

# Immissionsuntersuchungen in der Ortslage Altenbrak (Harz)

Untersuchungen zum Einfluss kleiner  
Holzheizungen



**SACHSEN-ANHALT**

Landesamt für Umweltschutz

## ***Immissionsuntersuchungen in der Ortslage Altenbrak (Harz)***

Untersuchungen zum Einfluss kleiner Holzheizungen

### **Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt**

Fachbereich Immissionsschutz, Klimaschutz

Autoren:

Petra Kaminski

Torsten Bayer

Dr. Ulrich Zimmermann

Prof. Dr. Christian Ehrlich

Kontakt:

PSF 200 841, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt,

06009 Halle, Sitz: Reideburger Str. 47, 06116 Halle, Telefon (0345) 5704 0

E-mail: [poststelle@lau.mlu.sachsen-anhalt.de](mailto:poststelle@lau.mlu.sachsen-anhalt.de)

## **Inhalt**

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Messkonzeption .....</b>	<b>6</b>
2.1 Untersuchungszeitraum .....	6
2.2 Standorte des Messfahrzeugs sowie des Hochvolumensammlers DHM - 60.....	6
<b>3. Messprogramm .....</b>	<b>11</b>
3.1 Immissionsmessfahrzeug.....	11
3.2 Hochvolumensammler DHM - 60 .....	11
3.3 Indikatorkomponenten für Holzfeuerung .....	12
3.3.1 Levoglucosan.....	12
3.3.2 Reten (Polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff – PAK).....	13
3.3.3 Kalium.....	13
<b>4. Darstellung und Bewertung der Messergebnisse .....</b>	<b>14</b>
4.1 Feinstaub (Partikel PM <sub>10</sub> ) .....	14
4.2 PAK als Inhaltsstoffe im Feinstaub PM <sub>10</sub> .....	17
4.3 Ionen als Inhaltsstoffe im Feinstaub PM <sub>10</sub> .....	20
4.4 Elementarer und organischer Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel PM <sub>10</sub> ).....	22
4.5 Holzverbrennungstracer.....	26
4.5.1 Levoglucosan.....	26
4.6 Betrachtung eines Zeitraums ohne Ferntransporte.....	30
<b>5. Zusammenfassung .....</b>	<b>35</b>
<b>Danksagung.....</b>	<b>37</b>
<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>38</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>39</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lageplan für die Standorte Altenbrak, Treseburg und Unterharz/ Friedrichsbrunn..	7
Abbildung 2:	Altenbrak, Teilansicht Unterdorf .....	8
Abbildung 3:	Detailansicht von Standort ☉ (Großparkplatz, nordwestliche Ecke) .....	9
Abbildung 4:	Detailansicht von Standort ☉ (Großparkplatz, Blick in Richtung Osten) .....	9
Abbildung 5:	Detailansicht von Standort ☉ (Freifläche/Hof/DHM-60, Blick in Richtung Nordost)	10
Abbildung 6:	Strukturübersicht relevanter Ausgangs- und Endprodukte .....	12
Abbildung 7:	Strukturformel von Reten .....	13
Abbildung 8:	Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) .....	14
Abbildung 9:	Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) am Standort Altenbrak (Großparkplatz) sowie an den weiter entfernten Messstationen Burg und Domäne Bobbe (siehe Abb. A1) .....	15
Abbildung 10:	Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) am Standort Altenbrak (Großparkplatz) sowie an der LÜSA – Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn (HZUN) .....	16
Abbildung 11:	Halbstundenmittelwerte der Feinstaubfraktionen $PM_{10}$ und $PM_{2,5}$ an der LÜSA – Messstation Magdeburg West im Zeitraum vom 24.01. bis 27.01.2010 .....	17
Abbildung 12:	Tagesmittelwerte von Benzo(a)pyren in der Feinstaubfraktion $PM_{10}$ in Altenbrak .	18
Abbildung 13:	Tagesmittelwerte von Levoglucosan und Benzo(a)pyren in der Feinstaubfraktion $PM_{10}$ in Altenbrak .....	19
Abbildung 14:	Korrelation der Tagesmittelwerte von Benzo(a)pyren mit Levoglucosan für den Zeitraum der 2. Untersuchungsphase .....	19
Abbildung 15:	Tagesmittelwerte für Kalium im Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) am Standort Altenbrak	21
Abbildung 16:	Tagesmittelwerte für Kalium im Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) und die Lufttemperatur am Standort Altenbrak .....	22
Abbildung 17:	Tagesmittelwerte für elementaren Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) am Standort Altenbrak .....	23
Abbildung 18:	Tagesmittelwerte für organischen Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) am Standort Altenbrak .....	24
Abbildung 19:	Verhältnis der Tagesmittelwerte für organischen und elementaren Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) am Standort Altenbrak .....	25
Abbildung 20:	Verhältnis der Tagesmittelwerte für organischen und elementaren Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) am Standort Burg .....	26
Abbildung 21:	Tagesmittelwerte für Levoglucosan im Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) am Standort Großparkplatz südlich der Bode in Altenbrak .....	27
Abbildung 22:	Levoglucosan im Feinstaub $PM_{10}$ (Probenahme mittels Messfahrzeug) sowie im Gesamtschwebstaub TSP (Probenahme mittels Hochvolumensammler DHM-60)	28
Abbildung 23:	Gegenüberstellung ermittelter Gesamtschwebstaub- und Feinstaubkonzentrationen .....	29
Abbildung 24:	Korrelation ermittelter Gesamtschwebstaub- und Feinstaubkonzentrationen .....	30
Abbildung 25:	Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) .....	31
Abbildung 26:	Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) und Levoglucosan als Inhaltsstoff in der $PM_{10}$ – Fraktion . .....	31
Abbildung 27:	Feinstaub (Partikel $PM_{10}$ ) und Benzo(a)pyren als Inhaltsstoff in der $PM_{10}$ – Fraktion .....	32
Abbildung 28:	Zusammenhang zwischen der Konzentration von Benzo(a)pyren und den Tagesmittelwerten der Lufttemperatur .....	33
Abbildung 29:	Halbstundenmittelwerte der Feinstaubfraktion $PM_{10}$ in Altenbrak und an der LÜSA– Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn sowie für CO in Altenbrak am 06.01.2010 .....	34
Abbildung A 1:	Standortübersicht .....	39

