,7	85,9	20,9
14.04.2006	0,01	0,01	0,14	0,07	0,55	0,55	1,36	1,37	0,05	0,05	0,32	0,27	0,4	7,2	24,9	6,0
20.04.2006	0,01	0,01	0,24	0,12	1,18	1,49	5,72	5,80	0,05	0,39	0,72	0,62	0,4	25,0	132,3	18,8
26.04.2006	0,24	0,21	0,39	0,46	5,58	15,08	14,42	16,19	0,82	1,17	1,55	3,48	3,5	56,7	131,8	49,3
02.05.2006	0,08	0,11		0,19	0,55	1,24		5,13	0,50	0,76		0,74	1,9	43,5		21,7
07.05.2006	0,56				4,52				0,60				0,9			
08.05.2006		0,33		0,46		5,22		4,76		0,64		0,98		16,5		20,7
13.05.2006	0,11				1,53				0,92				1,3			
14.05.2006		0,01	0,05	0,05		0,55	1,36	1,36		0,22	0,58	0,48		17,3	46,6	7,2
20.05.2006	0,05	0,05	0,26	0,19	0,55	0,55	3,04	4,73	0,14	0,23	1,43	0,31	0,4	16,3	70,8	22,8
26.05.2006	0,23	0,01	0,22	0,15	0,55	1,25	3,47	4,24	0,14	0,28	0,75	0,52	0,4	25,3	125,7	18,9
01.06.2006	0,01	0,01	0,06	0,04	0,55	7,19	1,42	1,39	0,05	0,12	0,29	0,43	0,4	18,2	62,3	10,6
07.06.2006	0,01	0,01	0,09	0,05	0,55	1,84	1,42	1,45	0,05	0,31	0,49	0,40	0,4	35,1	115,9	13,2
13.06.2006	0,06	0,10	0,21	1,37	1,28	2,10	1,51	5,68	1,10	1,43	1,25	9,34	1,7	60,0	149,3	135,2
19.06.2006	0,10	0,08		0,68	2,53	2,45		5,78	0,38	0,92		4,62	1,1	59,8		76,1
25.06.2006	0,11	0,13		0,21	1,64	2,98		1,37	1,16	0,92		3,24	1,9	23,9		27,1

2. Halbjahr 2006	Cadmium im Feinstaub (PM10) (ng/m <sup>3</sup> )				Nickel im Feinstaub (PM10) (ng/m <sup>3</sup> )				Arsen im Feinstaub (PM10) (ng/m <sup>3</sup> )				Kupfer im Feinstaub (PM10) (ng/m <sup>3</sup> )			
	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze	Born- höved	Kiel Bahn- hofstr.	Hamburg Habicht- str.	Hamburg Stern- schanze
01.07.2006	0,01	0,01	0,26	0,22	2,11	3,25	6,80	2,82	0,05	0,10	1,19	2,42	0,4	18,6	166,9	28,2
07.07.2006	0,08	0,10	0,11	0,15	2,75	4,03	1,37	5,65	0,18	0,50	1,21	0,57	1,3	34,6	108,9	12,0
13.07.2006	0,11	0,11	0,11	0,13	1,95	3,26	3,56	3,89	0,10	0,41	1,03	1,05	0,4	27,5	94,2	26,8
19.07.2006	0,01	0,01	0,06	0,20	1,48	3,55	1,37	4,31	0,05	0,30	0,38	1,89	0,4	21,5	80,0	33,5
25.07.2006	0,01	0,01	0,21	0,07	1,63	3,05	4,88	1,37	0,10	0,24	0,73	0,63	0,4	28,9	151,7	12,1
31.07.2006	0,05	0,07	0,27	0,13	2,35	2,73	4,50	5,00	0,11	0,31	0,87	0,40	0,4	27,4	161,0	16,6
06.08.2006	0,03	0,05	0,16	0,11	1,97	4,24	4,06	2,88	0,21	0,12	1,72	0,44	0,4	15,5	103,7	14,7
