

Eurofins GfA GmbH

Aktz. / Berichts-Nr.: 66010 –011

Datum: 31.05.2010

**Durchführung von Immissionsmessungen zur
Ermittlung von Schwebstaub und dessen
Inhaltsstoffen im Einflussbereich von privaten
Holzfeuerungsanlagen****- Immissionsmessungen -****Mai 2010**

Auftraggeber:	Freie Hansestadt Bremen Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa Ansgaritorstraße 2 28195 Bremen
Art der Messung:	Immissionsmessungen
Auftragsdatum:	12.08.2009
Messzeitraum:	6 Monate
Projektleiter:	Dipl.-Ing. Volker Schwahn
Rufnummer:	(040) 69 70 96 – 0
Berichtsumfang:	75 Seiten 4 Anhänge
Aufgabenstellung:	Immissionsmessungen an einem Messpunkt in einem Stadtteil von Bremen zur Ermittlung von Schwebstaub und dessen Inhaltsstoffen im Einflussbereich privater Holzfeuerungsanlagen.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Aufgabenstellung.....	3
2. Zusammenfassung.....	4
3. Messplanung.....	6
3.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes sowie Anzahl und Auswahl der Beurteilungspunkte.....	6
3.2 Messkomponenten.....	7
3.3 Zeitplan, Messhäufigkeit.....	9
4. Messverfahren.....	10
4.1 Feinstaub (PM10).....	10
4.2 Elemente (Metalle) im Feinstaub (PM 10).....	10
4.3 Benzo(a)pyren (B(a)P) im Feinstaub (PM10).....	11
4.4 EPA PAK + Reten.....	11
5. Messdurchführung.....	14
5.1 Allgemeines.....	14
5.2 Messablauf.....	14
5.3 Fachlich Verantwortlicher und Vertreter.....	14
5.4 Qualitätssichernde Maßnahmen.....	14
6. Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion.....	17
6.1 Feinstaub (PM10).....	17
6.2 Metalle im Feinstaub (PM10).....	19
6.3 Benzo(a)pyren B(a)P im Feinstaub (PM10).....	23
6.4 EPA PAK sowie Reten.....	26
7. Bibliographie.....	38
8. Anhänge.....	40
8.1 Tabellen aller Einzelwerte.....	41
8.2 Meteorologische Daten.....	56
8.3 Diagramme Meteorologie.....	68
8.4 Umgebungskarte und Foto.....	74

1. Aufgabenstellung

Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa der Freien Hansestadt Bremen beauftragte die Eurofins GfA GmbH mit der Messung von Feinstaub und dessen Inhaltsstoffen sowie der Messung zur Bestimmung von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (EPA PAK + Reten) an einem Messpunkt in einem Stadtteil von Bremen. In den letzten Jahren häuften sich Bürgerbeschwerden zum Thema Geruchs- und Feinstaubbelastungen durch private Kleinf Feuerungsanlagen in Wohngebieten. Die Hansestadt Bremen möchte mit Hilfe von Messungen hinsichtlich der Minderungsmaßnahmen im Rahmen des Luftreinhalteplans weitere Erkenntnisse gewinnen. Als Messzeitraum wurden 6 Monate geplant. Der Beginn der Messungen fand am 01.10.2009 statt.

Der Messumfang wird durch die zu untersuchenden Stoffe (Messkomponenten), sowie den zeitlichen und räumlichen Rahmen, in dem diese Stoffe untersucht werden sollen, beschrieben. Der Gesamtumfang ist in der Tabelle 2 (Kapitel 3.2) dargestellt.

Dieser Bericht ist in sechs wesentliche Abschnitte gegliedert, welche durch Anhänge mit den Einzelwertlisten des Untersuchungszeitraumes vom Oktober 2009 bis zum März 2010 ergänzt werden:

- Aufgabenstellung (Kapitel 1).
- Zusammenfassung (Kapitel 2).
- Messplanung (Kapitel 3). Enthält Informationen über die Messpunkte, die Messkomponenten und die zeitliche Verteilung der Beprobungen (Messhäufigkeit).
- Messverfahren (Kapitel 4). Beschreibt die Beprobungstechnik, die Analysenverfahren und spezifische Kenngrößen der verwendeten Techniken.
- Messdurchführung (Kapitel 5). Enthält Informationen über die Abwicklung des Messprogramms.
- Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion (Kapitel 6). Zusammenstellung der Messergebnisse des Untersuchungszeitraum. Hier finden sich die bewerteten Ergebnisse der Luftuntersuchungen. Soweit möglich werden vergleichende Betrachtungen mit den Immissionswerten der TA-Luft [1] sowie den Grenz- und Zielwerten in der 22. BImSchV [10] vorgenommen.

2. Zusammenfassung

Der Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa der Freien Hansestadt Bremen beauftragte die Eurofins GfA GmbH mit der Messung von Feinstaub und ausgewählten Inhaltsstoffen (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffen, Metalle) an einem Messpunkt in einem Stadtteil von Bremen. Das Messprogramm sollte weitere Erkenntnisse zum Einfluss privater Holzfeuerungsanlagen auf die Umgebungsluft liefern. Die 6-monatigen Messungen begannen am 01.10.2009.

Das Messprogramm umfasste die tägliche Probenahme und Bestimmung der PM 10 Fraktion des Schwebstaubes. Nach der Bestimmung der PM 10 Konzentration wurden die Filter halbiert und zu Wochenmischproben zusammengefasst.

Die Wochenmischproben wurden auf Elemente der 22. BImSchV [10] untersucht, d.h. pro Woche erfolgte einmal die Bestimmung von Arsen (As), Cadmium (Cd), Blei (Pb) und Nickel (Ni).

Die Wochenmischprobe, welche im Untersuchungszeitraum die höchste bzw. niedrigste PM10 Konzentration ergab, wurde ausgewählt und auf Benzo(a)pyren (B(a)P) untersucht. B(a)P gehört zur Gruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) und ist in der Aussenluft fast vollständig partikelgebunden.

Eine große Zahl weitere PAK – die sogenannten EPA PAK, ergänzt um das für die Holz-Verbrennung spezifische Reten - wurde einmal wöchentlich über 24-Stunden mit einem Verfahren beprobt, das die gemeinsame Erfassung gasförmiger und partikelgebundener PAK-Anteile ermöglicht.

Weiterhin wurden die meteorologischen Verhältnisse (Windrichtung, Windgeschwindigkeit, Temperatur und Feuchte) ermittelt.

Gemäß TA-Luft (2002) [1] ist für PM10 ein Jahresmittelwert von 40 µg/m³ einzuhalten. Die PM10-Konzentration darf darüber hinaus für maximal 35 Tagesmittelwerte den Wert von 50 µg/m³ überschreiten.

Der über ein Kalenderjahr gemittelte Immissionswert der TA-Luft für **PM10 (Feinstaub)** von 40 µg/m³ wird im Untersuchungszeitraum (Oktober 2009 bis April 2010) an der Messstelle unterschritten (MW: 26 µg/m³). Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 14 Überschreitungen des 24h Mittelwertes von 50 µg/m³ festgestellt.

Die Belastung des Feinstaubes durch die untersuchten **Elemente** an der Messstelle unterschreitet im Untersuchungszeitraum die gültigen Grenz-, Ziel- und Leitwerte.

Die Untersuchung der beiden Wochenmischproben auf **Benzo(a)pyren** in der Feinstaubfraktion (PM10) haben ergeben, dass der Mittelwert (2,93 ng/m³) aus dem Zeitraum mit der höchsten PM10 Konzentration fast 6-mal so hoch ist wie die Probe (0,51 ng/m³) aus dem Zeitraum mit der niedrigsten PM10 Konzentration (Zielwert für das Jahresmittel BaP: 1 ng/m³). Aus den 26 Tagesproben im Untersuchungszeitraum errechnet sich ein Mittelwert von 0,36 ng/m³ für die Benzo[a]pyren-Konzentration.

Die Untersuchung der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen wurde durchgeführt, da diese Kohlenwasserstoffe bei der unvollständigen Verbrennung von fossilen Brennstoffen gebildet werden, zur Luftverschmutzung beitragen und im vorliegenden Fall Hinweise auf die Entstehung geben können. Die immer beliebter werdenden Einzelholzfeuerungsstätten sind häufig aufgrund inhomogener Verbrennungsbedingungen eine bedeutende Quelle von PAK.

Einige PAK sind typisch für die Emissionen aus Holzfeuerungen und können somit benutzt werden, um den Anteil der holzfeuerungsbedingten Emissionen auf die Luftverschmutzung zu bestimmen. Hierzu gehören insbesondere Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-cd)perylen, Benzo(a)pyren, Reten und Chrysen. Reten ist hierbei besonders hervorzuheben, da es fast ausschließlich bei der Verbrennung von Holz entsteht. Es wird deshalb als Tracer für Holzfeuerung benutzt.

Der Untersuchungszeitraum ließ sich aufgrund des Temperaturverlaufes in zwei wärmere Perioden sowie eine kalte Periode (Mitte Dezember 09 bis Mitte Februar 10) unterteilen. Für die kalte Periode ist anzunehmen, dass auch vermehrt Holz in den Einzelfeuerungsstätten eingesetzt wurde.

Die Konzentration des Holzbrandtracers **Reten** stieg erwartungsgemäß während der kalten Periode im Vergleich zu den wärmeren Perioden deutlich an (auf das 2-fache), auch die anderen für Holzfeuerung typischen **PAK** zeigten eine deutliche Konzentrationszunahme. Auch die Bildung bestimmter **Verhältnisse quellen-spezifischer PAK** lässt einen deutlichen Einfluss der Biomasseverbrennung erkennen. Hiernach überwiegt während des Untersuchungszeitraumes als Quelle der PAK die Biomasseverbrennung im Gegensatz zur Erdölverbrennung.

Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass sich die Großwetterlage und damit auch die Windrichtung während der einzelnen Perioden gravierend änderte. Während der wärmeren Perioden kam der Wind überwiegend aus westlichen Richtungen, dahingegen während der kalten Periode aus östlicher Richtung. Die veränderte Windrichtung kann auch eine Ursache für einen zusätzlichen Schadstoffeintrag z.B. durch Ferntransport sein. Dieser Einfluss kann aufgrund des Fehlens von Vergleichsdaten anderer, von der Holzfeuerung unbeeinflusster Messstellen hier nicht quantifiziert werden.

3. Messplanung

Der Untersuchungsumfang wurde in einem Beratungsgespräch am 25.08.2009 beim Senator für Umwelt, Bau, Verkehr und Europa, Referat 22 in Bremen, durch Vertreter des Referats Immissionsschutz und seitens der Eurofins GfA durch Herrn Dr. Temme festgelegt.

3.1 Beschreibung des Untersuchungsgebietes sowie Anzahl und Auswahl der Beurteilungspunkte

Der ausgewählte Standort liegt im Stadtteil Bremen-Findorff. Dabei handelt es sich um ein nördlich vom Stadtzentrum gelegenes Wohngebiet mit kleinen mehrstöckigen Reihenhäusern. Es zeichnet sich durch enge Gassen und eine hohe Dichte von privaten Holzfeuerungen aus.

Der im Vorgespräch festgelegte und von der Eurofins GfA eingerichtete Messpunkt befand sich auf dem Dach einer Trafostation zwischen mehrstöckigen Reihenhäusern und einem Kindergarten. Der Grund für den erhöhten Messpunkt liegt in der Gewährleistung einer durch äußerliche Einflüsse (z.B. Vandalismus) geschützten Probenahme.

Die folgende Tabelle gibt eine Beschreibung der Lage der Messstellen sowie deren Kurzbezeichnung:

Tabelle 1: Messstellenbeschreibung

Messstellen	Lage; Gauß-Krüger-Koordinaten
BR 1 Findorff	Auf Trafostation, Worpsweder Straße, 28215 Bremen 3486635 / 5885315

Im Anhang 8.4 befinden sich Umgebungskarte und Foto der Messstelle.

3.2 Messkomponenten

Die nachfolgende Tabelle gibt eine Übersicht über die zu untersuchenden Komponenten und der geplanten Probenahmen über den Untersuchungszeitraum an der Messstelle BR1.

Tabelle 2: Untersuchungsumfang, Übersicht

Art der Luftverunreinigung	Probenahmedauer	Bestimmungen
Feinstaub (PM10)	24 Stunden	182
Inhaltsstoffe des Feinstaubes: As, Cd, Pb, Ni	eine Woche	25
Benzo(a)pyren BaP als Inhaltsstoff des Feinstaubes	eine Woche	2
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (EPA PAK + Reten) in der Außenluft	24 Stunden	26

Im Folgenden wird eine kurze Charakterisierung der im Messumfang enthaltenen Komponenten gegeben.

Feinstaub (PM 10) und die eingebundene Metalle (Schwermetalle gemäß 22.BImSchV)

Der Feinstaubfraktion (PM10) des Schwebstaubes kommt besondere Bedeutung zu, da dieser Feinstaub in die menschliche Lunge eindringen und dort seine ggf. toxische Wirkung direkt entfalten kann. Die gröberen Partikelfractionen werden dagegen bereits in den oberen Atemwegen (Nase, Rachen) zurückgehalten und können daher nicht gleichermaßen toxisch aktiv werden. Da insbesondere PM10 aktuell Gegenstand der öffentlichen Diskussion ist, wird dieser Komponente ein hoher Stellenwert zugesprochen.

Die Feinstaubfraktion (**PM10**), sowie die eingebundenen Elemente **As**, **Cd**, **Pb** und **Ni** wurden laut Auftrag bestimmt. Die Metalle Blei (**Pb**) und Cadmium (**Cd**) als Bestandteile des Feinstaubes (PM10) sind in der TA-Luft [1] mit Grenzwerten versehen. Für Arsen (**As**), Cadmium (**Cd**) und Nickel (**Ni**), sind die Zielwerte in der 22. BImSchV [10] zu finden.

Benzo(a)pyren als partikulärer Bestandteil des Feinstaubes PM10

Aus der Stoffgruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (**PAK**) wird wegen der weiten Verbreitung dieser Stoffgruppe (Quelle u.a. Verbrennungsprozesse) als Leitparameter das Benzo(a)pyren (**BaP**) mit in die Liste der zu untersuchenden Parameter aufgenommen, zumal diesem Leitparameter ein erheblicher Stellenwert als krebserzeugende Luftverunreinigung beigemessen wird. Seit Verabschiedung der 4. Tochterrichtlinie gilt ein EU-Zielwert von 1 ng/m³. Dieser Zielwert der EU ist nach Ziffer 4.2.1 als Immissionswert in die TA-Luft [1] zu übernehmen.

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (EPA PAK + Reten)

Die Holzfeuerung ist im Zuge der Diskussion um die globale Erwärmung zu einer beliebten Alternative zur Beheizung für Wohnhäuser geworden. Vor allem in ländlichen Regionen ist Holz als erneuerbarer Energieträger sehr populär [15].

Die steigenden Preise der fossilen Energieträger Öl und Gas haben ebenfalls einen Anstieg an Einzelfeuerungsstätten bedingt.

Verbunden mit der Verbrennung von Holz ist jedoch ein Anwachsen der organischen Partikelemissionen [15]. PAKs entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von fossilen Brennstoffen und werden, sofern dieses nicht durch geeignete Abgasreinigungstechniken verhindert wird, in die Umgebungsluft emittiert. Einzelfeuerstätten mit Festbrennstoffbetrieb sind wegen ihrer häufig nicht optimalen Feuerführung eine bedeutende Quelle von PAK. Wie in früheren Untersuchungen bereits gezeigt wurde, sind Braunkohlebriketts und Holz als Quellen bekannt [16] [17]. Zahlreiche PAK werden aus unterschiedlichen Quellen gleichermaßen emittiert.

Die unvollständige Verbrennung tritt häufig aufgrund von inhomogenen Verbrennungsbedingungen mit unzureichender Vermischung von Brennstoff und Luft auf. Außerdem sind die Verbrennungstemperaturen häufig zu niedrig, was zur Bildung von PAK und Ruß führt [15].

Um eine Aussage darüber treffen zu können, welchen Anteil die Holzfeuerung an der emittierten Partikelmasse besitzt, benötigt man Indikatoren, die weder bei Verbrennungsprozessen in der Industrie noch durch den Verkehr entstehen können. Reten (Abbildung 1) ist ein solcher spezieller Tracer für die Verbrennung von Nadelhölzern, das ausschließlich bei der Verbrennung dieser entsteht.

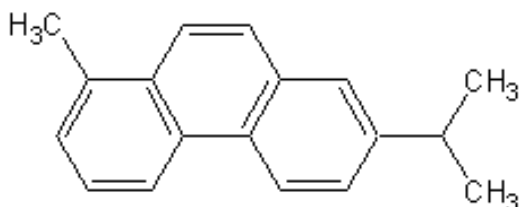


Abbildung 1: Reten

Weitere PAK die typischerweise bei der Verbrennung von Weichhölzern entstehen sind Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-cd)perylen, Benzo(a)pyren, Benzo(k)fluoranthren und Benzo(b)fluoranthren. In geringeren Teilen wurden auch Phenanthren, Anthracen, Fluoranthren,

Pyren, Benz(a)anthracen und Chrysen in den Emissionen identifiziert [15].

Treten Fluoranthren, Pyren und Chrysen in signifikanten Mengen auf, ist dies ein Indiz für die Verbrennung von Harthölzern [15].

Neben Reten als Tracer für Holzfeuerung wird in diesem Bericht die Messung von Benzo(a)pyren als Leitkomponente aller PAK noch hervorgehoben. Benzo(a)pyren ist wegen seiner nachgewiesenen Kanzerogenität bekannt. Neben diesen Komponentenbetrachtungen wird die Summe aller gemessenen PAK sowie die Verhältnisse bestimmter quellspezifischer PAK zueinander diskutiert.

3.3 Zeitplan, Messhäufigkeit

Für die Immissionsmessungen wurde durch den Auftraggeber ein zeitlicher Rahmen von 6 Monaten festgelegt. Am 01.10.09 sind die Messungen an der Messstelle BR1 begonnen worden. Die Messungen konnten wie geplant am 31.03.10 beendet werden (siehe auch Kapitel 5.2 Messablauf).

Am Messort sollten innerhalb des Messzeitraumes von 6 Monaten je Komponente die folgende Anzahl an Proben genommen werden:

3.3.1 *Feinstaub (PM10) und eingebundene Elemente (As, Cd, Ni, Pb) sowie B(a)P*

Der Feinstaub wurde an dem Messpunkt jeweils täglich über 24 Stunden beprobt, das ergibt über den gesamten Untersuchungszeitraum 182 PM10-Proben.

Die Filter wurden nach der Bestimmung der Feinstaubmasse (PM10) für die Metall- und Rückstellung bzw. der optionalen B(a)P-Bestimmung halbiert. Die Hälften sind dabei jeweils zu Wochenmischproben zusammengefasst worden.

3.3.2 *EPA PAK + Reten in der Außenluft*

Die Probenahme zur Untersuchung der Konzentration der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (EPA PAK + Reten) erfolgte an dem Messpunkt einmal wöchentlich über 24 Stunden. Dabei wurde darauf geachtet, dass möglichst alle Wochentage im Messzeitraum gleichmäßig beprobt wurden. Insgesamt standen 26 Proben zur analytischen Bestimmung zur Verfügung.

4. Messverfahren

Die im nachfolgenden bei den Bestimmungsmethoden genannten Probenahmezeiten ergeben sich aus Vorgaben der TA-Luft [1] in Verbindung mit Messverfahren, die im VDI-Richtlinienwerk [3] beschrieben sind.

4.1 Feinstaub (PM10)

Zur Probenahme wurde der Filterwechsler SEQ 47/50 der Fa. Leckel, Berlin, verwendet. Dieser Gerätetyp inklusive PM10-Kopf entspricht den Anforderungen der DIN EN 12341 [5].

Die Außenluft wird über einen PM10-Kopf gesaugt, in welchem mittels Impaktion der Grobstaub $>10\text{ }\mu\text{m}$ zurückgehalten wird (gemäß Definition [DIN EN 12341] beträgt die Abscheidewirksamkeit 50% für Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von $10\text{ }\mu\text{m}$). Anschließend wird die verbleibende PM10-Fraktion auf einem Quarzfaser-Filter abgeschieden.

Das Probenahmeverfahren ist in der GfA - Standardarbeitsanweisung AA-PI 600 detailliert beschrieben. Bei der analytischen Auswertung der Feinstaubkonzentration wird die Masse der abgeschiedenen Staubpartikel durch Differenzwägung des Filters vor und nach der Probenahme bestimmt und mit dem gemessenen Volumen in Bezug gesetzt. Die Filter werden vor der Wägung in einem klimatisierten Wägeraum konditioniert. Die Feinstaubbelastung wird als Massenkonzentration angegeben. Das Analysenverfahren ist in der Standardarbeitsanweisung AA-AC 027 detailliert beschrieben. Zur Staubabscheidung werden Quarzfaserfilter 47 mm der Firma Pallflex Filter GmbH eingesetzt.

Verfahrenskennndaten:

Probenahmedauer:	24 Stunden (0:00 Uhr bis 24:00 Uhr)
Probenahmevermögen:	ca. 55,2 m ³ (bei 2,3 m ³ /h)
Nachweisgrenze:	ca. 2 µg/m ³
Bestimmungsgrenze:	ca. 4 µg/m ³

4.2 Elemente (Metalle) im Feinstaub (PM 10)

Die Probenahme erfolgt wie im Kapitel 4.1 für den Feinstaub (PM10) beschrieben. Die Aufarbeitung der Filter und die Bestimmung der metallischen Inhaltsstoffe erfolgt unter Berücksichtigung der VDI-Richtlinien 2267 [8] und 2268 [9] und soweit anwendbar, der europäischen Norm EN 14902 [7].

Nach Auswaage der Probenahme-Filter wurden diese geteilt; eine Filterhälfte wurde zu Wochenmischproben (7 Proben entsprechen einer Wochenprobe) vereinigt. Die zweite Hälfte wird als Rückstellprobe aufbewahrt.

Die Filter werden nach GfA Vorgabe mit Wasserstoffperoxid und einer salpeter-, fluss- und borsäurehaltigen Aufschlusslösung versetzt und per Mikrowelle aufgeschlossen. Die Aufschlusslösung wird nach einer entsprechenden Aufbereitung auf die in Tabelle 3

angegebenen Elemente untersucht. Die Bestimmung erfolgt mittels Graphitrohr-Atomabsorptions-Spektrometrie (GF-AAS). Das Analysenverfahren ist in der Standardarbeitsanweisung QMA 504-5 detailliert beschrieben.