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Messprogramm Altenbrak (Messfahrzeug) .....	11
Tabelle 2:	Konzentrationen löslicher Ionen im Feinstaub ( $PM_{10}$ ) in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ sowie ihr prozentualer Anteil – Mittelwerte bezüglich des jeweiligen Untersuchungszeitraums .....	20
Tabelle A 1:	Gesamtaufstellung der Feuerstätten in Altenbrak .....	40

## 1. Einleitung

Auf Grund der hohen Kosten für Erdöl und Gas werden bei Kleinverbrauchern zunehmend Heizkessel oder Kaminöfen zur Holzverbrennung installiert. Die Verwendung von Holz als erneuerbarem Energieträger ist einerseits sinnvoll. Dem steht andererseits gegenüber, dass vor allem handbeschickte Öfen und Kamine durch unvollständige Verbrennung größere Staubemissionen als moderne Gas- und Ölfeuerungen hervorrufen können.

Holzfeuerungen stellen daher neben dem Kfz – Verkehr eine bedeutende Quelle für die Luftbelastung durch Feinstaub, Ruß und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) dar /1/.

Eine nachhaltige Reduzierung der Feinstaubbelastung aus Kleinf Feuerungsanlagen gem. 1. BImSchV (Erste Verordnung zur Durchführung des Bundes – Immissionsschutzgesetzes – Verordnung über kleine und mittlere Feuerungsanlagen) ist nur mit einer Regelung zur deutlichen Senkung der Emissionen aus bestehenden Feuerungsanlagen für feste Brennstoffe und anspruchsvollen Grenzwerten für neue Anlagen erreichbar. Dieser Zielstellung diente die Novellierung der 1. BImSchV, die am 22. März 2010 in Kraft trat.

Neben den Schadstoffen aus der unvollständigen Verbrennung von Holz soll noch der anorganische Feinstaub (vorwiegend Salze) als ein Schadstoff aus der vollständigen Verbrennung angeführt werden.

Der Gesamtstaub, der bei der Verbrennung von Holz/ Holzspänen freigesetzt wird, besteht zu 74 % aus Feinstaub  $PM_{10}$ , was die Relevanz der durch Holzfeuerungen hervorgerufenen Emissionen unterstreicht /2/.