12.08.2006	0,01	0,04		0,22	1,52	2,42		12,86	0,11	0,46		1,11	0,4	32,4		30,8
18.08.2006	0,04	0,05	0,19	0,63	2,59	4,10	4,74	3,05	0,45	0,60	1,46	5,04	1,1	29,5	132,7	61,2
24.08.2006	0,08	0,12	0,22	0,23	1,99	3,15	3,07	8,81	0,50	0,99	1,21	1,33	1,9	43,4	177,8	38,2
30.08.2006	0,01	0,01	0,02	0,05	0,55	1,82	1,39	3,27	0,05	0,17	0,50	0,27	3,7	28,0	113,7	10,9
05.09.2006	0,01	0,01	0,19	0,09	0,55	0,55	3,54	1,38	0,05	0,16	1,81	3,44	0,4	22,6	138,1	9,5
11.09.2006	0,15	0,16	0,37	0,34	0,55	2,51	1,39	1,38	1,69	2,07	2,90	5,11	1,9	77,2	162,8	42,8
17.09.2006	0,52	0,51	0,82	0,77	1,32	1,59	1,38	1,38	2,79	2,70	6,14	9,06	3,4	16,8	82,2	27,4
23.09.2006	0,43	0,49	0,58	0,53	0,55	1,52	1,38	1,38	3,19	3,89	2,22	3,82	4,5	33,2	287,0	31,1
29.09.2006	0,27	0,32	0,53	0,43	2,30	3,61	6,08	6,97	1,26	1,61	2,86	3,38	9,7	77,6	280,3	99,7
05.10.2006	0,25	0,15	0,52	0,36	2,01	2,59	3,17	8,38	0,60	0,57	2,12	0,76	3,7	40,9	144,4	40,2
11.10.2006	0,23	0,22	0,53	0,36	3,10	3,10	2,95	3,03	1,30	1,27	2,43	2,72	2,3	19,6	93,8	32,7
17.10.2006	0,19	0,42	0,41	3,17	0,55	1,49	3,39	3,97	1,38	1,90	2,46	22,06	1,8	50,0	172,6	214,9
23.10.2006	0,06	0,12	0,29	0,21	0,55	1,53	4,61	9,10	0,15	0,40	1,93	0,16	2,0	30,4	161,1	36,2
29.10.2006	0,01	0,01	0,06	0,02	0,55	1,73	1,39	1,38	0,05	0,11	0,85	0,28	0,4	12,1	25,2	9,6
04.11.2006	0,01	0,02	0,11	0,06	0,55	0,55	3,89	4,23	0,11	0,16	1,28	0,03	0,4	24,4	80,6	10,4
10.11.2006	0,03	0,04	0,18	0,20	0,55	1,34	4,97	6,09	0,28	0,23	0,85	0,42	1,9	47,0	161,8	27,3
16.11.2006	0,14	0,15	0,34	0,21	1,20	2,05	3,32	8,02	0,85	1,00	3,01	0,58	8,3	39,1	165,4	45,9
22.11.2006	0,27	0,25	0,68	0,37	1,67	2,02	5,24	7,27	0,91	0,77	5,05	1,14	8,0	30,0	169,0	30,1
28.11.2006	0,31	0,31	0,53	1,82	1,44	2,37	4,14	8,69	1,07	1,36	2,72	13,19	7,6	64,1	163,2	193,1
04.12.2006	0,14	0,08	0,16	0,33	0,55	0,55	3,50	4,14	0,15	0,34	1,19	0,64	0,4	23,8	103,2	24,5
10.12.2006	0,12	0,17	0,25	0,28	2,88	2,31	5,56	5,10	0,41	0,38	1,94	1,00	0,8	24,7	81,4	17,6
16.12.2006	0,22	0,20	0,32	0,42	1,66	1,99	4,23	4,19	0,24	0,32	1,28	1,25	2,6	26,4	67,6	18,6
22.12.2006	0,05	0,08	0,14	0,25	1,28	2,68	4,90	4,62	0,11	0,55	1,52	0,71	1,1	38,8	105,8	13,9
28.12.2006	0,15	0,16	0,30	0,35	1,88	2,41	5,42	7,45	0,39	0,62	1,20	1,09	1,9	26,7	85,2	30,0