Tabelle 3: Nachweisgrenzen der Elementbestimmung im Feinstaub (PM10)

Element	Methode	rel. Nachweisgrenzen [ng/m ³] * ¹⁾
Arsen	GF-AAS	0,20
Blei	GF-AAS	0,36
Cadmium	GF-AAS	0,01
Nickel	GF-AAS	1,0

* bei einer Probenahme von 24 Stunden und vollständigen Aufschluss des Filters

¹⁾ Die Nachweisgrenzen können durch Matrixeinflüsse variieren.

4.3 Benzo(a)pyren (B(a)P) im Feinstaub (PM10)

Die Probenahme erfolgt wie im Kapitel 4.1 für den Feinstaub (PM10) beschrieben.

Das schwebstaubgebundene Benzo(a)pyren aus der Stoffgruppe der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) wird als Bestandteil der PM10-Fraktion (DIN EN 12341)[5] auf einem Quarzfaserfilter abgeschieden. Die Probenahme erfolgt nach DIN EN 15549 (Juni 2008)[4] und erfüllt die Anforderungen der DIN EN 12341. Eine Staubmassenbestimmung wird vor der analytischen Aufarbeitung zur Bestimmung der Konzentration an Benzo(a)pyren durchgeführt.

Die analytische Aufarbeitung erfolgt nach Zugabe einer internen Standardsubstanz mittels Soxhletextraktion der Filter mit Hexan/Toluol und anschließender säulenchromatographischer Aufreinigung in Anlehnung an DIN EN 12884 [6]. Bestimmung von B(a)P mittels HRGC/MSD unter Zuhilfenahme von internen und externen Standardsubstanzen zur Identifizierung und Quantifizierung; hierbei erfolgt eine Berücksichtigung der Wiederfindungsrate des Aufarbeitungsstandards. Das Analysenverfahren ist in der Standardarbeitsanweisung AA-OC-250 detailliert beschrieben.

Verfahrenskennndaten:

Probenahmedauer: 24 Stunden (0.00 Uhr bis 24.00 Uhr)
Probenahmenvolumen: ca. 55,2 m³ (2,3 m³/h)
Typische Nachweisgrenze: ca. 0,01 ng/m³

4.4 EPA PAK + Reten

Zur Probenahme wurden Kleinfiltergeräte (Low-Volume-Sampler) vom Typ LVS 3 der Fa. Leckel, Berlin, verwendet.

Die Bestimmung polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe (PAK) nach EPA erfolgt durch Abscheidung von partikelförmigen Luftbeimengungen auf einem Glasfaserfilter und der Sammlung von gasförmigen, filtergängigen Luftbeimengungen

auf Polyurethanschaum (PU-Schaum). Diese Methode entspricht in den Grundlagen dem in den Richtlinien VDI 3874 [12], DIN EN 15549 (2008) [4] und DIN ISO 12884 [6] beschriebenen Verfahren. Das Probenahmeverfahren ist in der Standardarbeitsanweisung AA-PI 614 detailliert beschrieben. Das Analysenverfahren ist in der Standardarbeitsanweisung AA-OC 250 detailliert beschrieben.

Die Extraktion des Glasfaserfilters erfolgt am Soxhlet mit Toluol über einen Zeitraum von 8h. Die PU-Plugs werden mit Toluol ebenfalls im Soxhlet extrahiert. Die kombinierten und eingeeengten Extrakte werden über ein Mehrfachsäulensystem gereinigt und anschließend im Stickstoffstrom aufkonzentriert. Vor der Aufarbeitung erfolgt die Zugabe eines Quantifizierungsstandards (für jede der 16 EPA Komponenten ein entsprechend deuterierter Standard). Vor der analytischen Bestimmung wird ein Wiederfindungsstandard zugegeben.

Die analytische Bestimmung erfolgt mit Hilfe der GC-MSD. Jede Verbindung wird mit zwei Isotopenmassen gemessen. Die Quantifizierung erfolgt nach der Isotopen-Verdünnungsmethode.

Die Mehrpunktkalibrierung erfolgt unter Verwendung des Kalibrierstandards der VDI 3874 [12]. Er enthält alle nativen und deuterierten PAK in genau definierten Mengen.

Verfahrenskenndaten:

Probenahmedauer:	24 Stunden
Probenahmevolumen:	ca. 65 m ³ (2,7 m ³ /h)
Nachweisgrenzen:	siehe Tabelle 4

Tabelle 4: typische Nachweisgrenzen PAK in der Außenluft

Komponente	typische Nachweisgrenze [ng/m ³]
Naphthalin	1,5
Acenaphtylen	4,4
Acenaphthen	3,6
Fluoranthren	4,4
Pyren	2,6
Phenanthren	1,5
Chrysen	0,3
Benzo(a)anthracen	0,2
Benzo(b)fluoranthren	0,4
Benzo(k)fluoranthren	0,3
Benzo(e)pyren	0,2
Benzo(a)pyren	0,2
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,2
Dibenzo(ah)anthracen	0,5
Benzo(ghi)perylene	0,2
Reten	0,1

Die in der Tabelle 4 genannten typischen Nachweisgrenzen sind abhängig von der Probenahmezeit, vom Probenahmematerial und vom Einfluss verschiedener Störkomponenten.

5. Messdurchführung

5.1 Allgemeines

Vor Beginn der Messungen wurde ein Zeitplan erstellt, der eine gleichmäßige Verteilung der Probenahmen über den Messzeitraum gewährleistete. Geringfügige Abweichungen von diesem Schema wurden in Ausnahmefällen durch technische Störungen bedingt (z.B. Stromausfall oder Geräteausfälle; diese Ausfälle sind in den Einzelwertlisten im ANHANG entsprechend gekennzeichnet).

5.2 Messablauf

Im Untersuchungszeitraum kam es an der Messstelle durch einen Geräteausfall zu einem Messausfall von 8 Tagen für den PM10-Sammler.

Die Probenahmen zur Bestimmung der Konzentration an EPA-PAK + Reten in der Außenluft wurden einmal wöchentlich an wechselnden Wochentagen über den gesamten Zeitraum durchgeführt. Es kam zu einem Messausfall im Januar 2010. Diese Probe wurde noch in der selben Woche nachgeholt.

Alle durchgeführten Beprobungstermine sowie gerätebedingte Messausfälle können den Tabellen mit den Einzelwertlisten im ANHANG entnommen werden.

5.3 Fachlich Verantwortlicher und Vertreter

Dr. Klaus Berger , Tel.-Nr. 040 /69 70 96 - 0.

Projektleiter: Dipl.-Ing. Volker Schwahn.

Es waren keine weiteren Institute an der Durchführung der Messung beteiligt.

Die Stromversorgung wurde vom Auftraggeber realisiert.

5.4 Qualitätssichernde Maßnahmen

5.4.1 Qualitätssicherung nach DIN EN ISO/IEC 17025

Um nachweisen zu können, dass ein Prüflaboratorium kompetent und in der Lage ist, fachlich fundierte und international vergleichbare Ergebnisse zu erzielen, ist eine Akkreditierung des Unternehmens nach DIN EN ISO/IEC 17025 [14] durch eine unabhängige Akkreditierungsstelle erforderlich. Die Eurofins GfA GmbH hat diese Akkreditierung nach Prüfung durch die DACH Deutsche Akkreditierungsstelle Chemie GmbH erworben.

Die allgemeinen Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien, die in der DIN EN ISO/IEC 17025 ausführlich festgelegt sind, gliedern sich in die Anforderungen an das Management und in technische Anforderungen. Beide Themenbereiche werden in unserem speziell auf die Eurofins GfA GmbH zugeschnittenen Qualitätsmanagement-Handbuch beschrieben. Als Qualitätsmanager ist in unserem Unternehmen Herr Holger Jürgensen benannt, der - unabhängig von anderen Aufgaben - die Verantwortung und Befugnis für die Umsetzung des

festgelegten Qualitätsmanagementsystems trägt und direkt der Geschäftsführung untersteht.

Weiterhin werden bei der Eurofins GfA die folgenden beispielhaft aufgeführten Anforderungen an das Management erfüllt:

- Regelungen zur Prüfung von Kundenanfragen auf fachlich qualifizierte Durchführbarkeit im Labor
- Eindeutige Regelungen zu Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten des Personals, z.B. hinsichtlich der verantwortlichen Freigabe von Analysendaten vor Bericht an den Kunden
- Regelungen zur Beschaffung von Geräten und Dienstleistungen
- Regelungen zum Umgang mit Aufzeichnungen (Dokumentation)
- Regelungen zur Rückführbarkeit von Analysenergebnissen
- Regelmäßige Durchführung von internen Audits zur Überprüfung der Umsetzung des Qualitätsmanagementsystems im Unternehmen.

Beispiele für die technischen Anforderungen sind:

- Durch Ausbildung und kontinuierliche Schulung gewährleisten wir, dass unser Personal den fachlichen Anforderungen gewachsen ist.
- Regelungen zu den verwendeten Prüfverfahren und deren Validierung. Zu diesem Themenbereich gehört das Erstellen einer Standardarbeitsanweisung ebenso wie die regelmäßige Überprüfung der Richtigkeit der Analytik durch geeignete Referenzmaterialien sowie durch die Teilnahme an unabhängigen Ringversuchen.
- die von uns eingesetzten Prüfgeräte müssen regelmäßig gewartet und ihre Funktionsfähigkeit durch Standards oder Geräte überprüft werden, die von unabhängigen Kalibrierstellen zertifiziert wurden. Alle qualitätssichernden Maßnahmen werden in Gerätebüchern dokumentiert.
- Regelungen zum Inhalt der Ergebnisberichte. Die DIN EN ISO/IEC 17025 gibt sehr detaillierte Vorgaben über den Umfang eines Prüfberichtes, wie z.B. eindeutige Nummerierung, Angabe der verwendeten Prüfmethode und Zeitraum der Prüfungsdurchführung.

Die geschilderten Beispiele sollen verdeutlichen, welche hohen Anforderungen gemäß DIN EN ISO/IEC 17025 an unser Labor gestellt werden. Unser Qualitätsmanagementsystem wird in regelmäßigen Abständen von unabhängigen Gutachtern überprüft, um einen Fortbestand der Akkreditierung zu gewährleisten.

5.4.2 Generelle Aspekte der internen analytischen Qualitätssicherung

- Im Rahmen der Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC werden alle akkreditierten Methoden in einer Standardarbeitsanweisung beschrieben und nach einem in unserem Qualitätsmanagement-Handbuch beschriebenen Ablauf validiert. Für jede dieser Methoden sind wichtige Verfahrenskenngrößen wie Nachweis- und Bestimmungsgrenze, die Präzision in Serie und die Präzision von Tag zu Tag (Wiederholbarkeit) im Rahmen der Einführung eines Verfahrens bestimmt worden.
- Parallel zu jeder Probenserie werden Referenzmaterialien analysiert. Die Analysendaten werden anhand von Kontrollkarten ausgewertet. Diese unterliegen

u.a. der Kontrolle durch unseren Qualitätsmanagementbeauftragten. Die Auswertung der Kontrollkarten erfolgt gemäß Verfahrensanweisung QM-V 25-1 unseres Qualitätsmanagementhandbuchs.

- Die Kalibrierung erfolgt mittels einer Mehrpunkt-Kalibrierung. Diese Kalibrierung wird in jeder Messsequenz durch erneutes Messen einzelner Kalibrierpunkte (Rekalibrierung) überprüft. Bei relevant abweichenden Ergebnissen wird die Kalibrierung ggf. wiederholt.
- Alle Analysendaten werden auf ihre Plausibilität überprüft.

Sämtliche Rohdaten werden langfristig auf Datenträger und auf Papier gespeichert. Im Labor werden sämtliche Aufarbeitungsschritte in einem Laborjournal festgehalten. Somit ist es möglich, auch nach längerer Zeit für jede einzelne Probe sowohl die labortechnische Aufarbeitung als auch die messtechnische Analytik im Detail nachzuvollziehen.

6. Zusammenstellung der Messergebnisse und Diskussion

Entsprechend der TA-Luft [1] sind die angegebenen Messergebnisse immer auf den jeweiligen Messpunkt bezogen. Alle Konzentrationsangaben beziehen sich auf den Zustand (Temperatur, Druck) der Luft während der Probenahme. Die im Folgenden angegebenen Mittelwerte beziehen sich auf den Untersuchungszeitraum von Oktober 2009 bis März 2010 (Halbjahreszeitraum). Zur Beachtung: Viele Immissionswerte der TA-Luft [1] beziehen sich auf einen Jahreszeitraum (sofern dort nicht anders definiert). Diese Jahresgrenzwerte sind im vorliegenden Fall nicht anwendbar, sind aber dennoch zur Orientierung angegeben.

6.1 Feinstaub (PM10)

6.1.1 Allgemeines

Für den Feinstaub ist im Allgemeinen eine regional begrenzte, homogene Hintergrundbelastung, die besonders durch austauscharme Wetterlagen und den Ferntransport von Schadstoffen beeinflusst werden kann, vorhanden. Diese wird in der Umgebung entsprechender Emittenten (z.B. Kfz-Verkehr, Feuerungsanlagen) lokal erhöht.

Der Feinstaubfraktion (PM10) des Schwebstaubes kommt besondere Bedeutung zu, da dieser Feinstaub in die menschliche Lunge eindringen und dort seine ggf. toxische Wirkung direkt entfalten kann. Die gröberen Partikelfractionen des Schwebstaubes werden dagegen bereits in den oberen Atemwegen (Nase, Rachen) zurückgehalten und können daher nicht gleichermaßen toxisch aktiv werden.

Die Ergebnisse der Feinstaubmessungen aus dem Untersuchungszeitraum sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengefasst. Alle Einzelwerte mit Angabe des Probenahmedatums und weiteren Informationen können dem Anhang entnommen werden.

6.1.2 Kenngrößen

Tabelle 5: PM10-Mittelwert und Maximalwert im Untersuchungszeitraum (Oktober 2009 bis März 2010)

Messstellen	Mittelwert des Feinstaubes (PM10) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Maximalwert des Feinstaubes (PM10) [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anzahl der Überschreitungen von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$
BR1 – Findorff	26	89	14
Immissionswert TA-Luft [1]	40	50, siehe Text	35*, siehe Text

* zulässige Überschreitungshäufigkeit

6.1.3 Bewertung

Gemäß TA-Luft [1] ist für PM10 ein Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ einzuhalten. Die PM10-Konzentration darf darüber hinaus für maximal 35 Tagesmittelwerte den Wert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten.

Im Untersuchungszeitraum wurde der Immissionswert der TA-Luft von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mit $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sicher unterschritten.

Der Immissionswert für die Feinstaubkonzentration ist damit im Halbjahreszeitraum von Oktober 2009 bis März 2010 an der Messstelle BR1 zu 65 % ausgeschöpft.

Wie aus Tabelle 5 ersichtlich wird, wurden an der Messstelle BR1 in Bremen 14 Überschreitungen des 24h Mittelwertes von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ registriert. Die zulässige Überschreitungshäufigkeit liegt bei höchstens 35 mal im Jahr (entspricht ca. 10 % der Tage eines Jahres).

In den Januarwochen 2010 fallen deutlich erhöhte Konzentrationen bei PM10 und den im Feinstaub eingebundenen Elementen As und Cd auf (s. Kapitel 6.2). Diese Erhöhung ist im norddeutschen Raum auch an anderen Messstellen aufgetreten und wird u.a. auf eine besondere Großwetterlage und ggf. damit verbundenen Schadstoffferntransport zurückgeführt.

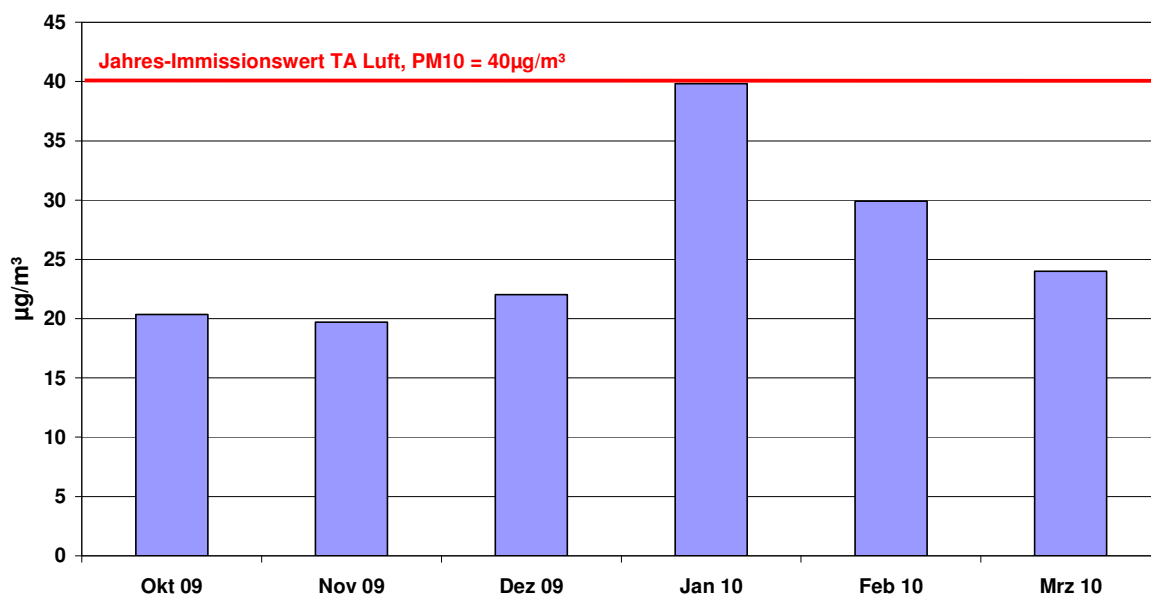


Abbildung 2: Übersicht über die Messergebnisse (Monatsmittelwerte) an **PM10** von Oktober 2009 bis März 2010

6.2 Metalle im Feinstaub (PM10)

6.2.1 Allgemeines

Aufgrund ihrer Einbindung in den Feinstaub zeigen die untersuchten Elemente eine ähnliche, relativ homogene Hintergrundbelastung, die in der Regel nur in der Nähe spezifischer Emittenten signifikante Erhöhungen erfährt. Die Einzelwerte des Untersuchungszeitraums mit allen Monatsmittelwerten, mit Angabe der Anzahl der zusammengefassten Einzelmessungen und weiteren Informationen können dem Anhang entnommen werden.

6.2.2 Kenngrößen

Gemäß der TA-Luft [1] und der 22. BImSchV [10] ist für das Blei als Bestandteil der PM10-Fraktion ein Jahresmittelwert von 500 ng/m³ einzuhalten. Für Cadmium gilt laut TA-Luft ein Jahresmittelwert von 20 ng/m³. Für Arsen ist in der 22.BImSchV [10] ein Zielwert von 6 ng/m³, für Cadmium ein Zielwert von 5 ng/m³ und für Nickel ein Zielwert von 20 ng/m³ - jeweils als Bestandteil des PM10-Staubes - über ein Kalenderjahr gemittelt festgelegt. Es handelt sich in allen Fällen bei den Beurteilungsmaßstäben um Jahresmittelwerte.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse der Untersuchungen sowie die verwendeten Bewertungskriterien zusammenfassend aufgeführt.

Tabelle 6: Mittelwerte Metalle im Untersuchungszeitraum (Oktober 2009 bis März 2010)

Messstelle	As [ng/m ³]	Cd [ng/m ³]	Ni [ng/m ³]	Pb [ng/m ³]
BR 1 - Findorff	0,73	0,49	1,6	9,5
Immissionsgrenzwerte bzw. Zielwerte 22. BImSchV [10]	6	5	20	500

6.2.3 Bewertung

Die über den Untersuchungszeitraum gemittelten Konzentrationen für As, Cd, Ni, und Pb liegen unterhalb der o.g. Grenz-, Ziel- bzw. Leitwerte. Die Messwerte für As, Cd, Ni und Pb sind – wie auch die PM 10-Konzentrationen – im städtischen Konzentrationsbereich [8] einzuordnen.

Für **Arsen** beträgt die Ausschöpfung des Zielwertes der 22.BImSchV [10] im Untersuchungszeitraum (Oktober bis März 2010) 12%. Somit ist im Untersuchungszeitraum der Zielwert der 22.BImSchV sicher unterschritten.

In der folgenden Abbildung sind die wöchentlichen Mittelwerte für Arsen in der Feinstaubfraktion (PM10) für die Messstelle dargestellt:

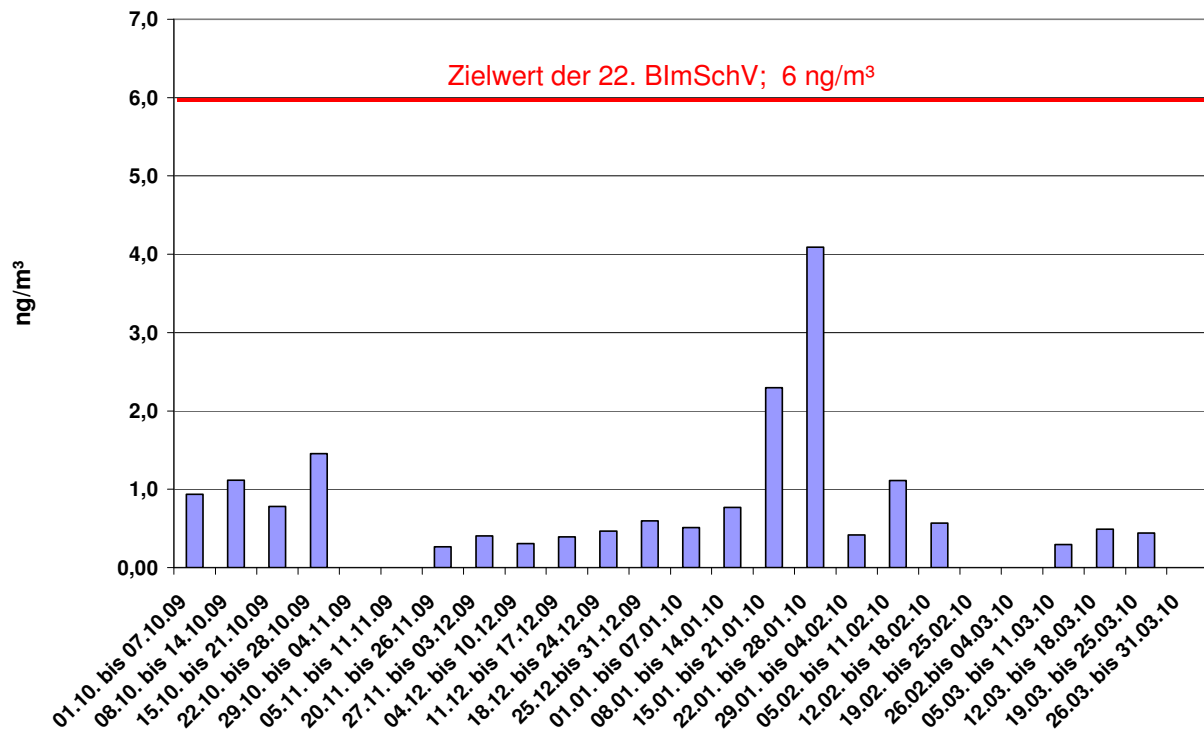


Abbildung 3: Übersicht über die Messergebnisse (Wochenmittelwerte) an **Arsen** in der Feinstaub (PM10)-Fraktion (Oktober 2009 bis März 2010)

Deutlich erkennbar ist die Mitte Januar 2010 stark ansteigende As-Konzentration, welche mit einem Anstieg der PM10-Konzentration und weiteren Schadstoffen einhergeht.