Die am Standort Altenbrak (Harz) vorgenommenen Immissionsmessungen stellen eine Fortführung des Messprojekts in der Ortslage Treseburg dar.

Im Zeitraum vom 15.01. bis 10.02.2008 waren in Treseburg im Harz im Rahmen eines Einsatzes des Immissionsmessfahrzeugs orientierende Messungen von Feinstaub ( $PM_{10}$ ) vorgenommen sowie die Konzentrationen ausgewählter polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe und löslicher Ionen als Inhaltsstoffe im Feinstaub bestimmt worden. Ziel des Messprojektes war es, in einer Ortslage mit zu erwartendem hohem Anteil an Holzheizungen den Einfluss kleiner Holzfeuerungen auf die Immissionssituation zu untersuchen. Auf Grund der im Untersuchungszeitraum vorherrschenden Wetterlage (keine austauschende Wetterlage; im Vergleich zum langjährigen Mittel viel zu warm – mithin auch geringere Heizaktivitäten) konnte im betrachteten Zeitraum keine Beeinflussung der Immissionssituation durch Holzfeuerungen nachgewiesen werden /3/.

Die in Altenbrak durchgeführten Messungen haben im Vergleich zum Messprojekt Treseburg noch Erweiterungen hinsichtlich der Messdauer, verschiedener Messphasen, der Messstandorte, der eingesetzten Messtechnik sowie der angewandten Untersuchungsparameter erfahren.

Inhalte dieser Fachinformation sind die Darlegung der Messkonzeption und die Darstellung sowie die Auswertung der im Rahmen des Messprogramms gewonnenen Daten.

## **2. Messkonzeption**

### **2.1 Untersuchungszeitraum**

Die Messungen zur Ermittlung eines möglichen Einflusses von Holzheizungen auf die Immissionssituation fanden naturgemäß in der winterlichen Heizperiode statt (Wahrscheinlichkeit des Betriebes derartiger Heizungen sowie Zeitraum, in dem vermehrt anhaltende Inversionswetterlagen zu erwarten sind).

Zur Beurteilung des Heizungseinflusses ist jedoch auch eine Datenbasis notwendig, die der Grundbelastung entspricht (wärmere Jahreszeit – ohne mögliche Beeinflussung durch das Betreiben von Heizungen mit festen Brennstoffen; Zeitraum mit geringerer Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Inversionswetterlagen).

Deshalb wurde der Untersuchungszeitraum in 2 Phasen untergliedert:

1. Phase zur Ermittlung der Grundbelastung: 22.09.2009 bis 17.10.2009;
2. Phase der Ermittlung einer möglichen Zusatzbelastung:  
02.12.2009 bis 10.03.2010.

Die durchschnittliche Tagesmitteltemperatur am Standort Altenbrak betrug für die 1. Untersuchungsphase 8°C. Für die 2. Phase wurde eine durchschnittliche Tagesmitteltemperatur von – 4 °C ermittelt.

### **2.2 Standorte des Messfahrzeugs sowie des Hochvolumensammlers DHM - 60**

Als Untersuchungsgebiet wurde der Luftkurort Altenbrak festgelegt, wo im Vergleich zur Ortslage Treseburg ein höherer Anteil potentieller Emittenten zu verzeichnen ist; eine Auflistung der Feuerstätten für Altenbrak befindet sich im Anhang (S. 40).

In Analogie zur Herangehensweise beim Messprojekt Treseburg sollte das Immissionsmessfahrzeug wiederum in einer Tallage positioniert werden, da dort in Folge eingeschränkter Austauschbedingungen erhöhte Schadstoffkonzentrationen zu erwarten sind.

Abbildung 1 gibt die Lage der Orte Altenbrak und Treseburg, auch im Vergleich zur benachbarten, ca. 10 km entfernten Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn des Luftüberwachungssystems Sachsen – Anhalt (LÜSA), wieder.