1. Halbjahr	Aluminium im Feinstaub (PM10)		Cobalt im Feinstaub (PM10)		Chrom im Feinstaub (PM10)		Eisen im Feinstaub (PM10)		Antimon im Feinstaub (PM10)		Titan im Feinstaub (PM10)		Vanadium im Feinstaub (PM10)		Zink im Feinstaub (PM10)		Mangan im Feinstaub (PM10)	
2006	(ng/m <sup>3</sup> )																	
	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze
02.01.06	79	118	0,15	0,12	4,91	1,44	945	153	9,75	1,40	3,71	2,97	5,13	4,63	27	14	8,3	2,8
08.01.06	125	153	0,23	0,18	3,43	3,09	700	444	8,37	3,36	9,73	8,46	1,43	1,35	86	81	9,5	8,3
12.01.06	39		0,30		9,88		2096		21,96		6,72		8,45		60		19,0	
13.01.06	19		0,19		9,43		1460		16,65		5,87		0,90		45		12,9	
14.01.06	52	19	0,26	0,03	8,06	0,57	1650	218	18,41	1,37	6,17	1,05	1,05	0,23	88	42	17,2	0,9
20.01.06	50	60	0,26	0,15	8,85	2,03	1744	535	16,24	3,85	5,77	9,49	3,13	13,05	52	60	15,8	11,6
26.01.06	19	19	0,10	0,07	5,28	0,57	273	144	2,72	1,02	3,32	1,04	4,46	3,36	23	11	3,7	2,5
01.02.06	97		0,19		6,17		1332		15,81		4,57		13,56		20		11,1	
03.02.06		116		0,17		2,66		524		3,82		9,71		13,01		36		12,1
07.02.06	52	44	0,12	0,05	3,41	0,56	789	110	8,48	1,01	3,35	2,78	5,30	6,85	36	6	7,4	2,6
13.02.06	266	59	0,46	0,08	13,84	1,40	3069	272	32,19	2,45	29,21	5,44	18,76	3,84	118	17	29,2	4,3
19.02.06	83	19	0,11	0,15	2,15	1,42	769	506	8,75	3,17	4,36	6,86	11,09	7,93	25	64	7,1	8,9
25.02.06	19	71	0,05	0,08	0,57	0,57	294	209	3,49	1,28	3,78	7,11	2,66	2,88	13	14	3,8	4,5
03.03.06	113	51	0,24	0,11	8,80	1,22	1970	434	21,99	2,62	12,13	6,85	8,27	13,90	57	34	37,4	7,6
09.03.06	155	313	0,20	0,42	2,78	1,65	775	611	8,46	3,45	20,59	30,27	1,54	1,69	74	64	22,3	14,6
15.03.06	19	245	0,08	0,13	1,91	0,58	468	421	4,65	1,87	3,19	7,38	5,22	5,09	25	29	6,3	7,3
21.03.06	236	129	0,24	0,08	6,13	0,57	1403	320	14,72	2,42	22,16	11,07	1,91	3,51	31	6	14,3	5,4
27.03.06	89	60	0,21	0,13	6,97	1,16	1595	520	16,69	2,94	10,60	6,15	4,02	24,08	43	32	14,8	9,6
02.04.06	66	19	0,16	0,11	4,89	2,72	1106	477	11,39	2,46	5,78	3,22	10,64	26,27	43	32	11,2	11,0
08.04.06	169	120	0,21	0,14	7,04	1,82	1391	567	15,55	2,92	14,32	10,09	4,69	11,94	57	32	15,4	9,9
14.04.06	64	19	0,07	0,03	0,56	0,56	406	119	4,60	0,69	4,63	3,04	4,48	4,57	15	6	4,0	0,9
20.04.06	212	151	0,23	0,16	7,22	1,38	2077	498	14,98	2,82	15,76	11,71	8,73	13,38	67	22	16,3	7,1