Für **Cadmium** beträgt die Ausschöpfung des Zielwertes der 22.BimSchV [10] im Untersuchungszeitraum (Oktober 2009 bis März 2010) am Messpunkt 10%. Der Zielwert wird im Untersuchungszeitraum sicher unterschritten.

In der folgenden Abbildung sind die wöchentlichen Mittelwerte für Cadmium in der Feinstaubfraktion (PM10) für die Messstelle dargestellt:

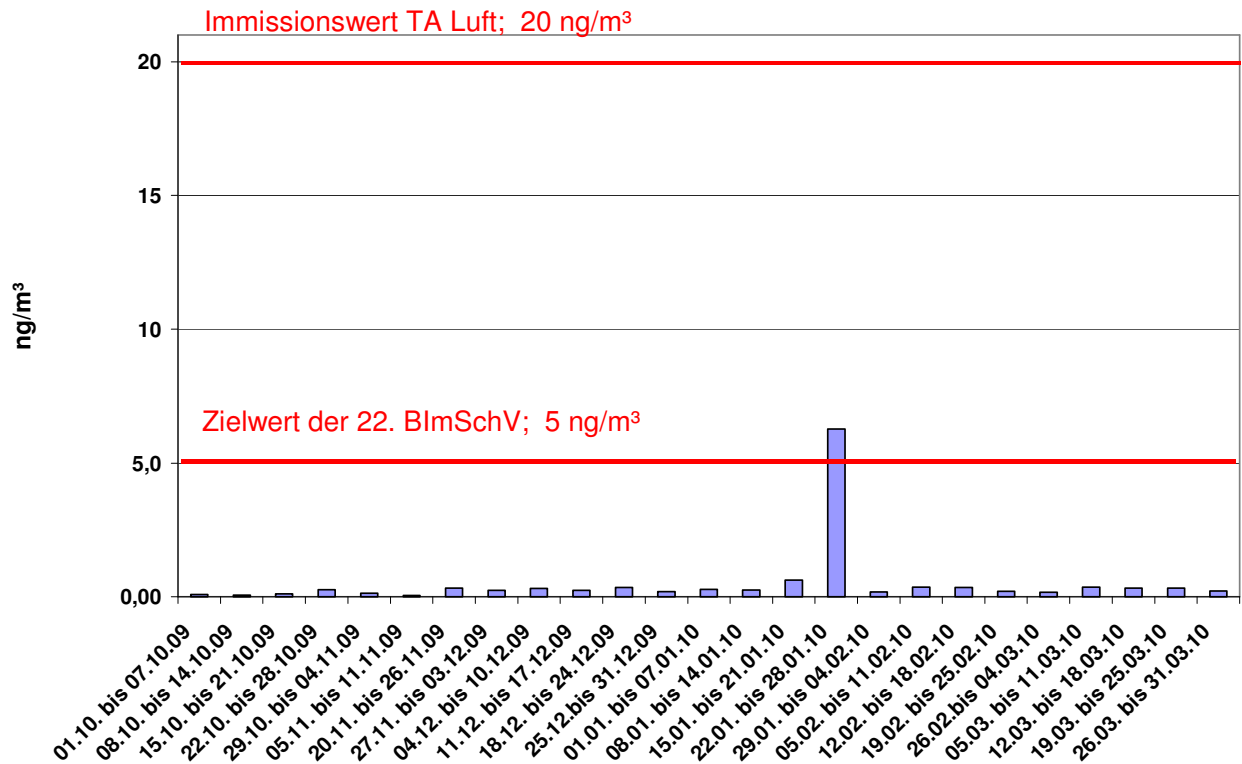


Abbildung 4: Übersicht über die Messergebnisse (Wochenmittelwerte) an **Cadmium** in der Feinstaub (PM10)-Fraktion (Oktober 2009 bis März 2010)

Auch hier ein starker Cd-Konzentrationsanstieg bis Ende Januar 2010.

Für **Nickel** wird der Zielwert der 22.BImSchV [10] an der Messstelle BR1 im Untersuchungszeitraum (Oktober 2009 bis März 2010) sicher eingehalten.

Die Ausschöpfung des Zielwertes der 22.BImSchV für Nickel liegt im Untersuchungszeitraum bei 8%.

In der folgenden Abbildung sind die wöchentlichen Mittelwerte für Nickel in der Feinstaubfraktion (PM10) für die Messstelle dargestellt:

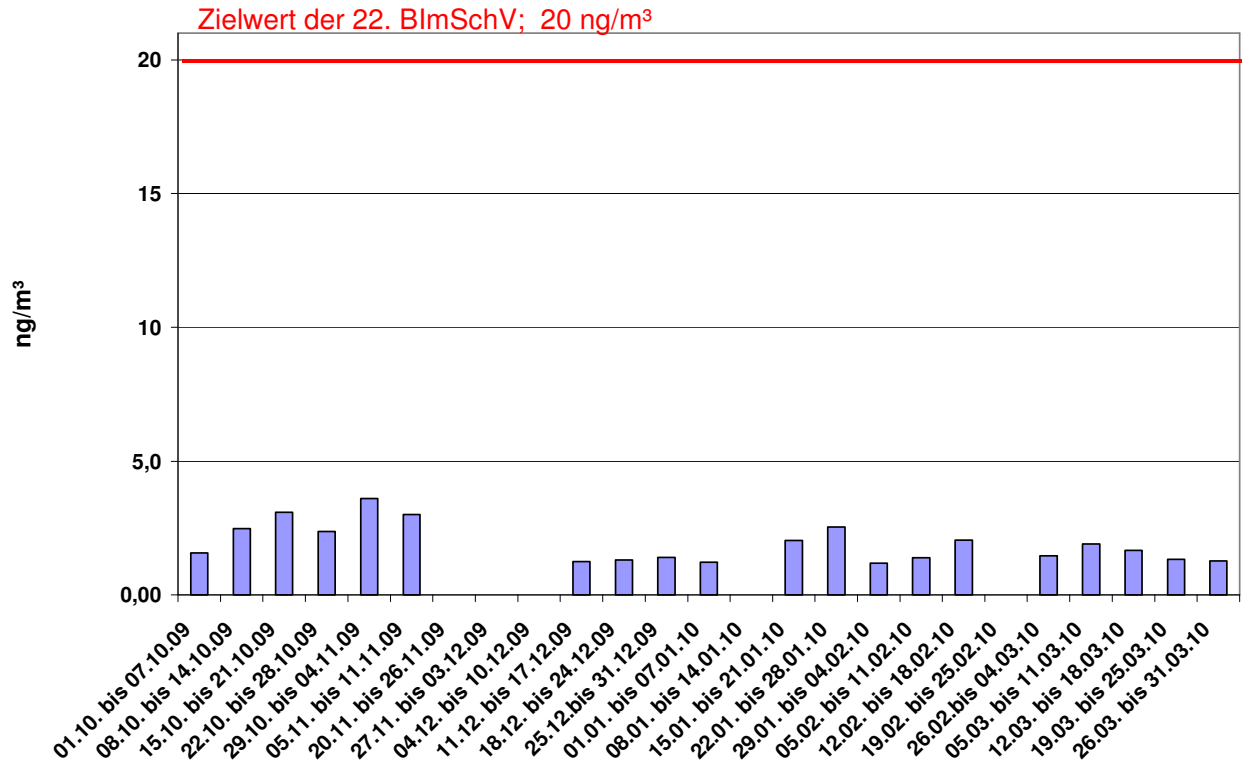


Abbildung 5: Übersicht über die Messergebnisse (Wochenmittelwerte) an **Nickel** in der Feinstaub (PM10)-Fraktion (Oktober 2009 bis März 2010)

Im Gegensatz zu Arsen und Cadmium ist die Belastung durch Nickel im Zeitraum Okt./Nov. 2009 am höchsten.

Gemäß TA-Luft und 22.BImSchV [10] ist für das **Blei** als Bestandteil der PM 10-Fraktion ein Jahresmittelwert von 500 ng/m³ einzuhalten. Die Ausschöpfung dieses Grenzwertes beträgt im Untersuchungszeitraum (Oktober 2009 bis März 2010) an der Messstelle lediglich 2%.

In der folgenden Abbildung sind die wöchentlichen Mittelwerte für Blei in der Feinstaubfraktion (PM10) für die Messstelle dargestellt:

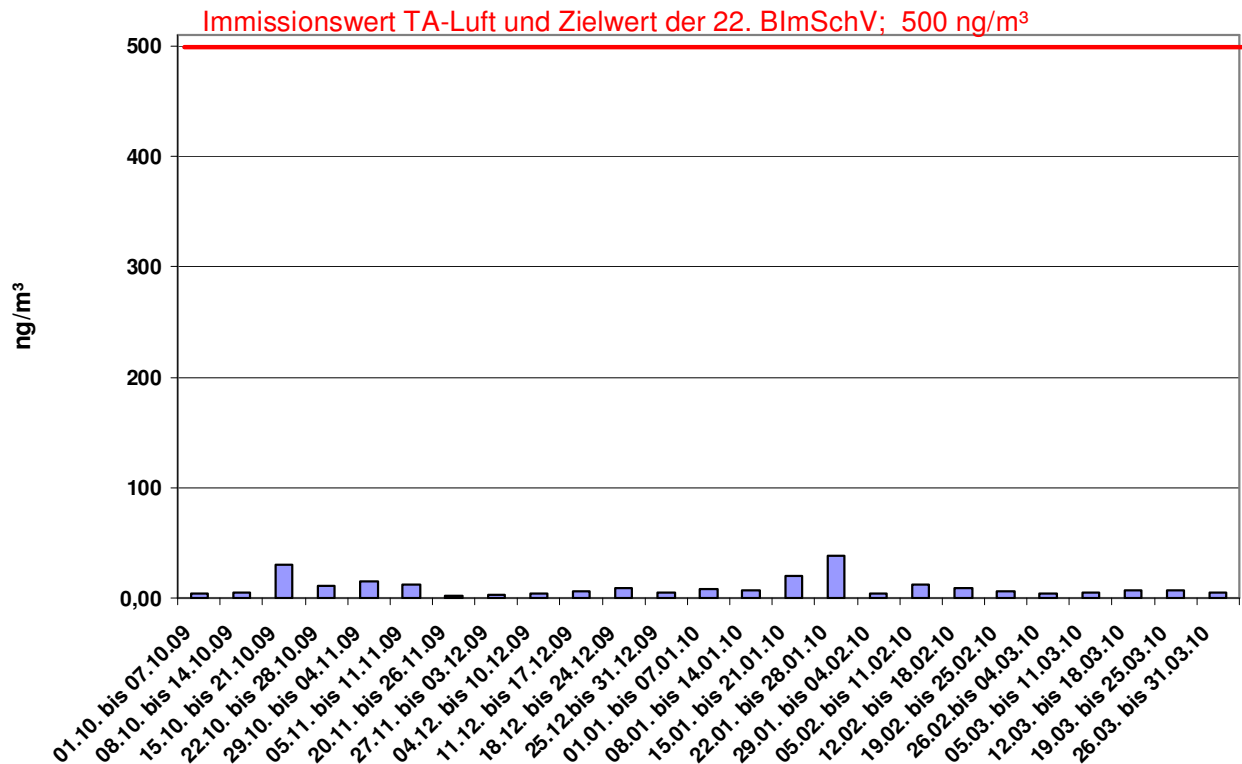


Abbildung 6: Übersicht über die Messergebnisse (Wochenmittelwerte) an **Blei** in der Feinstaub (PM10)-Fraktion (Oktober 2009 bis März 2010)

Ähnlich der PM10 – Konzentration steigt die Konzentration der eingebundenen Elemente As, Cd sowie Pb zum Ende Januar deutlich an. Für Nickel liegt das Belastungsmaximum dagegen im Okt./Nov. 2009.

6.3 Benzo(a)pyren B(a)P im Feinstaub (PM10)

6.3.1 Allgemeines

Benzo(a)pyren als „Leitkomponente“ der polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) entsteht bei unvollständigen Verbrennungsprozessen. Einige PAK und darunter auch das B(a)P sind in der Atmosphäre größtenteils an Ruß- bzw. Staubpartikeln adsorbiert.

Aufgrund der Einbindung in den Feinstaub zeigt B(a)P in der Regel eine relativ homogene Hintergrundbelastung, die nur in der Nähe spezifischer Emittenten signifikante Erhöhungen erfährt.

6.3.2 Kenngrößen

Tabelle 7: Mittelwert von B(a)P im Feinstaub (PM10) über einen Betrachtungszeitraum von jeweils einer Woche bei min. bzw. max. Belastung durch PM10

Messstelle	Untersuchungszeitraum	Mittelwert PM 10 [µg/m³]	Mittelwert B(a)P [ng/m³]
BR1 - Findorff	27.11.2009 – 03.12.2009	14	0,51
	22.01.2010 – 28.01.2010	65	2,93
Zielwert 22. BImSchV [10]			1

Seit Verabschiedung der 4. Tochterrichtlinie [14] gilt für BaP ein EU-Zielwert (Jahresmittelwert) von 1 ng/m³. Dieser Zielwert der EU ist nach Ziffer 4.2.1 als Immissionswert in die TA-Luft [1] zu übernehmen. Auch in der 22.BImSchV [10] wurde der o.g. Zielwert für B(a)P im Feinstaub (PM10) festgelegt.

6.3.3 Bewertung

Der Mittelwert der B(a)P-Konzentration ist in der Januarwoche knapp sechsmal höher im Vergleich zur ausgewählten Woche im November. Die PM10-Konzentrationen der beiden Wochen weisen mit dem Faktor 4,6 ein ähnliches, aber etwas kleineres Verhältnis auf, dh. die BaP-Konzentration nimmt gegen über der PM10-Konz. überproportional zu.

Dieser Anstieg der Konzentration des BaP im Feinstaub in der kälteren Jahreszeit kann als ein Indiz für den gesteigerten Einsatz von Einzelfeuerstätten gewertet werden.

In der Abbildung 8 ist die Konzentration des an den Feinstaub gebundenen B(a)P in den beiden untersuchten Wochen dargestellt.

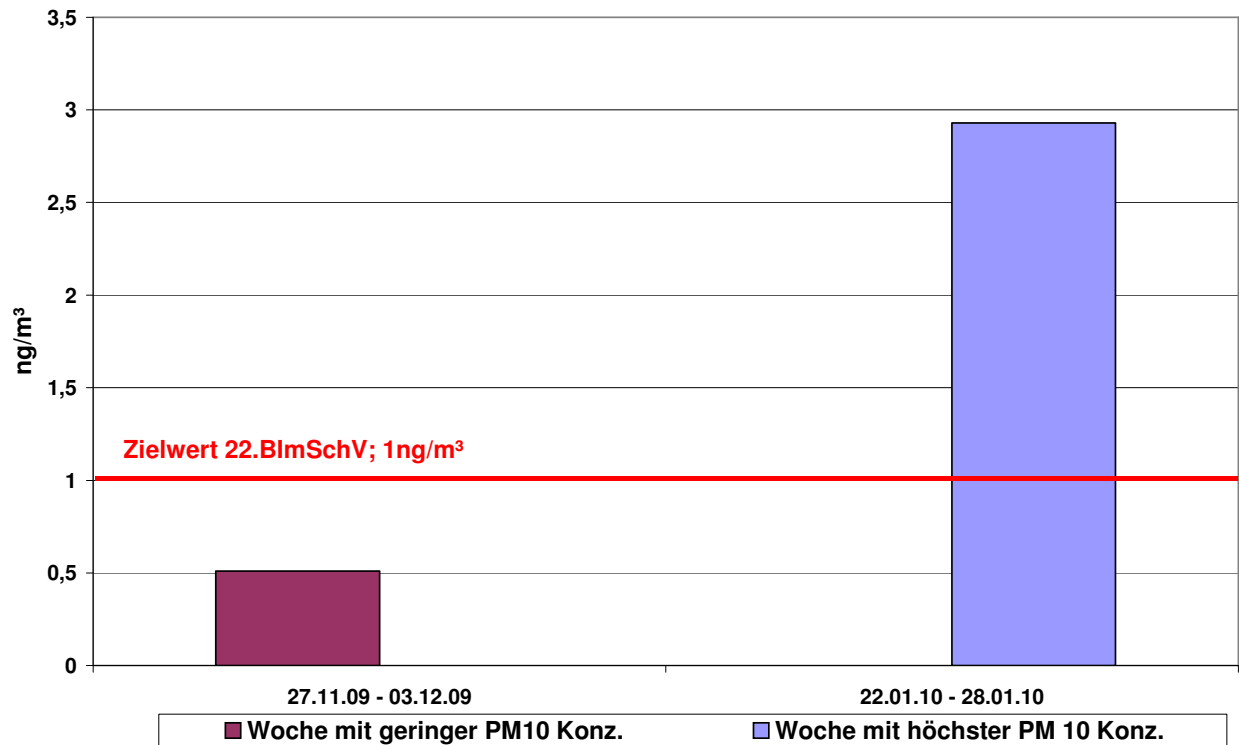


Abbildung 7: **B(a)P** Konzentration im Feinstaub (PM10)

6.4 EPA PAK sowie Reten

6.4.1 Gesamter Messzeitraum

In dem sechsmonatigen Messzeitraum wurden insgesamt 26 Messungen durchgeführt.

Bei der Benzo[a]pyren-Konzentration lag das Mittel über dem Messzeitraum bei 0,36 ng/m³. Damit ist der Immissionswert der TA-Luft von 1 ng/m³ im Untersuchungszeitraum zu 36% ausgeschöpft und sicher für den Messzeitraum von sechs Monaten unterschritten.

Die Ergebnisse aus dem Messzeitraum vom 01. Oktober bis 31. März 2010 sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Tabelle 9: Zusammenfassung Ergebnisse Oktober 2009 bis März 2010

	Anzahl der Messwerte	Median	Mittelwert	Standardabweichung	rel. Standardabweichung	Minimalwert	Maximalwert	Nachweisgrenze
PM10	174	22 µg/m ³	26 µg/m ³	16 µg/m ³	59%	3 µg/m ³	89 µg/m ³	2 µg/m ³
Summe EPA-PAK	26	38,44 ng/m ³	55,67 ng/m ³	61,06 ng/m ³	110%	16,52 ng/m ³	336,63 ng/m ³	
Benzo(a)pyren	26	0,50 ng/m ³	0,36 ng/m ³	0,88 ng/m ³	246%	0,23 ng/m ³	4,52 ng/m ³	0,20 ng/m ³
Reten	26	0,60 ng/m ³	0,77 ng/m ³	0,67 ng/m ³	86%	0,16 ng/m ³	3,57 ng/m ³	0,10 ng/m ³

Während der Messkampagne im Winterhalbjahr von Oktober 2009 bis März 2010 betrug die Durchschnittstemperatur 3,5 °C und das Mittel der relativen Luftfeuchte lag bei 83,9%. Die meteorologische Situation im Untersuchungszeitraum lässt sich in drei Perioden einteilen (Abbildung 8). Eine erste wärmere Periode vom 01. Oktober bis zum 12. Dezember, eine kalte Periode vom 13. Dezember bis zum 17. Februar und eine anschließend wieder wärmere Phase vom 18. Februar bis zum 31. März. Die Ergebnisse der einzelnen Perioden sind in den Tabellen 10 bis 12 zusammengefasst.

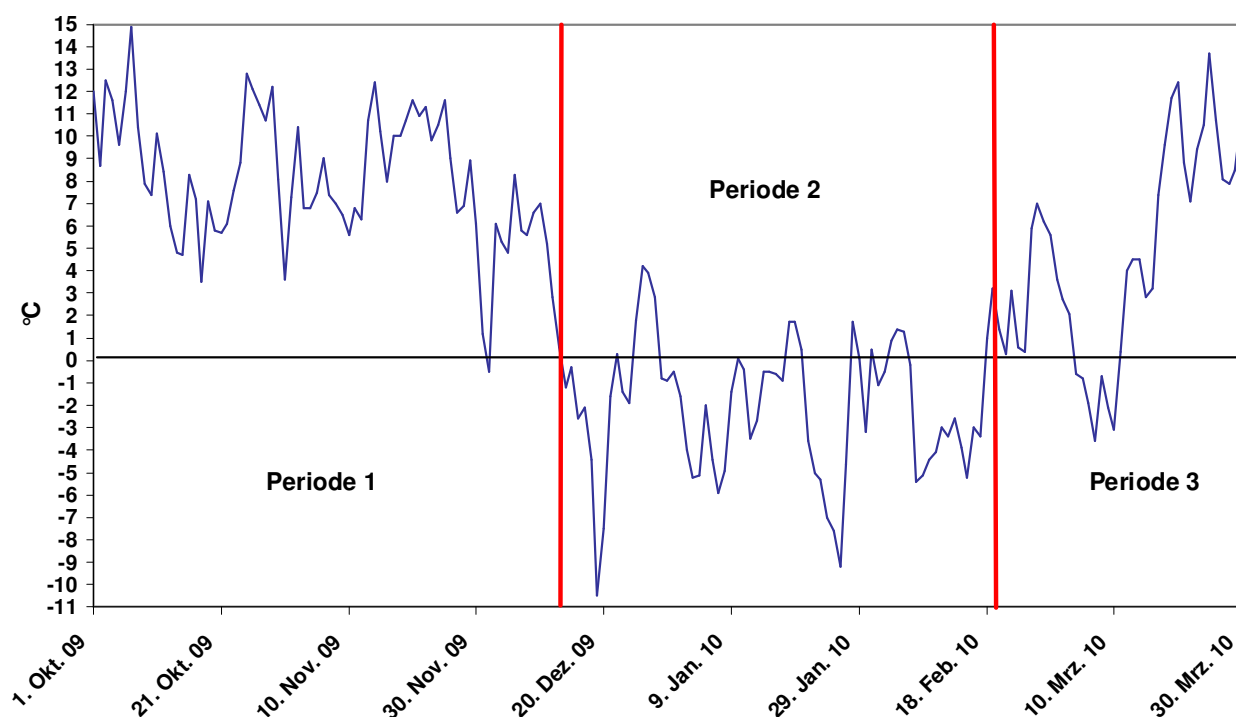


Abbildung 8: Temperaturverlauf Oktober bis März, unterteilt in 3 Perioden

In der ersten (warmen) Periode lag die Temperatur im Mittel bei 8,1°C und der Wind kam überwiegend aus südwestlicher Richtung. In diesen Messzeitraum wurden 10 PAK-Messungen durchgeführt.