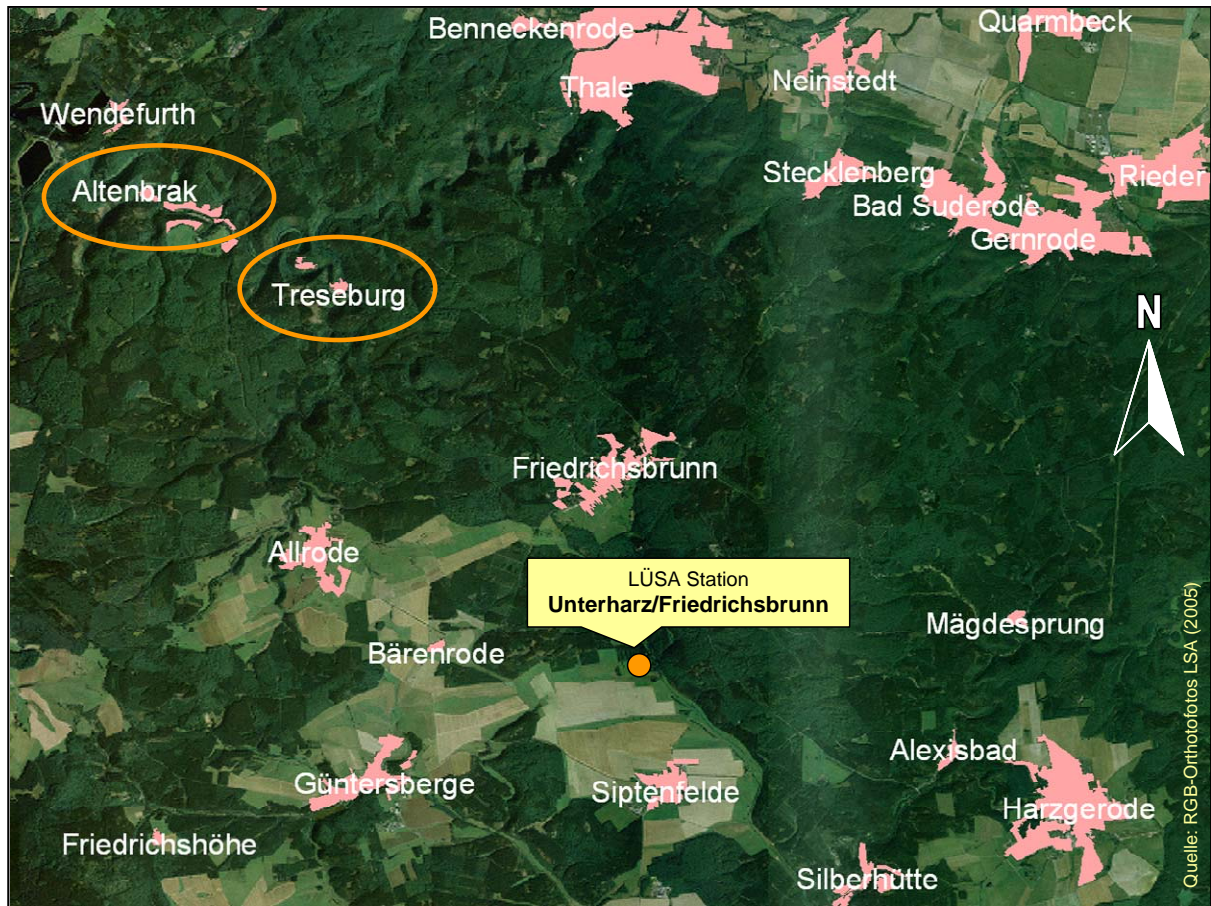


Abbildung 1: Lageplan für die Standorte Altenbrak, Treseburg und Unterharz/ Friedrichsbrunn

Im Rahmen der Standortwahl für das Immissionsmessfahrzeug sowie den separaten Hochvolumensammler DHM – 60 in Altenbrak wurden mehrere potentiell geeignete Standorte in Augenschein genommen (① bis ④ in Abbildung 2).

Für die Aufstellung des Messfahrzeugs wurden im Ort befindliche Parkplätze hinsichtlich ihrer Voraussetzungen überprüft (②, ③ und ④). Der Großparkplatz südlich der Bode (im Messzeitraum praktisch unbenutzt, somit kein Lokaleinfluss) erfüllte die erforderlichen Randbedingungen zur Durchführung von Immissionsmessungen und die logistischen Voraussetzungen für die Aufstellung des Immissionsmessfahrzeugs am besten und wurde als Einsatzstandort gewählt (④ in Abbildung 2).