26.04.06	211	237	0,36	0,27	11,59	3,55	2069	713	22,60	6,35	15,72	15,12	33,44	40,44	67	48	16,2	10,3
02.05.06		345		0,19		2,49		707		3,41		21,92		9,85		42		12,6
08.05.06		1258		0,43		2,72		1008		3,18		75,23		10,70		48		27,4
14.05.06	156	758	0,10	0,20	5,31	0,56	759	723	9,41	0,87	10,19	65,07	1,68	2,86	18	6	7,6	12,8
20.05.06	94	62	0,16	0,11	4,94	0,55	1086	363	11,81	2,83	6,31	6,34	3,71	14,79	34	37	12,6	7,2
26.05.06	126	95	0,26	0,13	13,79	0,56	2073	437	22,89	3,02	10,81	7,85	5,59	8,71	51	30	18,9	7,9
01.06.06	211	57	0,12	0,19	7,98	0,57	1006	167	12,08	1,70	6,36	3,90	1,40	1,68	20	6	8,4	2,6
07.06.06	272	579	0,32	0,18	13,07	1,28	1883	545	21,16	2,23	18,46	38,43	3,10	3,84	37	6	19,7	10,6
13.06.06	598	1313	0,40	0,62	16,31	5,70	2504	1618	29,09	7,21	38,33	87,71	1,99	9,21	54	59	27,9	31,3
19.06.06		706		0,35		2,94		1079		6,22		43,57		13,44		62		17,4
25.06.06		577		0,23		1,53		698		3,91		45,63		3,53		37		14,8

2. Halbjahr	Aluminium im Feinstaub (PM10)		Cobalt im Feinstaub (PM10)		Chrom im Feinstaub (PM10)		Eisen im Feinstaub (PM10)		Antimon im Feinstaub (PM10)		Titan im Feinstaub (PM10)		Vanadium im Feinstaub (PM10)		Zink im Feinstaub (PM10)		Mangan im Feinstaub (PM10)	
	(ng/m <sup>3</sup> )																	
2006	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze	Hamburg Habicht-str.	Hamburg Stern-schanze
01.07.06	277	781	0,43	0,28	14,64	1,40	2562	810	28,74	2,77	21,40	50,25	13,14	4,38	61	17	25,1	19,1
07.07.06	188	165	0,25	0,13	9,78	0,56	1643	256	18,72	2,04	13,91	10,01	3,78	13,29	34	13	15,3	8,6
13.07.06	322	684	0,24	0,29	8,87	2,11	1420	720	14,40	3,32	22,33	45,47	3,47	6,40	31	17	15,3	23,4
19.07.06	292	1287	0,19	0,51	8,19	3,23	1301	1115	13,51	3,65	18,52	82,68	2,06	6,63	22	24	13,5	152,6
25.07.06	225	1372	0,32	0,44	14,42	1,38	2362	1041	26,20	1,76	12,80	98,05	9,28	4,02	60	6	23,5	74,6
31.07.06	245	234	0,37	0,15	15,60	0,56	2467	471	27,06	2,49	16,94	13,88	8,93	12,74	59	18	23,5	34,1
06.08.06	207	429	0,20	0,17	10,02	0,56	1678	369	18,50	1,44	9,18	27,71	7,24	2,72	43	6	15,1	24,3
09.08.06		209		0,14		1,24		391		3,05		13,86		9,46		24		21,1
12.08.06		316		0,17		1,72		620		4,17		16,13		8,61		78		22,3
15.08.06		75		0,09		0,56		262		1,79		5,91		5,54		18		14,9