Tabelle 10: Zusammenfassung Ergebnisse Periode 1

	Anzahl der Messwerte	Median	Mittelwert	Standardabweichung	rel. Standardabweichung	Minimalwert	Maximalwert	Nachweisgrenze
PM10	65	17 µg/m³	20 µg/m³	10 µg/m³	50%	3 µg/m³	51 µg/m³	2 µg/m³
Summe EPA-PAK	10	32,73 ng/m³	33,95 ng/m³	11,67 ng/m³	34%	16,52 ng/m³	54,81 ng/m³	
Benzo(a)pyren	10	0,32 ng/m³	<0,2 ng/m³	-	-	0,23 ng/m³	0,50 ng/m³	0,20 ng/m³
Reten	10	0,51 ng/m³	0,58 ng/m³	0,35 ng/m³	60%	0,16 ng/m³	1,18 ng/m³	0,10 ng/m³

In die zweite (kalte) Periode fielen 11 PAK-Messungen. Es wurde eine Durchschnittstemperatur von -2,2°C gemessen und der Wind kam überwiegend aus südöstlicher Richtung. Während dieser kalten Phase wurden am 24. Januar die Maximalwerte im gesamten Untersuchungszeitraum gemessen.

Tabelle 11: Zusammenfassung Ergebnisse Periode 2

	Anzahl der Messwerte	Median	Mittelwert	Standardabweichung	rel. Standardabweichung	Minimalwert	Maximalwert	Nachweisgrenze
PM10	67	29 µg/m³	34 µg/m³	18 µg/m³	55%	6 µg/m³	89 µg/m³	2 µg/m³
Summe EPA-PAK	11	60,84 ng/m³	87,74 ng/m³	84,91 ng/m³	97%	33,19 ng/m³	336,63 ng/m³	
Benzo(a)pyren	11	0,50 ng/m³	0,72 ng/m³	1,37 ng/m³	190%	0,27 ng/m³	4,52 ng/m³	0,20 ng/m³
Reten	11	0,73 ng/m³	1,08 ng/m³	0,90 ng/m³	84%	0,43 ng/m³	3,57 ng/m³	0,10 ng/m³

In der kürzeren dritten (warmen) Periode wurden fünf Messungen der PAKs in der Außenluft durchgeführt.

Die Temperatur betrug im Mittel 4,6 °C und der Wind kam überwiegend aus westlicher Richtung. Die B(a)P-Messwerte lagen alle unterhalb der Nachweisgrenze.

Tabelle 12: Zusammenfassung Ergebnisse Periode 3

	Anzahl der Messwerte	Median	Mittelwert	Standardabweichung	rel. Standardabweichung	Minimalwert	Maximalwert	Nachweisgrenze
PM10	42	22 µg/m³	24 µg/m³	13 µg/m³	52%	8 µg/m³	68 µg/m³	2 µg/m³
Summe EPA-PAK	5	28,72 ng/m³	28,56 ng/m³	7,15 ng/m³	25%	21,46 ng/m³	38,59 ng/m³	
Benzo(a)pyren	5	<0,2 ng/m³	<0,2 ng/m³	-	-	<0,2 ng/m³	<0,2 ng/m³	0,20 ng/m³
Reten	5	0,52 ng/m³	0,49 ng/m³	0,11 ng/m³	23%	0,35 ng/m³	0,60 ng/m³	0,10 ng/m³

In den Abbildungen 9 bis 11 sind die Messwerte der PAK-Messungen über den gesamten Untersuchungszeitraum zusammen mit dem Temperaturverlauf dargestellt

Hinweis zur graphischen Darstellung (Abb. 9-11):

- Temperatur: dargestellt als durchgezogene Kurve, Skala rechts.
- Konzentration der PAK dargestellt als farbiger Balken, Skala links.

Die einzelnen Perioden werden im folgenden Abschnitt miteinander verglichen.

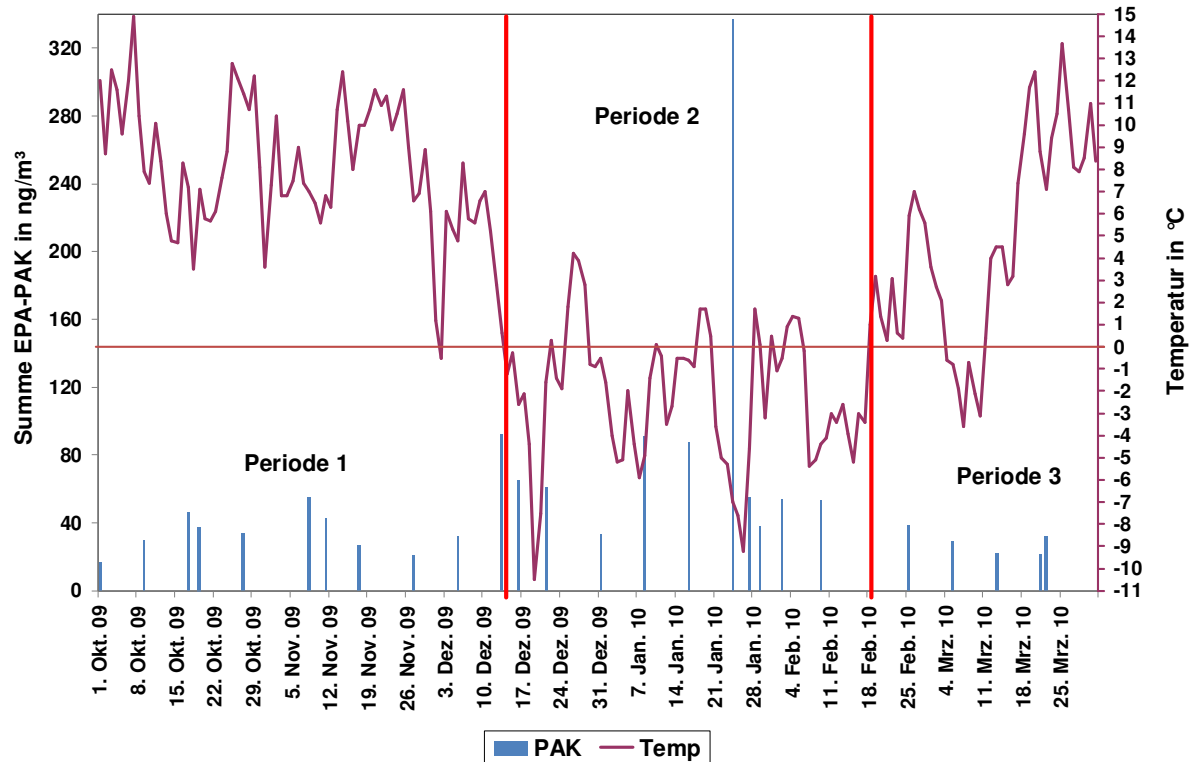


Abbildung 9: **Summe EPA-PAK** im Untersuchungszeitraum

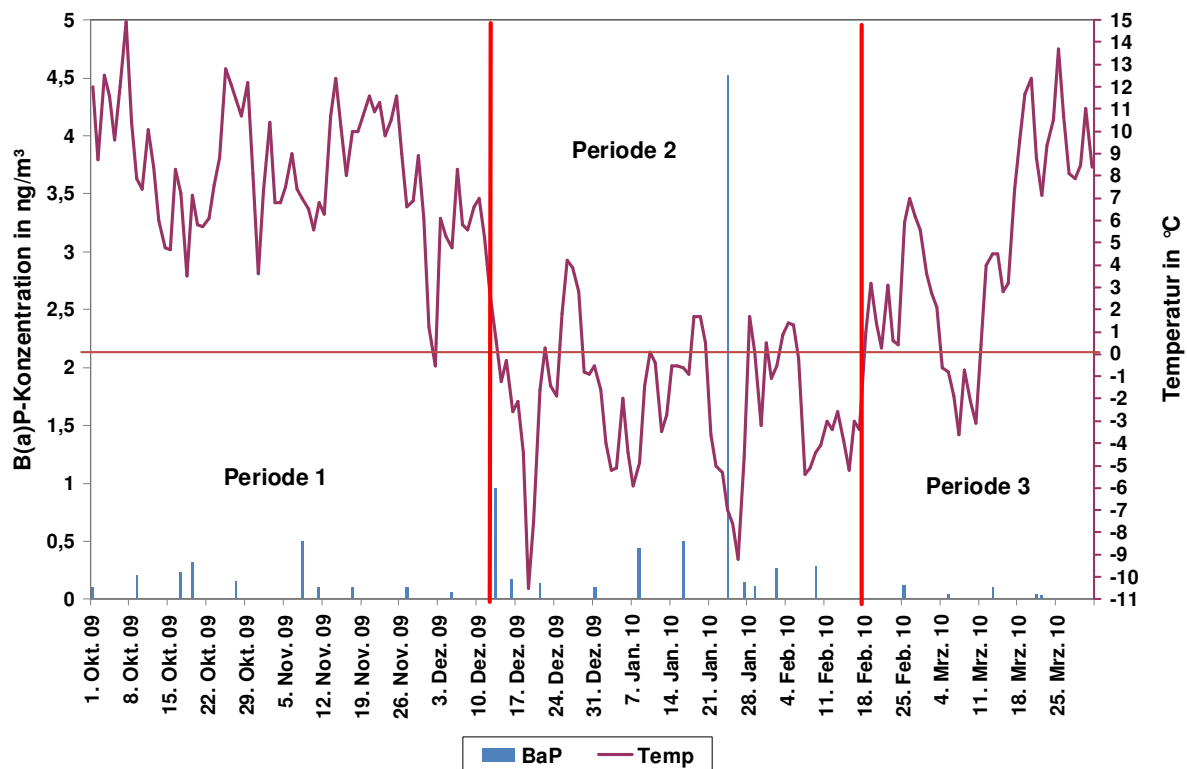


Abbildung 10: **Benzo(a)pyren**-Konzentration im Untersuchungszeitraum

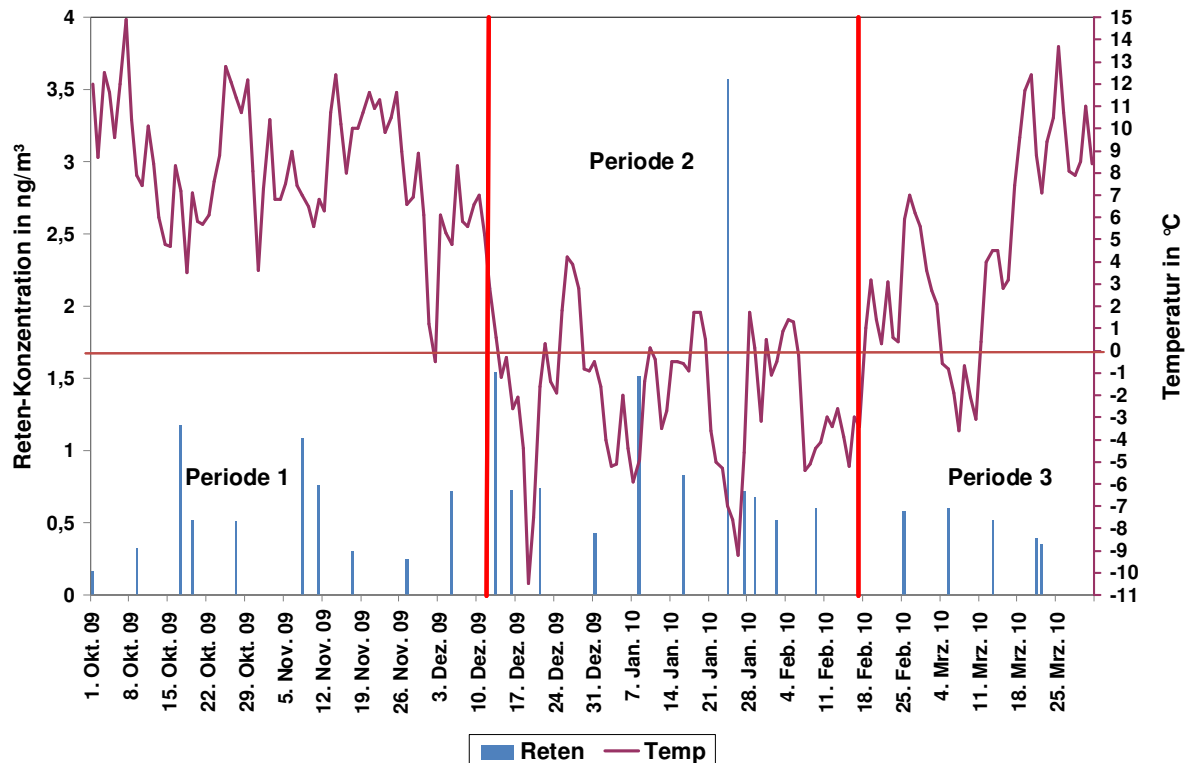


Abbildung 11: **Reten**-Konzentration im Untersuchungszeitraum

6.4.2 Vergleich der einzelnen Perioden

Aufgrund der geringen mittleren Temperatur von $-2,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ist während der zweiten Periode mit einem erhöhten Einsatz von Einzelfeuerstätten zu rechnen. Die Ergebnisse der Messungen scheinen diese Annahme zu bestätigen.

Für diesen 2. Zeitraum zeigen die Feinstaub- und Benzo(a)pyren-Konzentrationen sowie die Konzentration der Summe der EPA-PAK einen signifikanten Anstieg. Die Feinstaubkonzentration ist auf das 1,5-fache gestiegen und die Konzentration der EPA-PAK auf das 2,8-fache. Die Konzentration des für die Holzverbrennung typischen Tracers Reten ist in der kalten Periode (13.12.09 – 17.02.10) auf das Doppelte im Vergleich zu den warmen Perioden gestiegen. Eine Gegenüberstellung der Reten-Konzentrationen der einzelnen Perioden ist in Abbildung 12 zu sehen.

Für eine Beurteilung des Einflusses der Holzfeuerung muss jedoch auch die Windrichtung während der einzelnen Perioden berücksichtigt werden. Während der wärmeren Perioden kam der Wind überwiegend aus westlicher Richtung, dahingegen während der kalten Periode aus östlicher Richtung. Die veränderte Windrichtung kann auch eine Ursache für einen veränderten, zusätzlichen Schadstoffeintrag sein. Dieser Einfluss kann aufgrund des Fehlens von Vergleichsdaten anderer, von der Holzfeuerung unbeeinflusster Messstellen hier nicht quantifiziert werden.

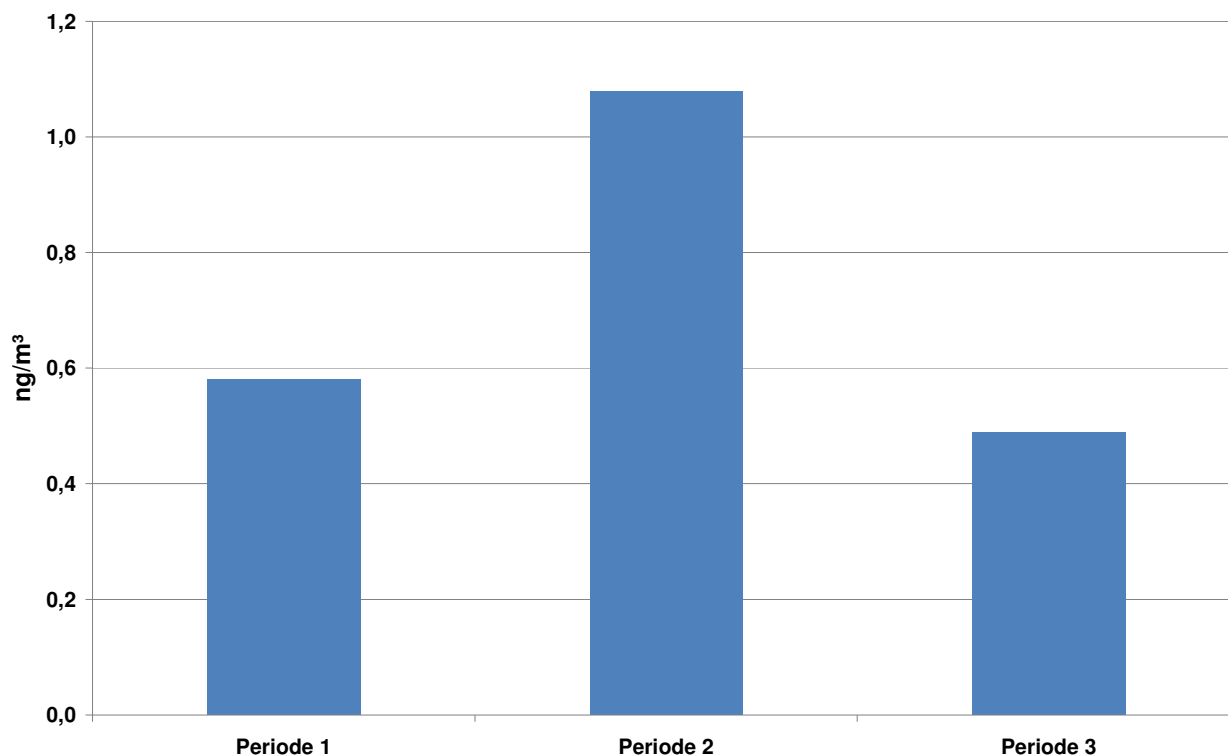


Abbildung 12: Vergleich **Retenkonzentration** in den 3 Perioden

Vergleichbare Untersuchungen von PAK in der Außenluft ggf. unter Berücksichtigung der Einflüsse der Holzfeuerung auf die Luftqualität wurden vom staatlichen Umweltamt Itzehoe bzw. der Universität Stuttgart durchgeführt.

In einer orientierenden Messung des staatlichen Umweltamtes Itzehoe wurden in den Monaten Februar und März 2007 an drei Standorten Feinstaub sowie PAK-Messungen durchgeführt [18]. Hier wurde die Messstelle Bornhöved als „ländlicher Hintergrund“, die Messstelle Hochschulstadtteil Lübeck als „städtischer Hintergrund“ und die Messstelle Lübeck-Große Burgstraße als „verkehrsorientiert“ eingestuft [18]. Die dortigen Untersuchungsergebnisse sind den Ergebnissen dieser Messungen in Tabelle 13 gegenübergestellt.

Im Verlauf einer süddeutschen Studie wurden im Winterhalbjahr von November 2005 bis März 2006 in Süddeutschland PAK-Messungen in der Außenluft in einem ländlichen Gebiet durchgeführt [15]. Im Gebiet um die Messstelle in Dettenhausen werden viele Holzfeuerungsstätten zur Beheizung der Wohnhäuser betrieben [15].

Die Ergebnisse der Untersuchungen an der Messstelle in Bremen liegen im Mittel bei den Feinstaubkonzentrationen im Bereich der ermittelten Werte des Umweltamtes Itzehoe. Der Mittelwert der kalten Periode (13.12.09 – 17.02.10) ist mit $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auffällig erhöht. Bei den Ergebnissen der gesamten EPA-PAK sind die Werte der wärmeren Perioden im Bereich der vergleichbaren Studien. Der Wert der kalten Periode ist

wiederum auffällig gegenüber den Ergebnissen der anderen Studien. Die Benzo[a]pyren-Konzentration an der Messstelle in Bremen liegt im Mittel mit 0,4 ng/m³ im Bereich der Ergebnisse des Umweltamtes Itzehoe. Das Ergebnis der Messstelle Dettenhausen ist mit 1,6 ng/m³ um das 2,3-fache höher als das Mittel der kalten Periode an der Messstelle in Bremen.

Tabelle 13: Mittelwerte der Perioden und des gesamten Messzeitraumes

Datum	Temperatur °C	PM10 µg/m ³	PAK ng/m ³	B[a]P ng/m ³	Reten ng/m ³
01.10.09 – 12.12.09	8,1	20	34,0	0,3	0,6
13.12.09 – 17.02.10	-2,2	34	87,7	0,7	1,1
18.02.10 – 31.03.10	4,6	24	28,6	0,1	0,5
01.10.09 – 31.03.10	3,5	26	56	0,4	0,8
Bornhöved*		23	28	0,2	
Lübeck Gr. Burgstraße*		26	32	0,3	
Lübeck Hochschulstadtteil*		29	37	0,2	
Dettenhausen**			23	1,6	0,7

* Februar bis März 2007 [18]

** November 2005 bis März 2006[15]

Der Tracer Reten wurde bei der Studie in Süddeutschland ebenfalls separat betrachtet. Der Mittelwert im Winterhalbjahr von November 2005 bis März 2006 in Dettenhausen liegt mit 0,7 ng/m³ im Bereich des in Bremen ermittelten Wertes von 0,8 ng/m³.

Die Mittelwerte über die Perioden und die Ergebnisse der vergleichbaren Studien sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Korrelationsdiagramme zwischen der PM10- und der Reten-Konzentration ($R^2=0,56$) und der PM10- und der B[a]P-Konzentration ($R^2=0,67$) sind in den Abbildungen 13 und 14 dargestellt.

Auch die anderen für Weichholz typischen PAK (Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-cd)perylen, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(b)fluoranthren) sind in der kalten zweiten Periode in höheren Konzentrationen als im restlichen Zeitraum gemessen worden.

Die für Hartholz typischen PAK (Chrysen, Benz(a)anthracen) zeigen einen ähnlichen Verlauf.

In Abbildung 15 sind die Messwerte ausgewählter PAK in einem Diagramm dargestellt.