Abbildung 2: Altenbrak, Teilansicht Unterdorf <sup>1</sup>

- ① - Grundstück Unterdorf 3 – Standort DHM-60
- ② - Parkplatz – erforderliche logistische Voraussetzungen nicht gegeben
- ③ - Parkplatz - erforderliche logistische Voraussetzungen nicht gegeben
- ④ - Großparkplatz südlich der Bode – Standort Immissionsmessfahrzeug

Die Abbildungen 3 und 4 zeigen den Großparkplatz südlich der Bode im Detail.

<sup>1</sup> Basis: RGB – Orthofotos Sachsen – Anhalt (2005)





Abbildung 3: Detailansicht von Standort ④ (Großsparkplatz, nordwestliche Ecke)



Abbildung 4: Detailansicht von Standort ④ (Großsparkplatz, Blick in Richtung Osten)

Die Gauß-Krüger-Koordinaten für den Standort des Messfahrzeugs lauten wie folgt: **44 26 953** (Rechtswert) und **57 32 933** (Hochwert). Der Standort befindet sich auf einem Niveau von 312 m ü.NN.

Neben dem komplett ausgerüsteten Immissionsmessfahrzeug ist ab dem 29. Dezember 2009 zusätzlich ein Hochvolumensammler DHM – 60 zum Einsatz gekommen. Standort für diesen Sammler war das Grundstück Unterdorf 3 (① in Abbildung 2). Mit dem Einsatz des Sammlers sollten zusätzliche Informationen zu Tracersubstanzen für die Holzverbrennung in der Ortslage Altenbrak gewonnen werden. Abbildung 5 zeigt den Standort im Detail.



Abbildung 5: Detailansicht von Standort ① (Freifläche/Hof/DHM-60, Blick in Richtung Nordost)

### 3. Messprogramm

#### 3.1 Immissionsmessfahrzeug

Das mittels Immissionsmessfahrzeug realisierte Messprogramm umfasste die Luftschadstoffe Feinstaub (PM<sub>10</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>), Kohlenmonoxid (CO), Stickstoffoxide (NO, NO<sub>2</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), wobei die Erfassung der Feinstaubbelastung und verschiedener Inhaltsstoffe in der PM<sub>10</sub>-Fraktion den eigentlichen Schwerpunkt der Messungen und auch der im Rahmen der Fachinformation vorgenommenen Auswertung bildeten. Als Inhaltsstoffe in der PM<sub>10</sub>-Fraktion wurden die Gehalte an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, löslichen Ionen, Levoglucosan sowie von elementarem und organischem Kohlenstoff (EC/ OC) bestimmt.

Darüber hinaus erfolgte die Erhebung verschiedener meteorologischer Kenngrößen. Einzelheiten zu den erhobenen Parametern finden sich in der nachfolgenden Tabelle 1.

Zu den Holzverbrennungstracern Levoglucosan und Reten erfolgen noch gesonderte Ausführungen.

Tabelle 1: Messprogramm Altenbrak (Messfahrzeug)

gemessene Schadstoffe	Messgerätetyp	Messprinzip	DIN/ EN - Norm
Partikel PM <sub>10</sub>	SHARP 5030 Hochvolumensammler (HVS) DHA-80	Nephelometer, Beta-Absorption Gravimetrie	DIN EN 12341
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	TE43C	Fluoreszenz	DIN EN 14212
Stickstoffmonoxid (NO) Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )	TE42C	Chemilumineszenz	DIN EN 14211
Ozon (O <sub>3</sub> )	TE49C	UV - Photometrie	DIN EN 14625
Kohlenmonoxid (CO)	TE48C	IR – Photometrie	DIN EN 14626
PAK <sup>1</sup> (im PM <sub>10</sub> )	Aufschluss der Filter vom DHA-80 im Labor, Analyse mittels GC-MS <sup>2</sup>		in Analogie zu DIN EN 15549
Ionen <sup>3</sup> (im PM <sub>10</sub> )	Aufschluss der Filter vom DHA-80 im Labor, Analyse mittels IC <sup>4</sup>		Anionen gem. DIN EN 10304-1 Kationen gem. DIN EN 14911-1
Elementarer Kohlenstoff (EC), Organischer Kohlenstoff (OC) im PM <sub>10</sub>	Filterproben vom DHA-80, thermografische Analysenmethode		VDI 2465
Levoglucosan (im PM <sub>10</sub> )	Filterproben vom DHA-80, GC-MS		
<b>meteorologische Parameter</b>			
relative Luftfeuchtigkeit, Lufttemperatur, Windrichtung, Windgeschwindigkeit VDI 3786			