18.08.06	125	241	0,28	0,28	13,35	4,31	2053	1102	22,07	8,61	11,32	16,87	9,73	3,15	61	65	18,9	24,3
24.08.06	176	220	0,36	0,31	18,45	4,40	2867	747	30,24	6,11	15,10	16,80	3,22	20,79	66	59	26,7	21,1
30.08.06	99	93	0,22	0,08	11,23	1,60	1770	197	18,87	1,68	7,11	5,89	3,11	4,30	35	15	14,3	11,3
05.09.06	248	444	0,28	0,14	13,25	1,92	2143	393	25,53	1,87	11,30	22,31	6,19	6,23	39	6	13,3	9,8
11.09.06	315	668	0,29	0,33	15,29	4,68	2547	1282	29,09	7,86	18,26	35,84	1,04	1,85	69	59	20,3	24,6
17.09.06	600	977	0,28	0,31	8,28	3,23	1574	944	15,11	5,34	36,90	47,65	1,48	1,78	61	61	22,3	25,8
23.09.06	495	760	0,33	0,30	11,63	2,89	4545	1082	47,92	5,54	32,10	46,00	1,60	1,86	99	59	26,2	26,7
29.09.06	462	1327	0,59	0,64	25,84	8,00	4515	2283	46,13	10,85	31,23	72,39	3,85	18,12	97	113	48,0	40,1
05.10.06	19	186	0,27	0,23	8,38	1,95	2032	698	19,68	5,11	6,60	9,70	6,97	20,82	61	87	16,8	16,6
11.10.06	145	426	0,26	0,27	7,47	2,88	1477	780	16,05	6,33	11,80	22,36	3,38	3,55	45	50	13,1	18,2
17.10.06	243	701	0,37	0,55	13,92	4,79	2717	1538	29,45	10,48	17,26	42,86	2,24	3,40	59	111	26,3	30,9
23.10.06	131	199	0,33	0,24	12,33	2,50	2397	613	24,18	5,14	8,93	10,38	6,63	19,78	46	48	18,2	15,5
29.10.06	81	114	0,06	0,07	1,84	0,57	419	77	4,43	0,79	2,23	2,91	1,96	2,15	6	6	0,9	7,7
04.11.06	132	67	0,17	0,08	6,01	0,57	1343	233	13,73	1,83	5,93	3,06	7,45	10,89	23	6	6,8	10,4
10.11.006	161	160	0,33	0,16	13,47	2,01	2645	518	25,42	4,68	10,43	8,21	6,89	14,80	54	36	21,4	15,1
16.11.06	244	285	0,35	2,16	14,98	3,56	2606	961	25,81	7,49	17,47	16,77	1,89	17,81	66	50	22,3	22,8
22.11.06	153	124	0,37	0,23	14,59	3,55	2237	721	21,20	4,89	11,92	9,29	5,77	15,51	79	55	19,0	24,7
28.11.06	856	933	0,62	1,04	18,28	5,36	2875	1796	24,42	12,85	50,34	52,98	3,59	14,56	66	111	29,5	40,1
04.12.06	128	126	0,23	0,17	8,30	1,76	1678	484	16,45	3,64	7,54	6,68	5,20	9,53	41	79	9,8	33,2
10.12.06	134	96	0,21	0,13	6,35	0,58	1426	389	14,00	2,37	7,79	5,71	12,83	13,02	39	30	6,4	28,6
16.12.06	163	147	0,25	0,16	6,27	1,98	1372	426	12,42	2,55	12,23	9,52	6,97	7,71	62	81	8,8	8,0
22.12.06	197	173	0,27	0,15	8,32	0,58	1784	261	17,53	2,20	12,51	9,20	8,97	9,95	31	6	8,8	0,9
28.12.06	96	135	0,28	0,15	6,36	0,58	1535	478	14,08	3,71	5,97	5,44	12,25	20,54	50	55	7,3	5,8