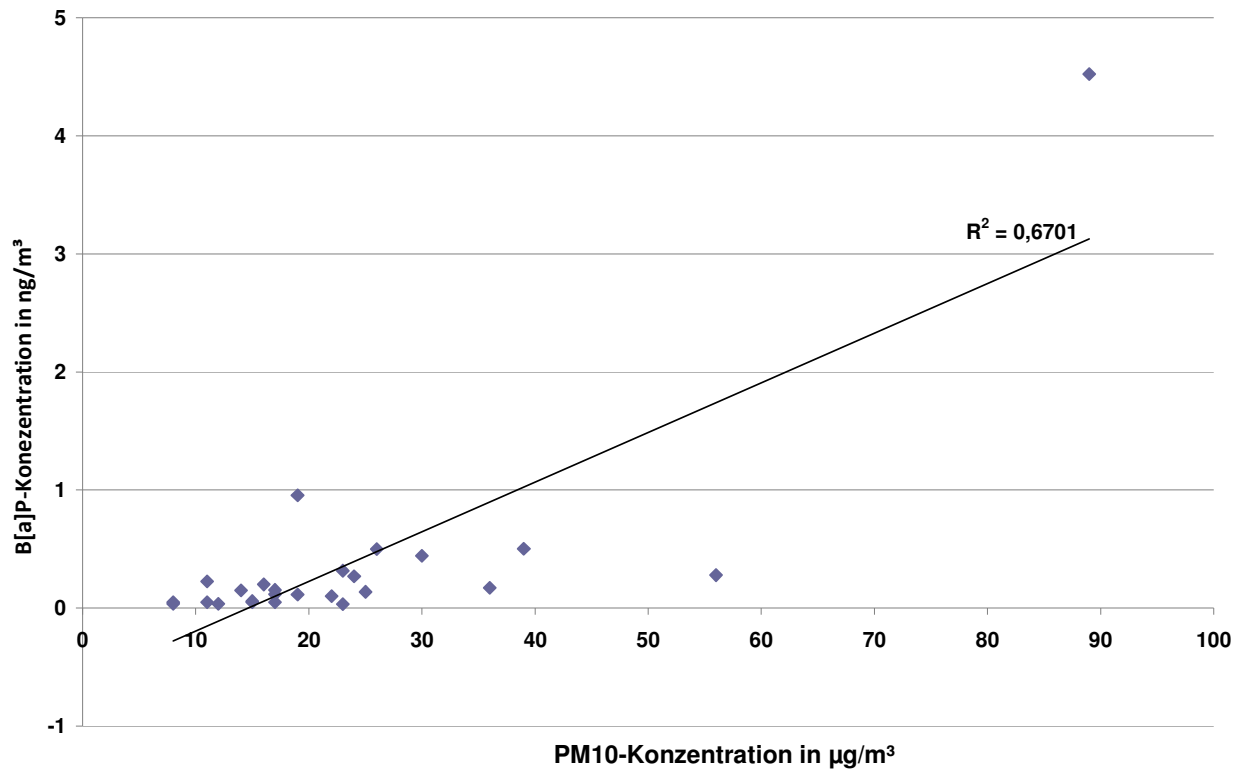


Abbildung 13: Korrelation PM10- und B(a)P-Konzentration

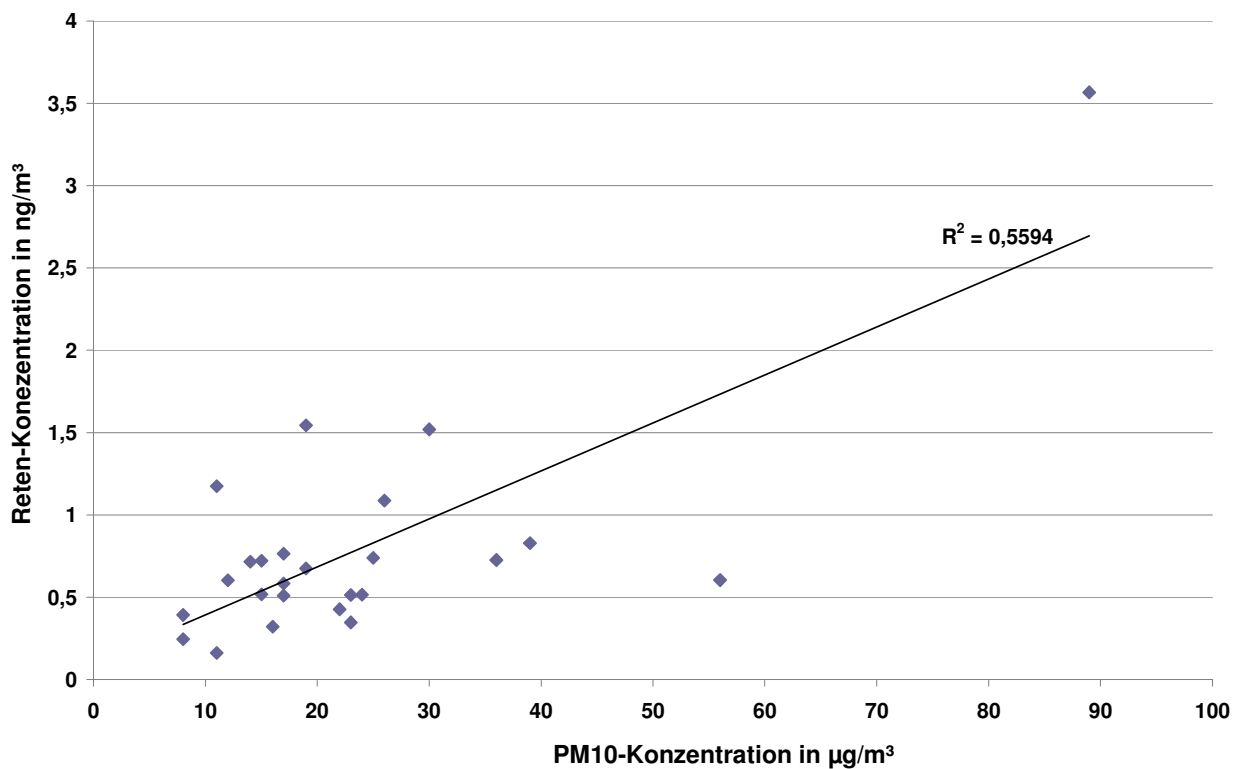


Abbildung 14: Korrelation PM10- und Retenkonzentration

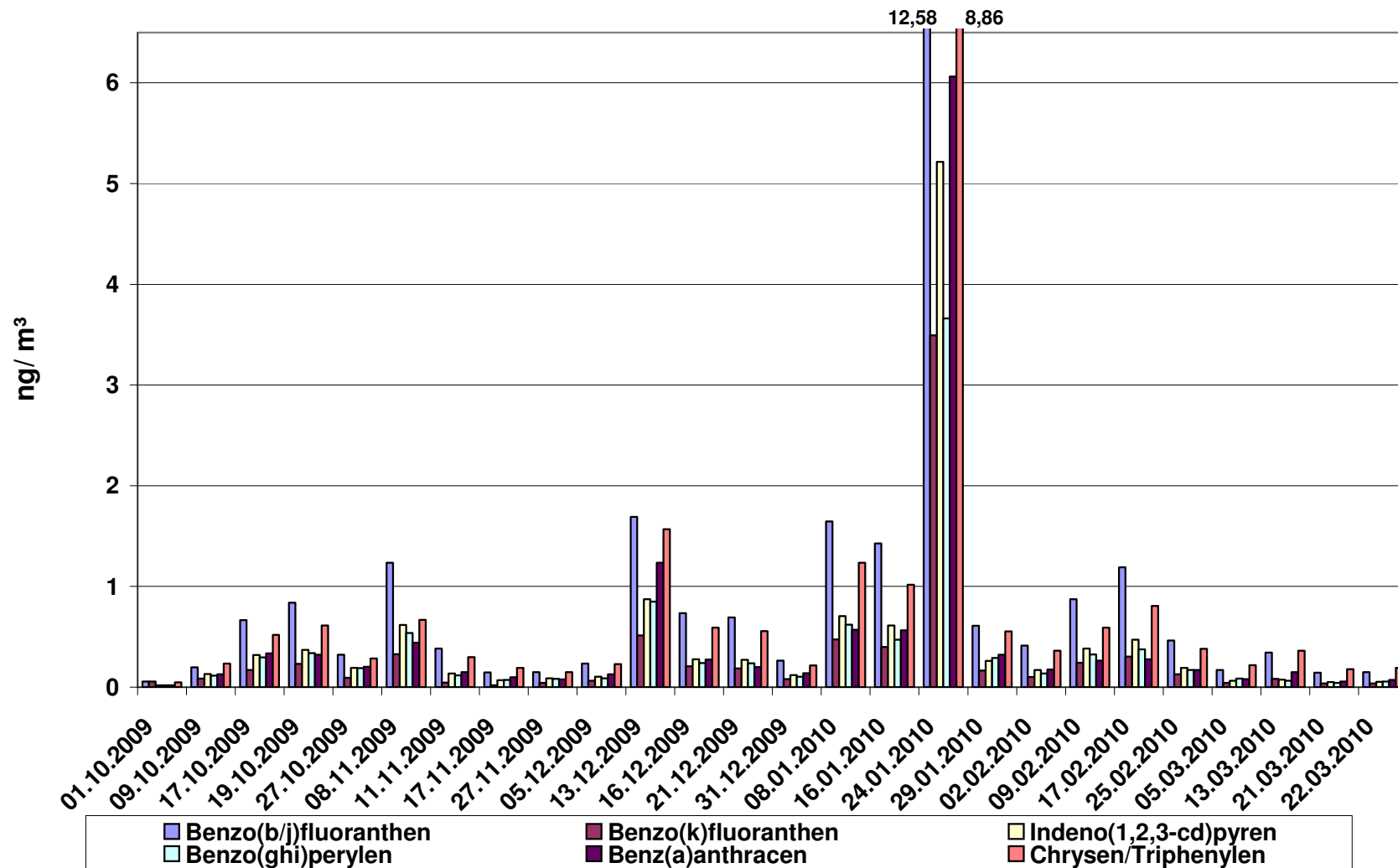


Abbildung 15: Messwerte ausgewählter PAK Oktober 2009 bis März 2010

6.4.3 Bestimmung des Einflusses der Holzfeuerung anhand von Verhältniszahlen quellspezifischer PAK

Eine Alternative zu den quellspezifischen PAK zur Bestimmung der unterschiedlichen Quellen ist eine Verhältnisbildung aus ausgewählten PAK [19]. Für die Unterscheidung von Einflüssen aus Biomassen- bzw. Erdölverbrennungen kann das Verhältnis aus Fluoranthen zu Fluoranthen plus Pyren (Flu/Flu+Pyr) und das Verhältnis Indeno(1,2,3-cd)pyren zu Indeno(1,2,3-cd)pyren plus Benzo(ghi)perylene (IcdP/IcdP+BghiP) gebildet werden [20].

Für die Verbrennung von Erdöl sind Werte von 0,4 bis 0,5 typisch für das Verhältnis Flu/Flu+Pyr, höhere Werte hingegen für die Biomasseverbrennung [20]. Bei dem IcdP/IcdP+BghiP-Verhältnis liegen die erdöltypischen Werte zwischen 0,2 und 0,5. Höhere Werte sind wiederum typisch für Biomasseverbrennung [20].

Die Quotienten liegen für Flu/Flu+Pyr (Abbildung 16) zwischen den Werten 0,53 und 0,67. Bei IcdP/IcdP+BghiP (Abbildung 17) liegen die ermittelten Verhältnisse im Bereich von 0,43 bis 0,59. Die berechneten Mediane für Flu/Flu+Pyr und IcdP/IcdP+BghiP von 0,61 bzw. 0,53 entsprechen Werten, die typisch für Biomassenverbrennung sind.

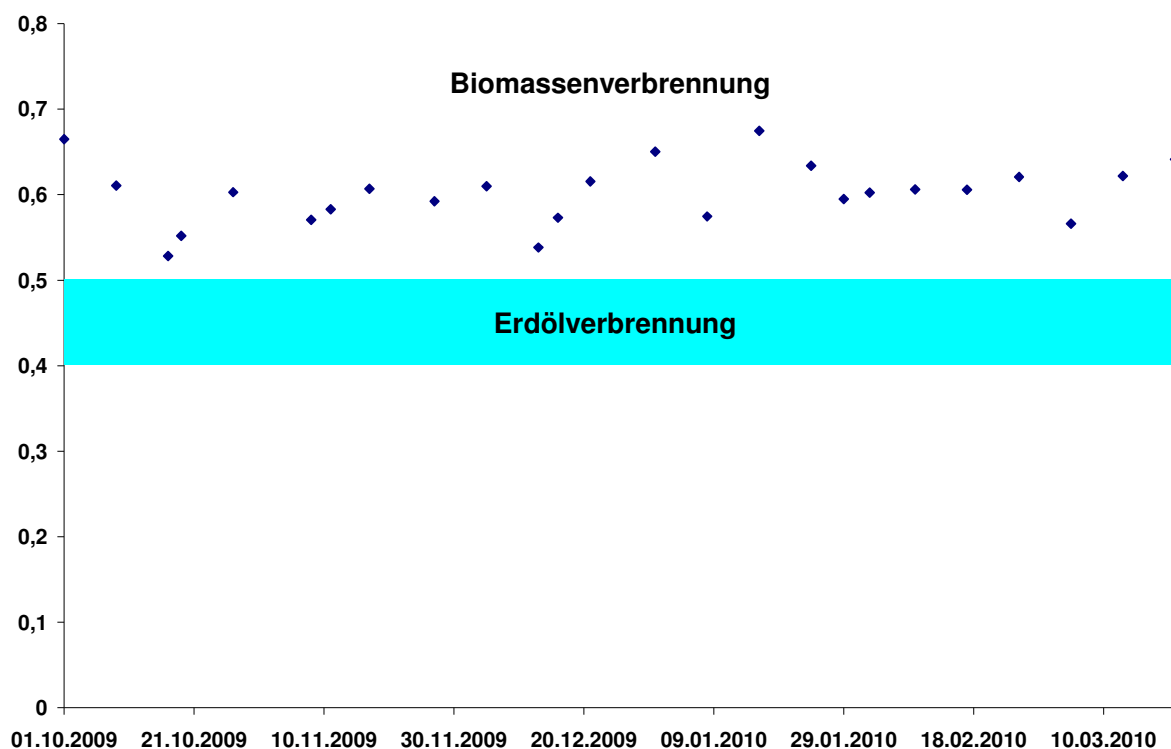


Abbildung 16: Verhältnis Fluoranthen zu Fluoranthen+Pyren (Flu/Flu+Pyr) im Untersuchungszeitraum

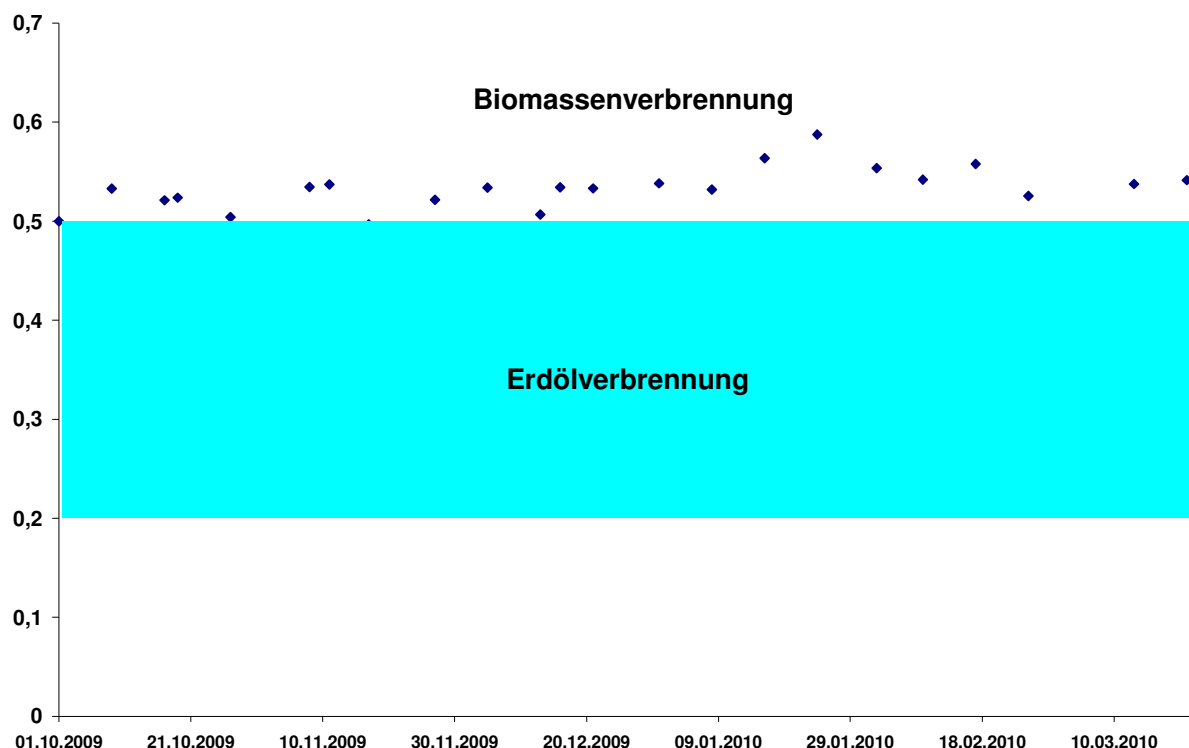


Abbildung 17: Verhältnis Indeno(1,2,3-cd)pyren zu Indeno(1,2,3-cd)pyren + Benzo(ghi)perylene (IcdP/IcdP+BghiP) im Untersuchungszeitraum

In einer Studie in Schweden wurden Werte von 0,54 für Flu/Flu+Pyr und 0,56 für IcdP/IcdP+BghiP in der Außenluft festgestellt [19].

Eine Zusammenstellung der einzelnen Mediane ist in Tabelle 14 aufgeführt.

Tabelle 14: Mediane Verhältnisse Flu/Flu+Pyr und IcdP/IcdP+BghiP

Datum	Flu/Flu+Pyr	IcdP/IcdP+BghiP
01.10.09 – 12.12.09	0,59	0,52
13.12.09 – 17.02.10	0,61	0,54
18.02.10 – 31.03.10	0,61	0,53
01.10.09 – 31.03.10	0,61	0,53
Hagfors (Schweden)*	0,54	0,56
typische Werte**:		
Erdölverbrennung	0,4 – 0,5	0,2 – 0,5
Biomassenverbrennung	>0,5	>0,5

* Februar bis März 2003 [19]

** [20]

6.4.4 Bewertung

Die Ergebnisse aus dem Vergleich der drei unterschiedlichen Perioden und auch die Bestimmung der Biomassenanteile aus der Verhältnisbildung zeigen deutlich einen Einfluss der Holzfeuerung auf die Luftqualität. Es ist naheliegend, die Verursachung in den im Untersuchungsgebiet vorhandenen Einzelfeuerungsstätten zu sehen.

Ein Einfluss durch z.B. Schadstoffferntransport aus anderen Regionen kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, da insbesondere im Zeitraum Januar eine besonders hohe PM10-Belastung auch großräumig in anderen Untersuchungsgebieten in Norddeutschland festgestellt wurde. Untersuchungen an anderen Messorten während dieses Zeitraumes zu den interessierenden Parametern (PAK) liegen uns (noch) nicht vor, könnten das hier ermittelte Ergebnis jedoch absichern helfen.

Eine Zusammenfassung aller Untersuchungsergebnisse ist diesem Bericht in Kapitel 2 vorangestellt.

Eurofins GfA GmbH

Dipl.-Ing. Volker Schwahn
(Projektleiter)

Dr. K. Berger
(fachlich Verantwortlicher)

Hamburg, den 31.05.2010

7. Bibliographie

- [1] Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundesimmissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft - TA-Luft) v. 24.07.2002.
- [2] Bericht des LAI „Bewertung von Schadstoffen, für die keine Immissionswerte festgelegt sind“ von September 2004.
- [3] VDI-Handbuch zur Reinhaltung der Luft; Beuth-Verlag, Berlin
- [4] DIN EN 15549; Luftbeschaffenheit – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo(a)pyren in Luft; Deutsche Fassung EN 15549:2008
- [5] DIN EN 12341; Ermittlung der PM10-Fraktion von Schwebstaub. Referenzmethode und Feldprüfverfahren zum Nachweis der Gleichwertigkeit von Messverfahren und Referenzmethode. März 1999. Beuth-Verlag, Berlin.
- [6] DIN ISO 12884; Bestimmung der Summe gasförmiger und partikelgebundener polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe, Probenahme auf Filtern mit nachgeschalteten Sorbenzien und anschließender gaschromatographischer / massenspektrometrischer Analyse (ISO 12884:2000)
- [7] DIN EN 14902 Außenluftbeschaffenheit, standardisiertes Verfahren zur Bestimmung von Pb, Cd, As und Ni als Bestandteil der PM10-Fraktion des Schwebstaubes. Beuth-Verlag, Berlin 2005.
- [8] VDI 2267 Blätter zur VDI-Richtlinie 2267: Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft. Beuth-Verlag, Berlin.
- [9] VDI 2268 Blätter zur VDI-Richtlinie 2268: Stoffbestimmung an Partikeln in der Außenluft. Beuth-Verlag, Berlin.
- [10] Zweiundzwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes. (Verordnung über Immissionswerte für Schadstoffe in der Luft) vom Februar 2007.
- [11] Wetter und Klima - Deutscher Wetterdienst -- Klimadaten. [Online] [Zitat vom: 5. April 2010.] <http://www.dwd.de/>
- [12] VDI 3874 Messen von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAH) GC/MS Verfahren
- [13] Richtlinie 2004/107/EG des europäischen Parlamentes und des Rates über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft; vom 15.12.2004 („4.Tochterrichtlinie“).
- [14] DIN EN ISO/IEC 17025 Allgemeine Anforderungen an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien (DIN EN ISO/IEC 17025: 1999)
- [15] Bari, Md Aynul, et al. Particle-phase concentrations of polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air of rural residential areals in southern Germany. Air Qual Atmos Health, Januar 2010
- [16] Herrmann, H., et al. A source study of PM in Saxony by size-segregated characterisation. Journal of Atmospheric Chemistry. 2006

- [17] Plewka, Antje. Untersuchungen zum Anteil mittelflüchtiger organischer Verbindungen im urbanen troposphärischen Aerosol. s.l. : Universität Leipzig, 2001
- [18] Lehmhaus, Joachim, et al. Orientierende Messungen von Feinstaub (PM10) und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) Februar - April 2007. Itzehoe : s.n., 2007
- [19] Gustafson, Pernilla. Exposure to some carcinogenic compounds in air with special reference to wood smoke. Göteborg : Institute of Medicine at Sahlgrenska Academy University of Gotheburg, 2009
- [20] Yunker, M.B., et al. PAHs in the Fraser River basin: a critical appraisal of PAH. Organic Geochemistry. 2002

8. Anhänge

8.1 Tabellen aller Einzelwerte

8.2 Meteorologische Daten

8.3 Diagramme Meteorologie

8.4 Umgebungskarten und Fotos

8.1 Tabellen aller Einzelwerte

8.1.1 Feinstaub PM10

Immissionsmessung

66010-011

Oktober 09

BR1

Findorff

Parameter: Feinstaub PM10

GfA-SOP: PI-600 und AC-027

Probenahmezeit immer 0 bis 24 Uhr.