<sup>1</sup> BaA, B(k)F, BaP, IND, BghiP, COR

<sup>2</sup> Gaschromatographie mit Massenspektrometer

<sup>3</sup> Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

<sup>4</sup> Ionenchromatographie

#### 3.2 Hochvolumensammler DHM - 60

Neben dem Immissionsmessfahrzeug kam in der 2. Messphase ein weiterer Hochvolumensammler (DHM – 60, für Gesamtschwebstaub TSP - total suspended particulates) an einem 2. Standort, wie unter 2.2 näher beschrieben, zum Einsatz.

Der Probenehmer war mit einer dem Filter nachgeschalteten Kartusche zur Aufnahme von Sorptionsmaterial, hier PU (Polyurethan) – Schäume, ausgestattet. Dies ermöglichte auch die Gewinnung von Probenmaterial für die Analyse von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, insbesondere von Reten.

Dieser Hochvolumensammler diente vornehmlich der Gewinnung von Vergleichsproben für die Levoglucosan - Analytik.

### 3.3 Indikatorkomponenten für Holzfeuerung

Um Aussagen über den Einfluss von Holzfeuerungen auf die Immissionssituation treffen zu können, benötigt man Indikatoren, die weder auf Verbrennungsprozesse in der Industrie noch auf den Verkehr zurückgeführt werden können.

#### 3.3.1 Levoglucosan

Bei der Verbrennung von Holz entstehen durch Pyrolyse aus Cellulose und Hemicellulose verschiedene Anhydromonosaccharide, mit Levoglucosan als bedeutendstem Vertreter. Diese Anhydrosuckerverbindungen sind spezifisch für Emissionen aus der Verbrennung von Biomasse und entstehen nicht beim Verbrennen von fossilen Brennstoffen, somit sind sie ideale Tracer für die Holzverbrennung.

Abbildung 6 zeigt die Strukturen verschiedener Anhydromonosaccharide, u. a. von Levoglucosan, sowie die der Ausgangssubstanzen Cellulose und Hemicellulose.