lfd. Nr.	Messtag	Filter Nr.	Volumen m ³	Feinstaub (PM 10) µg/m ³	Bemerkung
1.	01.10.09	P 453	55,1	11	
2.	02.10.09	P 454	55,1	7	
3.	03.10.09	P 455	55,1	22	
4.	04.10.09	P 456	55,1	16	
5.	05.10.09	P 457	55,1	16	
6.	06.10.09	P 458	55,1	20	
7.	07.10.09	P 459	55,1	11	
8.	08.10.09	P 460	55,1	13	
9.	09.10.09	P 461	55,1	16	
10.	10.10.09	P 462	55,1	15	
11.	11.10.09	P 463	55,1	23	
12.	12.10.09	P 464	55,1	12	
13.	13.10.09	P 465	55,1	20	
14.	14.10.09	P 466	55,1	<4	
15.	15.10.09	P 467	55,1	9	
16.	16.10.09	P 509	55,1	14	
17.	17.10.09	P 510	55,1	11	
18.	18.10.09	P 511	55,1	13	
19.	19.10.09	P 512	55,1	23	
20.	20.10.09	P 513	55,1	21	
21.	21.10.09	P 514	55,1	36	
22.	22.10.09	P 515	55,1	42	
23.	23.10.09	P 516	55,1	37	
24.	24.10.09	P 517	55,1	41	
25.	25.10.09	P 518	55,1	22	
26.	26.10.09	P 519	55,1	21	
27.	27.10.09	P 520	55,1	17	
28.	28.10.09	P 521	55,1	26	
29.	29.10.09	P 522	55,1	51	
30.	30.10.09	P 633	55,1	22	
31.	31.10.09	P 634	55,1	31	
Mittelwert:				20	

Immissionsmessung

66010-011

November 09

BR1

Findorff

Parameter: Feinstaub PM10

GfA-SOP: PI-600 und AC-027

Probenahmezeit immer 0 bis 24 Uhr.

lfd. Nr.	Messtag	Filter Nr.	Volumen m ³	Feinstaub (PM 10) µg/m ³	Bemerkung
32.	01.11.09	P635	55,1	44	
33.	02.11.09	P636	55,1	32	
34.	03.11.09	P637	55,1	33	
35.	04.11.09	P638	55,1	22	
36.	05.11.09	P566	55,1	10	
37.	06.11.09	P567	55,1	25	
38.	07.11.09	P568	55,1	15	
39.	08.11.09	P569	55,1	26	
40.	09.11.09	P570	55,1	27	
41.	10.11.09	P571	55,1	11	
42.	11.11.09	P572	55,1	17	
43.	12.11.09	P573			Geräteausfall 12-19.11.09
44.	13.11.09	P574			Geräteausfall 12-19.11.09
45.	14.11.09	P586			Geräteausfall 12-19.11.09
46.	15.11.09	P587			Geräteausfall 12-19.11.09
47.	16.11.09	P584			Geräteausfall 12-19.11.09
48.	17.11.09	P603			Geräteausfall 12-19.11.09
49.	18.11.09	P604			Geräteausfall 12-19.11.09
50.	19.11.09	P605			Geräteausfall 12-19.11.09
51.	20.11.09	P587	55,2	20	
52.	21.11.09	P584	55,1	34	
53.	22.11.09	P603	55,1	17	
54.	23.11.09	P604	55,1	21	
55.	24.11.09	P605	55,1	23	
56.	25.11.09	P606	55,1	11	
57.	26.11.09	P607	55,1	13	
58.	27.11.09	P608	55,1	8	
59.	28.11.09	P609	55,1	8	
60.	29.11.09	P610	55,1	7	
61.	30.11.09	P611	24,8	10	gelaufen bis ca. 11:20 Uhr
Mittelwert:				20	

Immissionsmessung

66010-011

Dezember 09

BR1

Findorff

Parameter: Feinstaub PM10

GfA-SOP: PI-600 und AC-027

Probenahmezeit immer 0 bis 24 Uhr.

lfd. Nr.	Messtag	Filter Nr.	Volumen m ³	Feinstaub (PM 10) µg/m ³	Bemerkung
62.	01.12.09	P783	55,1	20	
63.	02.12.09	P784	55,1	27	
64.	03.12.09	P785	55,1	16	
65.	04.12.09	P786	55,1	15	
66.	05.12.09	P 743	55,1	15	
67.	06.12.09	P 744	55,1	10	
68.	07.12.09	P745	55,1	19	
69.	08.12.09	P 746	55,1	28	
70.	09.12.09	P 747	55,1	32	
71.	10.12.09	P 748	55,1	15	
72.	11.12.09	P 749	55,1	16	
73.	12.12.09	P 750	55,1	7	
74.	13.12.09	P 751	55,1	19	
75.	14.12.09	P752	55,1	22	
76.	15.12.09	P 753	55,1	31	
77.	16.12.09	P 833	55,1	36	
78.	17.12.09	P 834	55,1	32	
79.	18.12.09	P 835	55,1	14	
80.	19.12.09	P 836	55,1	27	
81.	20.12.09	P 837	55,1	31	
82.	21.12.09	P 838	55,1	25	
83.	22.12.09	P 839	55,1	29	
84.	23.12.09	P 840	55,1	40	
85.	24.12.09	P 841	55,1	28	
86.	25.12.09	P 842	55,1	12	
87.	26.12.09	P 793	55,1	19	
88.	27.12.09	P 794	55,1	16	
89.	28.12.09	P 795	55,1	18	
90.	29.12.09	P 796	55,1	18	
91.	30.12.09	P 798	55,1	21	
92.	31.12.09	P 797	55,1	22	
Mittelwert:				22	

Immissionsmessung

66010-011

Januar 10

BR1

Findorff

Parameter: Feinstaub PM10

GfA-SOP: PI-600 und AC-027

Probenahmezeit immer 0 bis 24 Uhr.

lfd. Nr.	Messtag	Filter Nr.	Volumen m ³	Feinstaub (PM 10) µg/m ³	Bemerkung
93.	01.01.10	P 906	55,1	59	
94.	02.01.10	P 907	55,1	20	
95.	03.01.10	P 908	55,1	23	
96.	04.01.10	P 909	55,1	28	
97.	05.01.10	P 910	55,1	35	
98.	06.01.10	P 911	55,1	39	
99.	07.01.10	P 912	55,1	51	
100.	08.01.10	P 913	55,1	30	
101.	09.01.10	P 914	55,1	10	
102.	10.01.10	P 915	55,1	6	
103.	11.01.10	P 916	55,1	10	
104.	12.01.10	P 917	55,1	32	
105.	13.01.10	P 918	55,1	40	
106.	14.01.10	P 919	55,1	41	
107.	15.01.10	P 920	55,1	66	
108.	16.01.10	10-IS-87	55,1	39	
109.	17.01.10	10-IS-88	55,1	42	
110.	18.01.10	10-IS-89	55,1	31	
111.	19.01.10	10-IS-90	55,1	25	
112.	20.01.10	10-IS-91	55,1	46	
113.	21.01.10	10-IS-92	55,1	47	
114.	22.01.10	10-IS-93	55,1	54	
115.	23.01.10	10-IS-94	55,1	62	
116.	24.01.10	10-IS-95	55,1	89	
117.	25.01.10	10-IS-96	55,1	80	
118.	26.01.10	10-IS-97	55,1	87	
119.	27.01.10	10-IS-98	55,1	61	
120.	28.01.10	10-IS-1	55,1	20	
121.	29.01.10	10-IS-2	55,1	14	
122.	30.01.10	10-IS-3	55,1	26	
123.	31.01.10	10-IS-4	55,1	22	
Mittelwert:				40	

Immissionsmessung

66010-011

Februar 10

BR1

Findorff

Parameter: Feinstaub PM10

GfA-SOP: PI-600 und AC-027

Probenahmezeit immer 0 bis 24 Uhr.

lfd. Nr.	Messtag	Filter Nr.	Volumen m ³	Feinstaub (PM 10) µg/m ³	Bemerkung
124.	01.02.10	10-IS-150	55,1	25	
125.	02.02.10	10-IS-151	55,1	19	
126.	03.02.10	10-IS-152	55,1	16	
127.	04.02.10	10-IS-153	55,1	38	
128.	05.02.10	10-IS-154	55,1	37	
129.	06.02.10	10-IS-155	55,1	67	
130.	07.02.10	10-IS-156	55,1	50	
131.	08.02.10	10-IS-157	55,1	32	
132.	09.02.10	10-IS-158	55,1	24	
133.	10.02.10	10-IS-159	55,1	26	
134.	11.02.10	10-IS-160	55,1	20	
135.	12.02.10	10-IS-161	55,1	19	
136.	13.02.10	10-IS-162	55,1	14	
137.	14.02.10	10-IS-184	55,1	27	
138.	15.02.10	10-IS-185	55,1	39	
139.	16.02.10	10-IS-188	55,1	49	
140.	17.02.10	10-IS-186	55,1	56	
141.	18.02.10	10-IS-268	55,1	68	
142.	19.02.10	10-IS-269	55,1	30	
143.	20.02.10	10-IS-270	55,1	27	
144.	21.02.10	10-IS-271	55,1	29	
145.	22.02.10	10-IS-272	55,1	19	
146.	23.02.10	10-IS-273	55,1	26	
147.	24.02.10	10-IS-274	55,1	25	
148.	25.02.10	10-IS-275	55,1	17	
149.	26.02.10	10-IS-276	55,1	13	
150.	27.02.10	10-IS-277	55,1	17	
151.	28.02.10	10-IS-278	55,1	8	
Mittelwert:				30	

Immissionsmessung

66010-011

März 10

BR1

Findorff

Parameter: Feinstaub PM10

GfA-SOP: PI-600 und AC-027

Probenahmezeit immer 0 bis 24 Uhr.

lfd. Nr.	Messtag	Filter Nr.	Volumen m³	Feinstaub (PM 10) µg/m³	Bemerkung
152.	01.03.10	10-IS-279	55,1	11	
153.	02.03.10	10-IS-280	55,1	19	
154.	03.03.10	10-IS-281	55,1	18	
155.	04.03.10	10-IS-438	55,1	23	
156.	05.03.10	10-IS-439	55,1	12	
157.	06.03.10	10-IS-440	55,1	9	
158.	07.03.10	10-IS-441	55,1	19	
159.	08.03.10	10-IS-442	55,1	22	
160.	09.03.10	10-IS-443	55,1	45	
161.	10.03.10	10-IS-444	55,1	40	
162.	11.03.10	10-IS-445	55,1	43	
163.	12.03.10	10-IS-446	55,1	23	
164.	13.03.10	10-IS-447	55,1	15	
165.	14.03.10	10-IS-418	55,1	15	
166.	15.03.10	10-IS-419	55,1	14	
167.	16.03.10	10-IS-420	55,1	19	
168.	17.03.10	10-IS-421	55,1	37	
169.	18.03.10	10-IS-468	55,1	48	
170.	19.03.10	10-IS-469	55,1	35	
171.	20.03.10	10-IS-470	55,1	16	
172.	21.03.10	10-IS-471	55,1	8	
173.	22.03.10	10-IS-472	55,1	23	
174.	23.03.10	10-IS-473	55,1	24	
175.	24.03.10	10-IS-474	55,1	41	
176.	25.03.10	10-IS-475	55,1	46	
177.	26.03.10	10-IS-476	55,1	23	
178.	27.03.10	10-IS-477	55,1	22	
179.	28.03.10	10-IS-478	55,1	21	
180.	29.03.10	10-IS-479	55,1	24	
181.	30.03.10	10-IS-480	55,1	17	
182.	31.03.10	10-IS-481	55,1	11	
Mittelwert:				24	

8.1.2 Metalle im Feinstaub PM10

Immissionsmessung

66010 - 011

BR1

Findorff

Parameter: Metalle im Feinstaub

SOP: PI-600 und AC-027

Probenahmezeit immer 0 bis 24 Uhr.

lfd. Nr.	Woche	Anzahl Filter	Labor Nr.	Wochenmittelwert ng/m ³				Bemerkung
				As	Cd	Ni	Pb	
1.	01.10. bis 07.10.09	7	9G9088.1	0,93	0,09	1,6	3,5	
2.	08.10. bis 14.10.09	7	9G9088.3	1,1	0,06	2,5	4,7	
3.	15.10. bis 21.10.09	7	9G9769.1	0,78	0,11	3,1	30	
4.	22.10. bis 28.10.09	7	9G9769.3	1,5	0,27	2,4	11	
5.	29.10. bis 04.11.09	7	9G10680.1	<0,2	0,13	3,6	15	
6.	05.11. bis 11.11.09	7	9G10680.3	<0,2	0,05	3,0	13	
7.	20.11. bis 26.11.09	7	9G11535.1	0,26	0,33	<1	2,4	
8.	27.11. bis 03.12.09	7	9G11535.3	0,41	0,25	<1	2,9	
9.	04.12. bis 10.12.09	7	9G11535.5	0,30	0,31	<1	3,5	
10.	11.12. bis 17.12.09	7	10G492.1	0,39	0,24	1,2	6,1	
11.	18.12. bis 24.12.09	7	10G492.6	0,47	0,35	1,3	9,2	
12.	25.12. bis 31.12.09	7	10G1043.1	0,60	0,19	1,4	5,3	
13.	01.01. bis 07.01.10	7	10G1043.3	0,51	0,29	1,2	7,8	
14.	08.01. bis 14.01.10	7	10G1043.5	0,77	0,26	<1	6,5	
15.	15.01. bis 21.01.10	7	10G1832.1	2,3	0,63	2,0	20	auch hohe PM10-Belastung!
16.	22.01. bis 28.01.10	7	10G1832.3	4,1	6,3	2,5	38	auch hohe PM10-Belastung!
17.	29.01. bis 04.02.10	7	10G2233.1	0,42	0,19	1,2	3,9	
18.	05.02. bis 11.02.10	7	10G2233.3	1,1	0,36	1,4	12	
19.	12.02. bis 18.02.10	7	10G2430.1	0,56	0,35	2,0	9,4	
20.	19.02. bis 25.02.10	7	10G2430.3	<0,2	0,21	<1	6,0	
21.	26.02. bis 04.03.10	7	10G3589.1	<0,2	0,17	1,5	3,6	
22.	05.03. bis 11.03.10	7	10G3589.3	0,30	0,36	1,9	5,4	
23.	12.03. bis 18.03.10	7	10G3589.5	0,49	0,32	1,7	7,0	
24.	19.03. bis 25.03.10	7	10G3589.7	0,44	0,33	1,3	6,9	
25.	26.03. bis 31.03.10	7	10G3589.9	<0,2	0,22	1,3	4,6	
Mittelwert:				0,73	0,49	1,6	9,5	

Bei Werten mit "<" liegen die jeweiligen Konzentrationen teilweise unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze. Alle Messwerte unterhalb dieser Grenzen gehen mit dem halben positiven Betrag der jeweiligen Grenze in die Mittelwertbestimmung ein.

8.1.3 Benzo(a)pyren im Feinstaub

Immissionsmessung					66010-011	Probenahme: Benzo(a)pyren GfA-SOP: PI-600, OC-250 Probenahmezeit immer 0 Uhr bis 24 Uhr.
BR 1		Findorff				
lfd. Nr.	Woche	Anzahl Filter	Probenahme- volumen m ³	Labor Nr.	Wochenmittelwert Benzo(a)pyren ng/m ³	Bemerkung
1.	27.11.09 - 03.12.09	7	355,4	10G3874.1	0,51	Woche mit geringster PM 10 Konzentration
2.	22.01.10 - 28.01.10	7	385,8	10G3874.2	2,93	Woche mit höchster PM 10 Konzentration

8.1.4 Einzelwerttabellen PAK

8.1.4.1 Monatsübersicht

PAK in der Außenluft

Oktober 2009

Messstelle: BR1 - Findroff

in ng/m³

Messzeitraum:		01.10.2009	09.10.2009	17.10.2009	19.10.2009	27.10.2009
PAK	Naphthalin	<3,0	5,26	13,40	9,06	6,08
	Acenaphthylen	<4,4	<4,4	<8,8	<4,4	<8,8
	Acenaphthen	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6
	Fluoren	2,95	4,48	3,42	4,95	4,43
	Phenanthren	6,85	10,03	10,11	8,85	9,74
	Reten	<0,2	0,32	1,17	0,51	0,51
	Anthracen	0,29	0,69	1,26	0,64	0,78
	Fluoranthren	<4,4	<4,4	<4,4	<4,4	<4,4
	Pyren	<2,6	<2,6	<5,2	<2,6	<2,6
	Benz(a)anthracen	<0,2	<0,2	<0,4	<0,4	<0,4
	Chrysen/Triphenylen	<0,3	<0,3	<0,6	0,61	<0,3
	Benzo(b/j)fluoranthren	<0,4	<0,4	<0,8	0,84	<0,4
	Benzo(k)fluoranthren	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	Benzo(a)pyren	<0,2	<0,2	<0,4	<0,4	<0,2
	Dibenz(a,h)anthracen	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,2	<0,2	<0,4	<0,4	<0,2
	Benzo(ghi)perylene	<0,2	<0,2	<0,4	<0,4	<0,2
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG ¹		16	30	46	37	33

¹ Bestimmungsgrenze

PAK in der Außenluft

Messstelle: BR1 - Findroff

November 2009

in ng/m³

Messzeitraum:		08.11.2009	11.11.2009	17.11.2009	27.11.2009
PAK	Naphthalin	14,62	9,78	6,77	6,52
	Acenaphthylen	<8,8	<8,8	<4,4	<4,4
	Acenaphthen	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6
	Fluoren	5,49	4,98	3,74	2,34
	Phenanthren	12,38	10,89	7,11	5,28
	Reten	1,08	0,76	0,30	0,24
	Anthracen	0,87	0,78	0,41	0,31
	Fluoranthren	<4,4	<4,4	<4,4	<4,4
	Pyren	<5,2	<2,6	<2,6	<2,6
	Benz(a)anthracen	0,44	<0,2	<0,2	<0,2
	Chrysen/Triphenylen	0,67	<0,6	<0,3	<0,3
	Benzo(b/j)fluoranthren	1,24	<0,4	<0,4	<0,4
	Benzo(k)fluoranthren	<0,4	<0,3	<0,3	<0,3
	Benzo(a)pyren	0,50	<0,2	<0,2	<0,2
	Dibenz(a,h)anthracen	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,62	<0,2	<0,2	<0,2
	Benzo(ghi)perylen	0,54	<0,2	<0,2	<0,2
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG¹		55	42	26	21

¹ Bestimmungsgrenze

PAK in der Außenluft

Dezember 2009

Messstelle: BR1 - Findroff

in ng/m³

Messzeitraum:		05.12.2010	13.12.2010	16.12.2010	21.12.2010	31.12.2010
PAK	Naphthalin	7,46	17,69	28,31	29,23	13,18
	Acenaphthylen	<4,4	18,77	9,40	<4,4	<4,4
	Acenaphthen	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6
	Fluoren	4,22	7,23	4,74	4,89	4,60
	Phenanthren	9,17	21,08	10,32	11,25	7,82
	Reten	0,72	1,55	0,72	0,74	0,42
	Anthracen	0,58	2,94	0,95	0,58	0,36
	Fluoranthren	<4,4	<8,8	<4,4	<4,4	<4,4
	Pyren	<2,6	6,60	<2,6	<2,6	<2,6
	Benz(a)anthracen	<0,2	1,24	<0,4	<0,4	<0,2
	Chrysen/Triphenylen	<0,3	1,57	<0,6	<0,6	<0,3
	Benzo(b/j)fluoranthren	<0,4	1,69	<0,8	<0,8	<0,4
	Benzo(k)fluoranthren	<0,3	<0,6	<0,3	<0,3	<0,3
	Benzo(a)pyren	<0,2	0,96	<0,2	<0,2	<0,2
	Dibenz(a,h)anthracen	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,2	0,87	<0,4	<0,4	<0,2
	Benzo(ghi)perylen	<0,2	0,85	<0,4	<0,4	<0,2
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG ¹		32	92	65	61	33

¹ Bestimmungsgrenze

PAK in der Außenluft

Januar 2010

Messstelle: BR1 - Findroff

in ng/m³

	Messzeitraum:	08.01.2010	16.01.2010	24.01.2010	29.01.2010
PAK	Naphthalin	26,15	32,46	152,62	14,80
	Acenaphthylen	11,23	<4,4	<8,8	<8,8
	Acenaphthen	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6
	Fluoren	8,78	13,63	27,69	5,74
	Phenanthren	20,62	20,92	49,85	14,00
	Reten	1,51	0,82	3,55	0,71
	Anthracen	1,88	0,72	2,89	1,21
	Fluoranthen	<8,8	<8,8	29,54	<8,8
	Pyren	5,31	<5,2	17,08	<5,2
	Benz(a)anthracen	0,57	0,56	6,06	<0,4
	Chrysen/Triphenylen	1,24	1,02	8,86	<0,6
	Benzo(b/j)fluoranthen	1,65	1,43	12,58	<0,8
	Benzo(k)fluoranthen	<0,6	<0,6	3,49	<0,3
	Benzo(a)pyren	0,44	0,50	4,51	<0,2
	Dibenz(a,h)anthracen	<0,5	<0,5	<1,0	<0,5
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,71	0,61	5,22	<0,4
	Benzo(ghi)perylen	0,62	0,47	3,66	<0,4
	Summe 16 EPA-PAK exkl.BG¹	90	87	335	55

¹ Bestimmungsgrenze

PAK in der Außenluft

Messstelle: BR1 - Findroff

Februar 2010

in ng/m³

Messzeitraum:		01.02.2010	09.02.2010	17.02.2010	25.02.2010
PAK	Naphthalin	12,17	24,00	22,62	10,54
	Acenaphthylen	<4,4	<4,4	<4,4	<4,4
	Acenaphthen	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6
	Fluoren	4,35	5,98	5,97	5,14
	Phenanthren	9,49	10,35	10,05	11,32
	Reten	0,67	0,51	0,60	0,58
	Anthracen	0,67	0,69	0,56	0,41
	Fluoranthren	<4,4	<4,4	<4,4	<4,4
	Pyren	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
	Benz(a)anthracen	<0,2	<0,4	<0,4	<0,2
	Chrysen/Triphenylen	<0,6	<0,6	0,81	<0,6
	Benzo(b/j)fluoranthren	<0,8	0,87	1,19	<0,8
	Benzo(k)fluoranthren	<0,3	<0,3	<0,6	<0,3
	Benzo(a)pyren	<0,2	<0,4	<0,4	<0,2
	Dibenz(a,h)anthracen	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,2	<0,4	0,47	<0,2
	Benzo(ghi)perylen	<0,2	<0,4	<0,4	<0,2
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG ¹		38	53	53	38

¹ Bestimmungsgrenze

PAK in der Außenluft

März 2010

Messstelle: BR1 - Findroff

in ng/m³

Messzeitraum:		05.03.2010	13.03.2010	21.03.2010	22.03.2010
PAK	Naphthalin	8,91	6,72	5,17	14,63
	Acenaphthylen	<4,4	<4,4	<4,4	<4,4
	Acenaphthen	<3,6	<3,6	<3,6	<3,6
	Fluoren	2,80	2,18	2,89	3,32
	Phenanthren	7,25	5,69	6,82	6,55
	Reten	0,60	0,52	0,39	0,35
	Anthracen	0,53	0,40	0,28	0,30
	Fluoranthren	<4,4	<4,4	<4,4	<4,4
	Pyren	<2,6	<2,6	<2,6	<2,6
	Benz(a)anthracen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	Chrysen/Triphenylen	<0,3	<0,6	<0,3	<0,3
	Benzo(b/j)fluoranthren	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4
	Benzo(k)fluoranthren	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	Benzo(a)pyren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	Dibenz(a,h)anthracen	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Indeno(1,2,3-cd)pyren	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
	Benzo(ghi)perylen	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Summe 16 EPA-PAK exkl.BG ¹		29	22	21	32

¹ Bestimmungsgrenze

8.1.4.2 Gesamtübersicht PAK und Reten

Immissionsmessung

66010-011

BR1

Findorff

Parameter: PAH + Reten

SOP: PI-614, OC-250

Probenahmezeit immer 24h.

lfd. Nr.	Messtag	Kartuschen Nr.	Labor Nr.	Volumen m³	Summe EPA PAK ng/m³	Benzo[a]pyren ng/m³	Reten ng/m³	Bemerkung
1.	01.10.2009	E6661	9G8352.1	64,8	17	<0,10	0,16	
2.	09.10.2009	E6662	9G8352.2	64,8	30	<0,20	0,32	
3.	17.10.2009	E6689	9G9054.1	64,8	46	0,23	1,18	
4.	19.10.2009	E6686	9G9054.2	64,8	38	0,32	0,51	
5.	27.10.2009	E6688	9G9341.1	64,8	34	<0,20	0,51	
6.	08.11.2009	E6687	9G10020.1	64,8	55	0,50	1,09	
7.	11.11.2009	E6685	9G10020.2	64,8	43	<0,10	0,76	
8.	17.11.2009	E6745	9G10388.1	64,8	26	<0,10	0,31	
9.	27.11.2009	E6743	9G10388.2	64,8	21	<0,10	0,25	
10.	05.12.2009	E6742	9G11162.1	64,8	32	<0,10	0,72	
11.	13.12.2009	E6746	9G11162.2	65,4	92	0,96	1,54	
12.	16.12.2009	E6828	9G11372.1	64,8	65	<0,20	0,73	
13.	21.12.2009	E6824	9G11372.2	64,8	61	<0,20	0,74	
14.	31.12.2009	E6825	10G230.1	64,8	33	<0,20	0,43	
15.	08.01.2010	E6870	10G230.2	64,8	90	0,44	1,52	
16.	16.01.2010	E6826	10G788.1	64,8	88	0,50	0,83	
17.	24.01.2010	E6829	10G788.2	64,8	337	4,52	3,57	
18.	27.01.2010	E6827						Messausfall
19.	29.01.2010	E6868	10G788.3	64,7	55	<0,20	0,72	Ersatz für 27.01.2010
20.	02.02.2010	E6866	10G1071.1	64,8	38	<0,20	0,67	
21.	09.02.2010	E6865	10G1071.2	64,8	53	0,27	0,52	
22.	17.02.2010	E6935	10G1824.1	64,8	53	0,28	0,60	
23.	25.02.2010	E6936	10G1824.2	64,8	39	<0,20	0,58	
24.	05.03.2010	E6966	10G2210.1	64,8	29	<0,10	0,60	
25.	13.03.2010	E6937	10G2210.2	64,8	22	<0,10	0,52	
26.	21.03.2010	E6993	10G3049.1	64,8	21	<0,10	0,39	
27.	22.03.2010	E7039	10G3049.2	64,8	32	<0,10	0,35	
Mittelwert:					56	0,36	0,77	

Bei Werten mit "<" liegen die jeweiligen Konzentrationen teilweise unterhalb der Nachweis- bzw. Bestimmungsgrenze. Alle Messwerte unterhalb dieser Grenzen gehen mit dem halben positiven Betrag der jeweiligen Grenze in die Mittelwertbestimmung ein.

8.2 Meteorologische Daten

8.2.1 Monatswerte (Temperatur, rel. Feuchte, Windstärke, max. Windstärke, Luftdruck)

Alle meteorologischen Daten stammen von der Messstation des Deutschen Wetterdienst Bremen/Flughafen [11]

Datum	Mittel der Temperatur 2 m über dem Erdboden °C	Mittel der relativen Feuchte %	Mittel der Windstärke Bft	Maximum der Windstärke m/s	Mittel des Luftdruckes in Stationshöhe hpa
1. Okt. 09	12,0	77,1	4	15,8	1.010,7
2. Okt. 09	8,7	86,5	3	11,3	1.013,4
3. Okt. 09	12,5	80,4	4	16,0	1.004,7
4. Okt. 09	11,6	70,8	5	19,4	1.005,6
5. Okt. 09	9,6	78,0	2	6,9	1.014,2
6. Okt. 09	12,0	91,3	2	8,3	1.010,0
7. Okt. 09	14,9	89,1	3	11,9	1.008,1
8. Okt. 09	10,4	81,6	3	10,2	1.013,2
9. Okt. 09	7,9	72,3	2	7,0	1.022,0
10. Okt. 09	7,4	89,2	2	8,4	1.011,8
11. Okt. 09	10,1	91,5	3	11,6	1.008,2
12. Okt. 09	8,4	79,9	3	12,6	1.015,5
13. Okt. 09	6,0	77,3	2	9,9	1.026,2
14. Okt. 09	4,8	66,0	3	11,8	1.030,3
15. Okt. 09	4,7	69,9	3	11,2	1.026,6
16. Okt. 09	8,3	80,8	4	22,9	1.016,3
17. Okt. 09	7,2	75,5	3	12,0	1.020,9
18. Okt. 09	3,5	83,8	2	5,5	1.021,6
19. Okt. 09	7,1	81,7	2	8,0	1.017,2
20. Okt. 09	5,8	72,8	3	13,0	1.012,3
21. Okt. 09	5,7	80,0	4	13,2	1.009,1
22. Okt. 09	6,1	83,7	3	12,1	1.005,8
23. Okt. 09	7,6	90,9	2	5,1	1.011,9
24. Okt. 09	8,8	92,1	3	7,6	1.014,0
25. Okt. 09	12,8	83,3	3	11,1	1.010,8
26. Okt. 09	12,1	86,8	3	12,2	1.011,8
27. Okt. 09	11,4	90,5	2	6,4	1.020,5
28. Okt. 09	10,7	86,7	2	5,2	1.019,0
29. Okt. 09	12,2	91,5	2	6,3	1.022,1
30. Okt. 09	8,1	82,0	3	8,2	1.029,1
31. Okt. 09	3,6	86,5	3	7,1	1.026,2

Datum	Mittel der Temperatur 2 m über dem Erdboden °C	Mittel der relativen Feuchte %	Mittel der Windstärke Bft	Maximum der Windstärke m/s	Mittel des Luftdruckes in Stationshöhe hpa
1. Nov. 09	7,3	86,8	3	11,4	1.011,8
2. Nov. 09	10,4	90,1	2	7,9	999,3
3. Nov. 09	6,8	87,4	2	12,7	995,6
4. Nov. 09	6,8	90,2	3	10,2	985,3
5. Nov. 09	7,5	90,5	3	8,6	992,6
6. Nov. 09	9,0	84,7	3	9,6	1.002,6
7. Nov. 09	7,4	85,0	3	11,8	998,3
8. Nov. 09	7,0	88,1	2	7,7	1.007,4
9. Nov. 09	6,5	88,8	3	9,6	1.012,2
10. Nov. 09	5,6	93,0	2	5,9	1.007,3
11. Nov. 09	6,8	94,2	2	6,1	1.006,1
12. Nov. 09	6,3	91,0	2	7,3	1.006,9
13. Nov. 09	10,7	85,5	3	9,7	1.006,9
14. Nov. 09	12,4	77,5	3	11,5	1.004,8
15. Nov. 09	10,2	82,0	3	13,0	1.009,1
16. Nov. 09	8,0	92,0	2	9,6	1.007,0
17. Nov. 09	10,0	82,2	3	9,3	1.008,0
18. Nov. 09	10,0	84,0	5	23,6	1.010,3
19. Nov. 09	10,7	75,6	4	12,7	1.016,5
20. Nov. 09	11,6	74,6	3	10,6	1.016,6
21. Nov. 09	10,9	90,7	2	7,7	1.020,7
22. Nov. 09	11,3	75,8	4	18,5	1.007,2
23. Nov. 09	9,8	77,1	5	17,6	996,8
24. Nov. 09	10,5	83,9	4	15,2	1.003,8
25. Nov. 09	11,6	74,2	4	15,1	1.002,6
26. Nov. 09	9,0	74,8	4	18,8	1.002,7
27. Nov. 09	6,6	85,0	4	15,3	999,0
28. Nov. 09	6,9	83,3	4	15,8	998,6
29. Nov. 09	8,9	80,4	3	9,5	995,5
30. Nov. 09	6,1	88,0	1	5,1	997,1

Datum	Mittel der Temperatur 2 m über dem Erdboden °C	Mittel der relativen Feuchte %	Mittel der Windstärke Bft	Maximum der Windstärke m/s	Mittel des Luftdruckes in Stationshöhe hpa
1. Dez. 09	1,2	86,5	2	6,3	1.009,0
2. Dez. 09	-0,5	92,7	2	7,7	1.010,0
3. Dez. 09	6,1	84,8	3	9,1	1.001,4
4. Dez. 09	5,3	81,5	2	7,6	1.006,7
5. Dez. 09	4,8	84,8	3	10,9	1.006,9
6. Dez. 09	8,3	90,8	3	8,9	1.004,0
7. Dez. 09	5,8	88,5	2	7,7	1.008,6
8. Dez. 09	5,6	92,9	2	7,6	1.008,9
9. Dez. 09	6,6	89,5	2	6,6	1.021,8
10. Dez. 09	7,0	92,4	3	9,7	1.018,1
11. Dez. 09	5,2	90,2	3	9,5	1.026,7
12. Dez. 09	2,8	85,0	3	8,6	1.028,6
13. Dez. 09	0,6	88,4	2	6,6	1.026,3
14. Dez. 09	-1,2	90,8	1	3,4	1.024,0
15. Dez. 09	-0,3	83,0	1	3,2	1.021,0
16. Dez. 09	-2,6	84,1	2	7,0	1.011,4
17. Dez. 09	-2,1	76,6	3	7,8	1.009,7
18. Dez. 09	-4,4	83,3	3	11,5	1.011,3
19. Dez. 09	-10,5	82,3	2	4,7	1.009,2
20. Dez. 09	-7,5	83,5	3	11,7	997,4
21. Dez. 09	-1,6	79,6	3	10,6	996,8
22. Dez. 09	0,3	91,5	3	10,2	986,8
23. Dez. 09	-1,4	93,5	2	7,2	995,7
24. Dez. 09	-1,9	91,9	3	8,7	995,1
25. Dez. 09	1,8	91,8	4	18,0	986,0
26. Dez. 09	4,2	84,2	4	16,6	1.001,8
27. Dez. 09	3,9	82,4	3	10,5	999,3
28. Dez. 09	2,8	90,0	3	10,8	1.002,0
29. Dez. 09	-0,8	94,0	3	9,0	1.003,8
30. Dez. 09	-0,9	90,8	4	10,7	996,3
31. Dez. 09	-0,5	85,5	4	13,1	997,8

Datum	Mittel der Temperatur 2 m über dem Erdboden °C	Mittel der relativen Feuchte %	Mittel der Windstärke Bft	Maximum der Windstärke m/s	Mittel des Luftdruckes in Stationshöhe hpa
1. Jan. 10	-1,6	80,5	3	9,6	1.000,7
2. Jan. 10	-4,0	89,2	2	5,3	1.014,1
3. Jan. 10	-5,2	88,4	2	6,8	1.020,2
4. Jan. 10	-5,1	89,5	2	7,6	1.014,8
5. Jan. 10	-2,0	90,2	3	6,9	1.005,5
6. Jan. 10	-4,4	91,3	2	5,7	1.003,4
7. Jan. 10	-5,9	89,3	2	5,4	1.010,6
8. Jan. 10	-4,9	88,6	3	10,8	1.021,4
9. Jan. 10	-1,4	84,4	4	15,1	1.019,7
10. Jan. 10	0,1	89,4	3	13,6	1.016,8
11. Jan. 10	-0,4	90,2	3	10,5	1.018,5
12. Jan. 10	-3,5	85,7	3	8,6	1.017,6
13. Jan. 10	-2,7	84,0	4	12,9	1.010,6
14. Jan. 10	-0,5	80,8	3	10,6	1.011,1
15. Jan. 10	-0,5	86,1	2	6,8	1.022,3
16. Jan. 10	-0,6	83,5	4	14,3	1.019,8
17. Jan. 10	-0,9	93,3	2	9,5	1.011,6
18. Jan. 10	1,7	96,1	2	5,8	1.021,6
19. Jan. 10	1,7	96,0	2	5,7	1.021,3
20. Jan. 10	0,5	92,4	3	7,5	1.018,7
21. Jan. 10	-3,6	90,0	3	8,7	1.024,9
22. Jan. 10	-5,0	82,7	3	9,0	1.028,2
23. Jan. 10	-5,3	84,4	3	10,0	1.026,7
24. Jan. 10	-7,0	81,3	3	10,0	1.026,6
25. Jan. 10	-7,6	76,6	3	8,6	1.032,0
26. Jan. 10	-9,2	67,3	2	5,4	1.040,9
27. Jan. 10	-4,6	75,1	3	16,5	1.022,0
28. Jan. 10	1,7	85,8	4	14,9	998,9
29. Jan. 10	0,1	92,5	3	11,9	984,5
30. Jan. 10	-3,2	83,5	3	8,8	990,6
31. Jan. 10	0,5	87,7	4	12,5	998,2

Datum	Mittel der Temperatur 2 m über dem Erdboden °C	Mittel der relativen Feuchte %	Mittel der Windstärke Bft	Maximum der Windstärke m/s	Mittel des Luftdruckes in Stationshöhe hpa
1. Feb. 10	-1,1	86,5	3	12,1	1.004,8
2. Feb. 10	-0,5	90,0	4	15,2	1.002,0
3. Feb. 10	0,9	86,5	4	16,9	1.004,3
4. Feb. 10	1,4	93,9	2	6,8	1.011,9
5. Feb. 10	1,3	86,5	3	11,9	1.009,3
6. Feb. 10	-0,2	85,5	3	8,1	1.015,0
7. Feb. 10	-5,4	86,0	3	6,9	1.023,2
8. Feb. 10	-5,1	83,5	3	8,3	1.015,3
9. Feb. 10	-4,4	83,3	2	6,7	1.009,0
10. Feb. 10	-4,1	87,8	3	9,9	1.011,0
11. Feb. 10	-3,0	81,0	4	12,4	1.016,3
12. Feb. 10	-3,4	81,3	3	10,5	1.018,5
13. Feb. 10	-2,6	81,5	3	7,5	1.017,0
14. Feb. 10	-3,9	82,8	2	4,6	1.014,6
15. Feb. 10	-5,2	85,2	2	6,5	1.009,2
16. Feb. 10	-3,0	77,8	3	7,3	1.003,2
17. Feb. 10	-3,4	73,5	3	8,7	997,1
18. Feb. 10	1,0	85,3	2	7,0	994,6
19. Feb. 10	3,2	80,8	3	11,7	991,1
20. Feb. 10	1,4	80,3	4	13,5	993,9
21. Feb. 10	0,3	84,8	2	8,6	998,7
22. Feb. 10	3,1	86,5	2	6,4	989,2
23. Feb. 10	0,6	86,3	3	9,2	994,8
24. Feb. 10	0,4	92,8	3	10,5	998,9
25. Feb. 10	5,9	88,1	3	10,6	993,5
26. Feb. 10	7,0	83,6	3	14,9	989,1
27. Feb. 10	6,2	75,6	4	14,8	997,1
28. Feb. 10	5,6	81,1	4	22,0	983,7

Datum	Mittel der Temperatur 2 m über dem Erdboden °C	Mittel der relativen Feuchte %	Mittel der Windstärke Bft	Maximum der Windstärke m/s	Mittel des Luftdruckes in Stationshöhe hpa
1. Mrz. 10	3,6	79,2	5	19,8	1.002,3
2. Mrz. 10	2,7	79,8	4	15,6	1.017,3
3. Mrz. 10	2,1	78,5	3	10,4	1.021,2
4. Mrz. 10	-0,6	75,0	3	10,9	1.020,0
5. Mrz. 10	-0,8	74,0	3	10,8	1.020,0
6. Mrz. 10	-1,9	72,1	3	13,5	1.023,7
7. Mrz. 10	-3,6	69,1	2	5,9	1.033,7
8. Mrz. 10	-0,7	80,4	2	5,3	1.028,1
9. Mrz. 10	-2,1	75,9	1	5,1	1.029,1
10. Mrz. 10	-3,1	91,0	2	7,4	1.028,6
11. Mrz. 10	0,4	88,6	2	6,3	1.020,0
12. Mrz. 10	4,0	84,8	4	13,3	1.015,8
13. Mrz. 10	4,5	84,5	4	14,8	1.018,6
14. Mrz. 10	4,5	84,7	4	18,5	1.016,7
15. Mrz. 10	2,8	88,1	3	12,1	1.017,6
16. Mrz. 10	3,2	87,2	3	9,1	1.022,9
17. Mrz. 10	7,4	74,0	3	10,0	1.022,2
18. Mrz. 10	9,6	65,8	2	9,0	1.019,4
19. Mrz. 10	11,7	72,3	3	12,9	1.013,2
20. Mrz. 10	12,4	90,5	3	11,9	1.006,4
21. Mrz. 10	8,8	82,0	3	13,2	1.011,4
22. Mrz. 10	7,1	78,7	2	7,9	1.020,6
23. Mrz. 10	9,4	69,1	3	10,7	1.018,1
24. Mrz. 10	10,5	68,0	3	8,5	1.013,2
25. Mrz. 10	13,7	64,0	3	9,3	1.006,6
26. Mrz. 10	10,7	77,3	2	13,8	1.004,8
27. Mrz. 10	8,1	85,9	3	12,3	1.003,3
28. Mrz. 10	7,9	78,1	3	13,2	1.005,2
29. Mrz. 10	8,5	78,3	2	7,5	1.003,7
30. Mrz. 10	11,0	76,7	3	10,0	994,7
31. Mrz. 10	8,4	63,0	4	14,9	997,3

8.2.2 Monatswerte (Windrichtung)

Oktober 2009

Windrichtung (Dekagrad)						
Tag	Monat	Jahr	Uhrzeit			
			[01-06]	[07-12]	[13-18]	[19-00]
1	10	2009	27	29	30	27
2	10	2009	28	25	27	19
3	10	2009	21	23	23	23
4	10	2009	26	25	27	26
5	10	2009	25	19	16	14
6	10	2009	9	12	18	16
7	10	2009	23	24	1	3
8	10	2009	2	36	26	28
9	10	2009	27	22	7	9
10	10	2009	10	11	12	31
11	10	2009	29	28	21	27
12	10	2009	28	35	36	30
13	10	2009	31	29	4	1
14	10	2009	29	35	2	35
15	10	2009	35	34	36	33
16	10	2009	26	30	33	35
17	10	2009	34	35	36	35
18	10	2009	27	27	31	19
19	10	2009	20	18	20	19
20	10	2009	13	13	12	12
21	10	2009	11	12	12	11
22	10	2009	11	11	11	11
23	10	2009	10	11	14	14
24	10	2009	10	13	13	13
25	10	2009	17	21	23	21
26	10	2009	22	21	23	25
27	10	2009	27	33	25	21
28	10	2009	20	15	18	18
29	10	2009	25	30	24	11
30	10	2009	11	10	11	11
31	10	2009	12	11	13	13

November 2009

Windrichtung (Dekagrad)						
Tag	Monat	Jahr	Uhrzeit			
			[01-06]	[07-12]	[13-18]	[19-00]
1	11	2009	13	13	14	14
2	11	2009	16	23	22	16
3	11	2009	21	14	20	15
4	11	2009	13	13	27	22
5	11	2009	19	17	18	19
6	11	2009	20	22	22	17
7	11	2009	18	15	17	15
8	11	2009	12	9	16	5
9	11	2009	5	5	3	1
10	11	2009	35	29	22	18
11	11	2009	22	18	20	22
12	11	2009	21	14	18	16
13	11	2009	20	15	19	19
14	11	2009	18	14	16	19
15	11	2009	20	23	17	21
16	11	2009	21	15	12	18
17	11	2009	21	21	21	23
18	11	2009	22	22	22	28
19	11	2009	24	23	22	21
20	11	2009	19	16	21	24
21	11	2009	25	22	14	-
22	11	2009	18	18	22	16
23	11	2009	21	22	22	19
24	11	2009	26	25	24	24
25	11	2009	22	21	22	24
26	11	2009	23	22	22	22
27	11	2009	22	19	23	22
28	11	2009	22	22	17	18
29	11	2009	21	20	18	16
30	11	2009	16	17	26	21

Dezember 2009

Windrichtung (Dekagrad)						
Tag	Monat	Jahr	Uhrzeit			
			[01-06]	[07-12]	[13-18]	[19-00]
1	12	2009	27	29	3	2
2	12	2009	-	11	13	13
3	12	2009	13	13	15	14
4	12	2009	14	22	18	16
5	12	2009	17	18	17	19
6	12	2009	14	13	16	19
7	12	2009	22	21	19	16
8	12	2009	12	12	9	32
9	12	2009	23	22	18	20
10	12	2009	14	13	30	33
11	12	2009	34	1	2	1
12	12	2009	1	4	36	3
13	12	2009	2	2	3	6
14	12	2009	13	29	23	21
15	12	2009	10	6	28	4
16	12	2009	16	20	21	19
17	12	2009	19	14	12	9
18	12	2009	4	1	6	6
19	12	2009	5	21	24	20
20	12	2009	17	15	15	15
21	12	2009	25	24	22	13
22	12	2009	13	12	24	23
23	12	2009	20	19	20	12
24	12	2009	14	13	12	9
25	12	2009	9	10	23	25
26	12	2009	26	23	23	22
27	12	2009	22	21	20	20
28	12	2009	23	26	26	24
29	12	2009	20	12	11	10
30	12	2009	8	7	7	7
31	12	2009	6	6	6	6

Januar 2010

Windrichtung (Dekagrad)						
Tag	Monat	Jahr	Uhrzeit			
			[01-06]	[07-12]	[13-18]	[19-00]
1	1	2010	4	3	2	2
2	1	2010	34	26	22	13
3	1	2010	4	3	2	35
4	1	2010	24	23	22	23
5	1	2010	22	21	19	16
6	1	2010	15	14	12	13
7	1	2010	14	10	12	16
8	1	2010	21	4	4	4
9	1	2010	3	4	4	4
10	1	2010	6	5	7	5
11	1	2010	2	3	5	3
12	1	2010	7	11	12	10
13	1	2010	9	11	11	12
14	1	2010	12	12	12	10
15	1	2010	11	12	12	12
16	1	2010	13	13	13	12
17	1	2010	13	11	6	29
18	1	2010	21	27	26	22
19	1	2010	26	24	33	5
20	1	2010	6	8	11	11
21	1	2010	10	10	10	12
22	1	2010	14	13	14	12
23	1	2010	12	12	12	12
24	1	2010	10	10	11	11
25	1	2010	9	8	8	8
26	1	2010	6	5	7	4
27	1	2010	14	25	22	24
28	1	2010	30	28	28	28
29	1	2010	26	22	14	33
30	1	2010	31	33	36	22
31	1	2010	21	23	25	23

Februar 2010

Windrichtung (Dekagrad)						
Tag	Monat	Jahr	Uhrzeit			
			[01-06]	[07-12]	[13-18]	[19-00]
1	2	2010	23	22	25	33
2	2	2010	23	20	22	24
3	2	2010	25	25	25	25
4	2	2010	19	14	16	10
5	2	2010	11	12	12	12
6	2	2010	12	8	6	7
7	2	2010	6	7	5	7
8	2	2010	8	9	11	10
9	2	2010	11	8	8	5
10	2	2010	3	2	5	5
11	2	2010	5	4	3	2
12	2	2010	2	36	1	2
13	2	2010	36	35	34	35
14	2	2010	1	8	15	15
15	2	2010	11	13	14	12
16	2	2010	13	13	13	12
17	2	2010	11	9	10	10
18	2	2010	12	13	22	21
19	2	2010	14	15	19	23
20	2	2010	24	22	23	26
21	2	2010	25	27	15	12
22	2	2010	14	12	17	13
23	2	2010	1	36	4	6
24	2	2010	8	9	13	12
25	2	2010	12	13	18	18
26	2	2010	13	13	19	25
27	2	2010	22	24	22	19
28	2	2010	12	12	12	20

März 2010

Windrichtung (Dekagrad)						
Tag	Monat	Jahr	Uhrzeit			
			[01-06]	[07-12]	[13-18]	[19-00]
1	3	2010	27	28	28	29
2	3	2010	27	25	27	29
3	3	2010	29	26	30	30
4	3	2010	29	27	36	32
5	3	2010	35	22	27	19
6	3	2010	30	4	4	2
7	3	2010	3	28	28	29
8	3	2010	27	13	10	2
9	3	2010	5	14	29	4
10	3	2010	5	3	7	5
11	3	2010	-	4	28	29
12	3	2010	28	28	28	28
13	3	2010	28	28	31	29
14	3	2010	29	28	29	33
15	3	2010	28	26	25	29
16	3	2010	32	28	31	23
17	3	2010	23	21	26	23
18	3	2010	23	19	21	20
19	3	2010	18	21	23	19
20	3	2010	21	20	23	22
21	3	2010	20	23	32	32
22	3	2010	21	16	18	19
23	3	2010	20	26	28	28
24	3	2010	11	12	13	12
25	3	2010	12	13	14	13
26	3	2010	15	23	25	30
27	3	2010	17	24	25	23
28	3	2010	25	24	24	23
29	3	2010	21	20	28	19
30	3	2010	11	12	15	14
31	3	2010	20	15	19	22

8.3 Diagramme Meteorologie

8.3.1 Temperatur

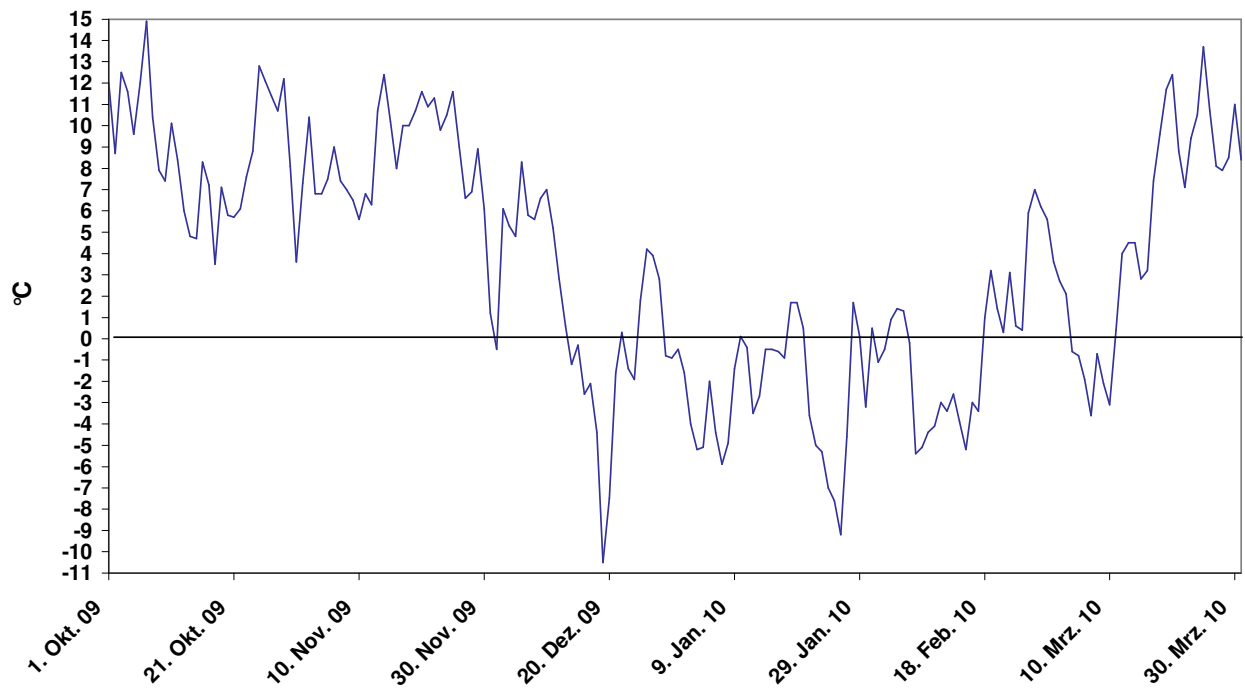


Abbildung 18: Temperaturverlauf

8.3.2 Luftdruck

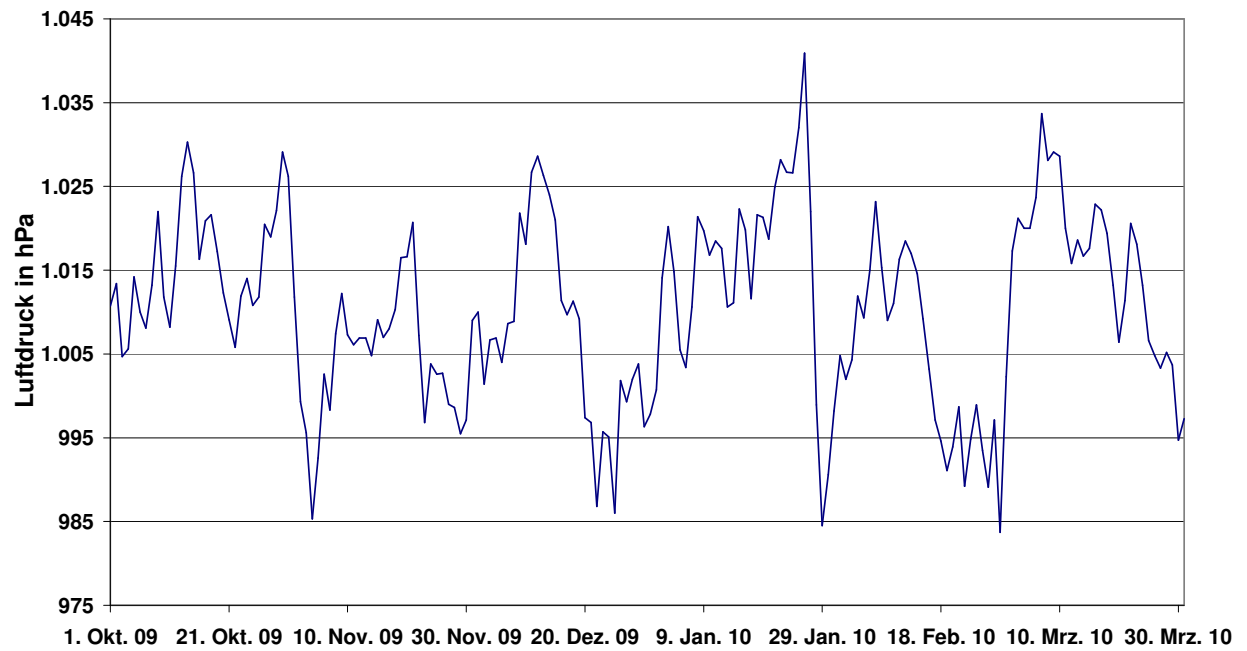


Abbildung 19: Verlauf des Luftdruckes

8.3.3 relative Luftfeuchtigkeit

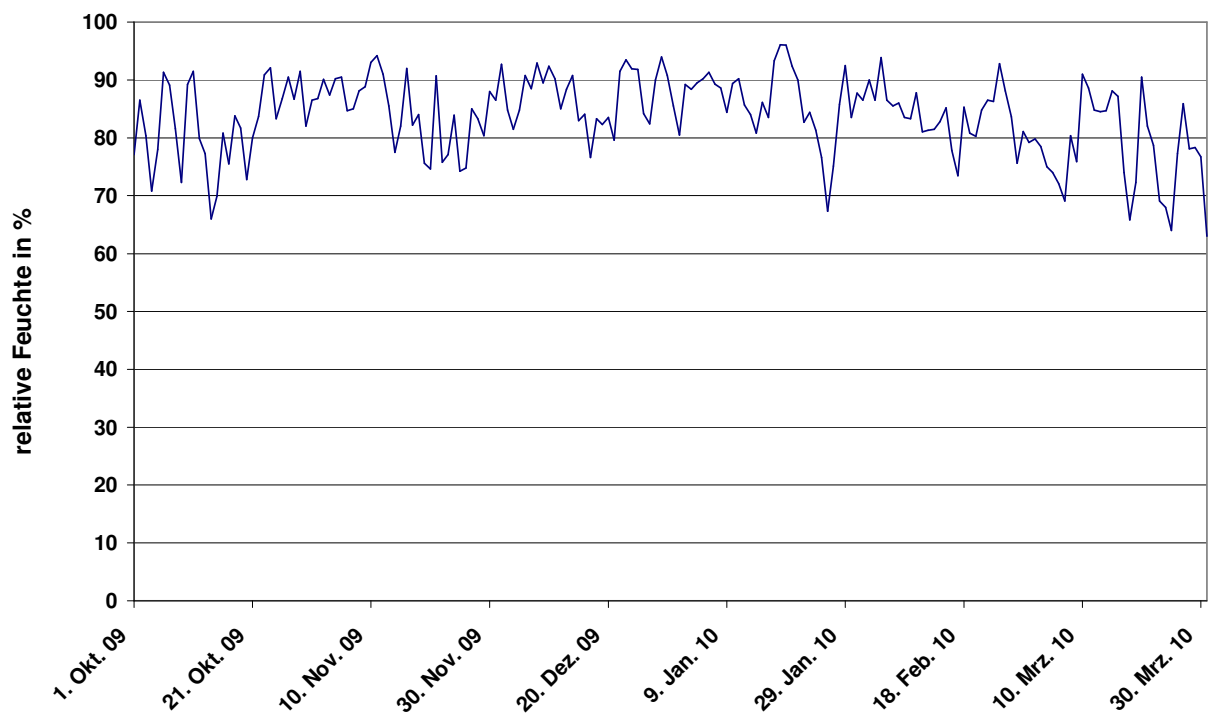


Abbildung 20: Verlauf relative Luftfeuchtigkeit

8.3.4 mittlere Windstärke

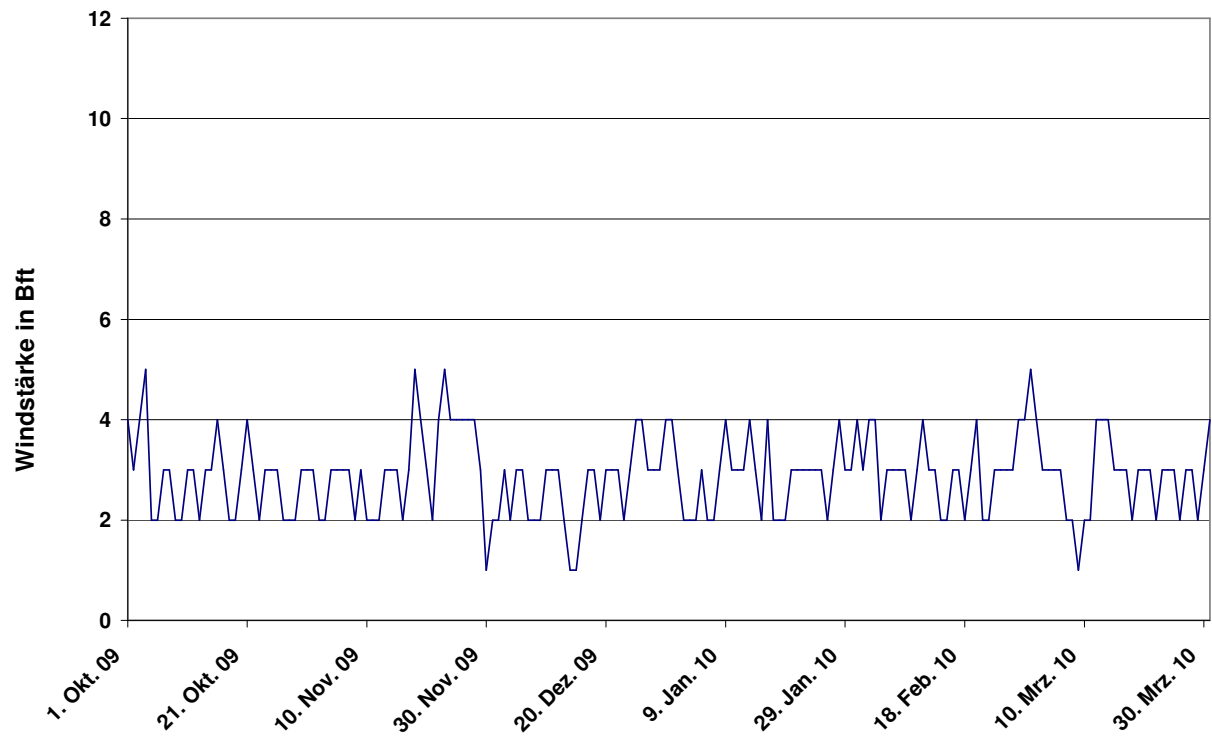


Abbildung 21: mittlere Windstärke

8.3.5 Windverteilung

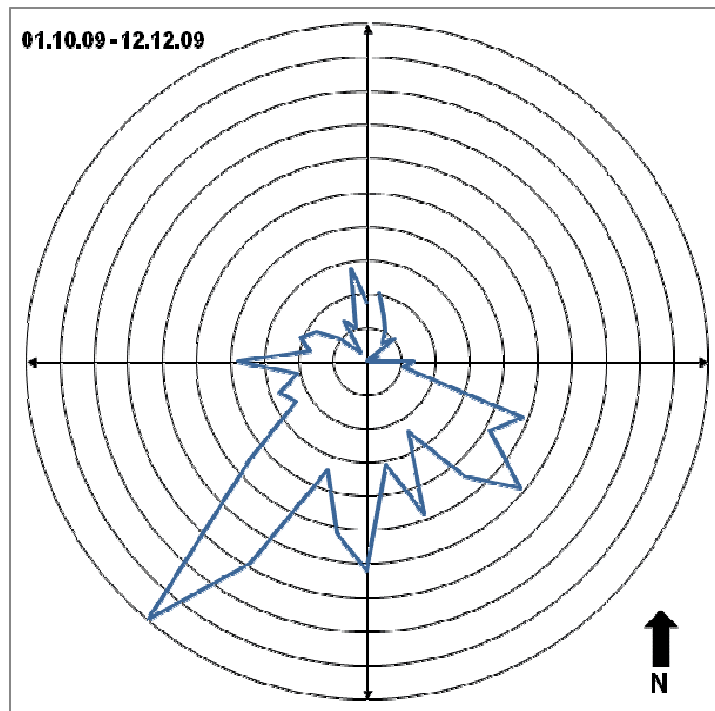


Abbildung 22: Windverteilung Periode 1

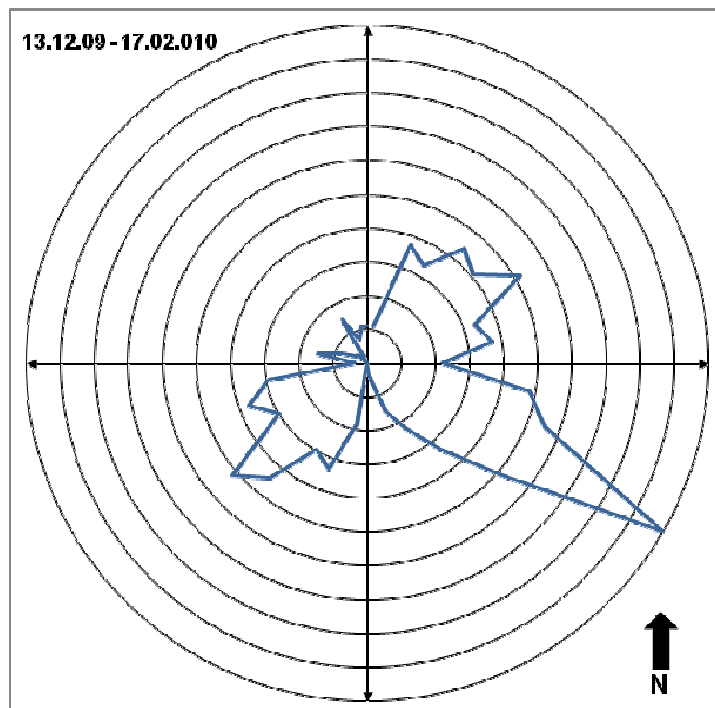


Abbildung 23: Windverteilung Periode 2

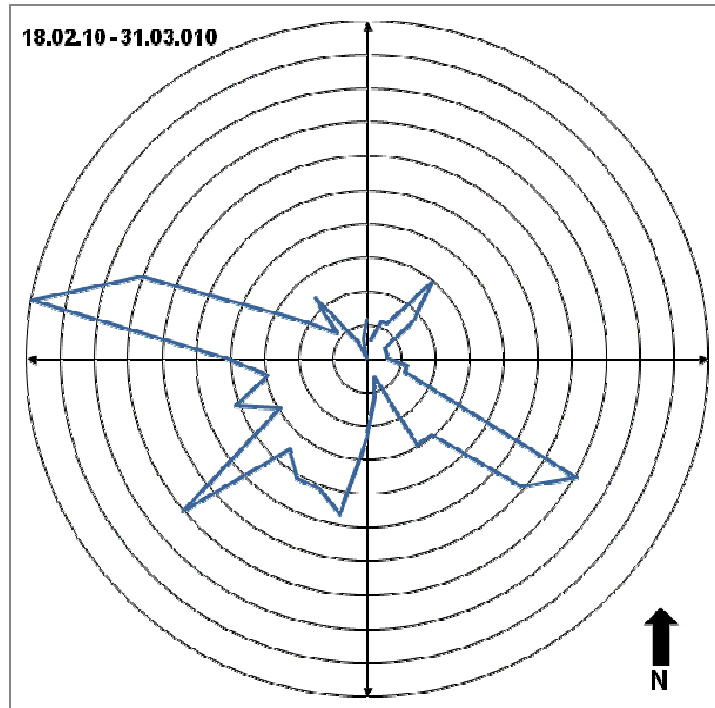


Abbildung 24: Windverteilung Periode 3

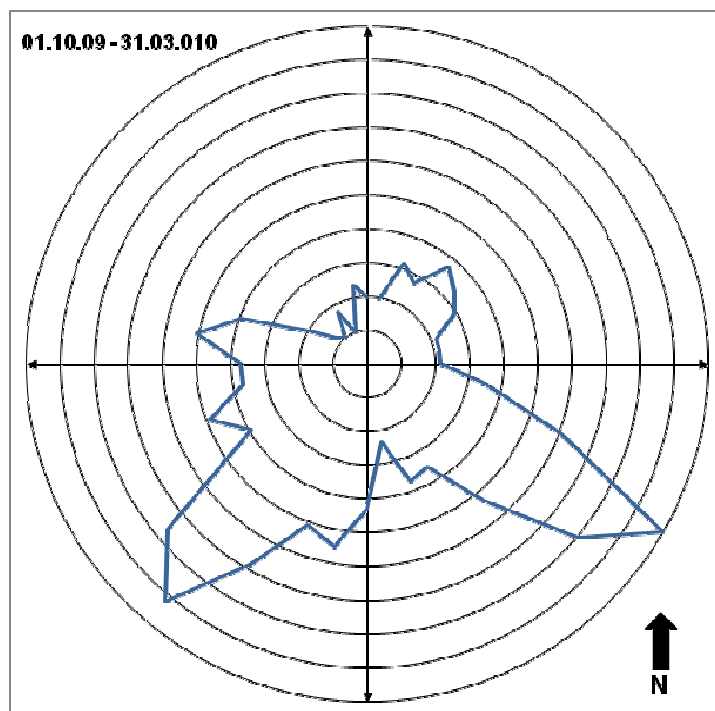


Abbildung 25: Windverteilung gesamter Messzeitraum

8.4 Umgebungskarte und Foto

BR1 – Bremen Holzfeuerung



Projekt: Immissionsmessung			A-0713-08-300	 eurofins	
	Datum	Name	Auftraggeber: Freie Hansestadt Bremen		
Aufgestellt	28.05.2010	V. Schwahn	Legende:		
Bearbeitet			 Messstelle: BR1- Bremen Holzfeuerung		
Maßstab	k.A.				