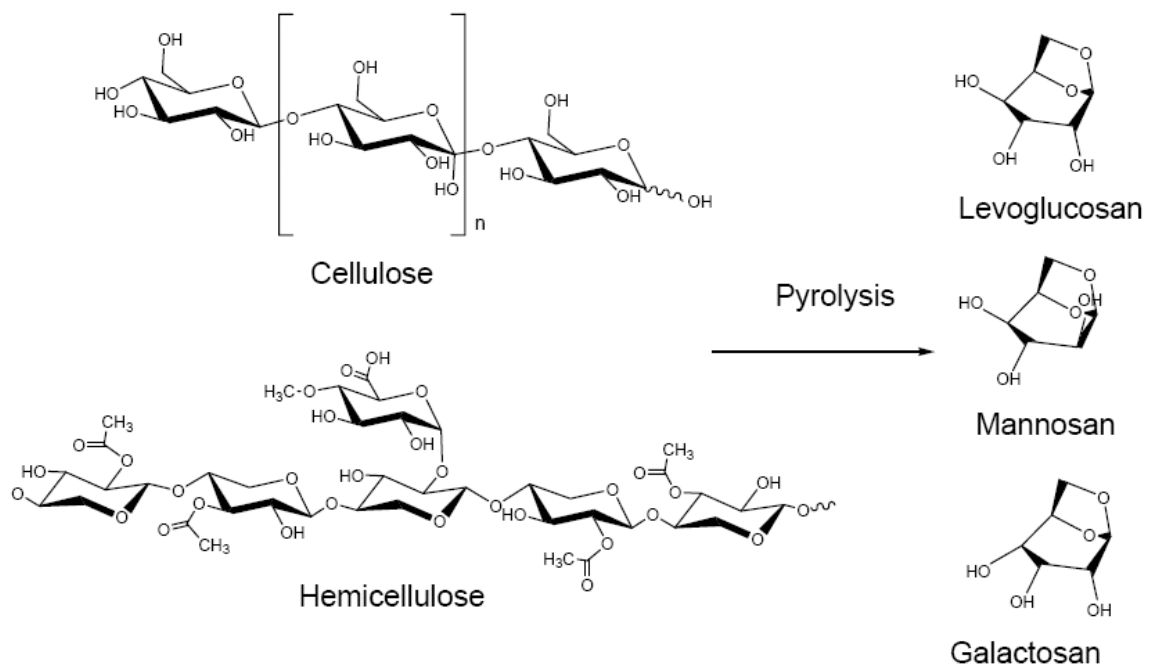


Abbildung 6: Strukturübersicht relevanter Ausgangs- und Endprodukte /4/

### 3.3.2 Reten (Polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff – PAK)

PAK werden bei nahezu allen unvollständigen Verbrennungsprozessen emittiert. Einige PAK entstehen auch oder speziell bei Holzverbrennung. Ein Vertreter hierfür ist das 7-Isopropyl-1-Methyl-Phenanthren, das unter dem Trivialnamen Reten bekannt ist. Reten entsteht ausschließlich bei der Verbrennung von Nadelhölzern und dient deshalb als spezieller Tracer für die Verbrennung derartiger Hölzer.

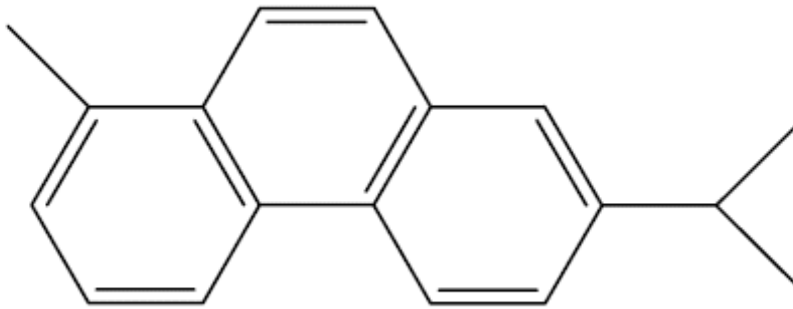


Abbildung 7: Strukturformel von Reten

Da Reten mit einem Siedepunkt von 390°C zu den leichtflüchtigeren Verbindungen zählt, muss zur Probenahme ein spezielles System aus Filter und nachgeschalteter Kartusche zur Aufnahme von Sorptionsmaterial (wie unter 3.2 beschrieben) angewandt werden.

### 3.3.3 Kalium

Als Tracer für die vollständige Verbrennung von Hölzern ist der Untersuchungsparameter Kalium anzuführen. Weitere Aussagen hierzu erfolgen unter Pkt. 4.3 Ionen als Inhaltsstoffe im Feinstaub PM<sub>10</sub>.

## 4. Darstellung und Bewertung der Messergebnisse

Nachfolgend werden die Messergebnisse für den Gesamtzeitraum auf der Basis von Tagesmittelwerten grafisch dargestellt. Zur besseren Bewertung erfolgt der Vergleich mit Messdaten der LÜSA - Messstationen Unterharz/ Friedrichsbrunn (ländlich regional - Hintergrund), Domäne Bobbe (ländliches Gebiet - Hintergrund), Burg (vorstädtisches Gebiet - Hintergrund) sowie Magdeburg West (städtisches Gebiet - Hintergrund). Eine Kartenübersicht mit den genannten Standorten findet sich im Anhang (S. 39).

Die Probenahme des Holzverbrennungstracers Levoglucosan erfolgte zum einen mittels Hochvolumensammler DHA-80 des Immissionsmessfahrzeugs, wobei Tagesproben für die Analyse zur Verfügung standen, sowie zum anderen unter Anwendung des Hochvolumensammlers DHM-60, mit welchem in der Regel Wochenmischproben gewonnen wurden.

### 4.1 Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>)

Abbildung 8 visualisiert die am Standort Altenbrak – Großparkplatz – während beider Messphasen (der Phase der Grundbelastung sowie der Phase möglicher Zusatzbelastungen) für den Parameter Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>)<sup>2</sup> erhaltenen Tagesmittelwerte.

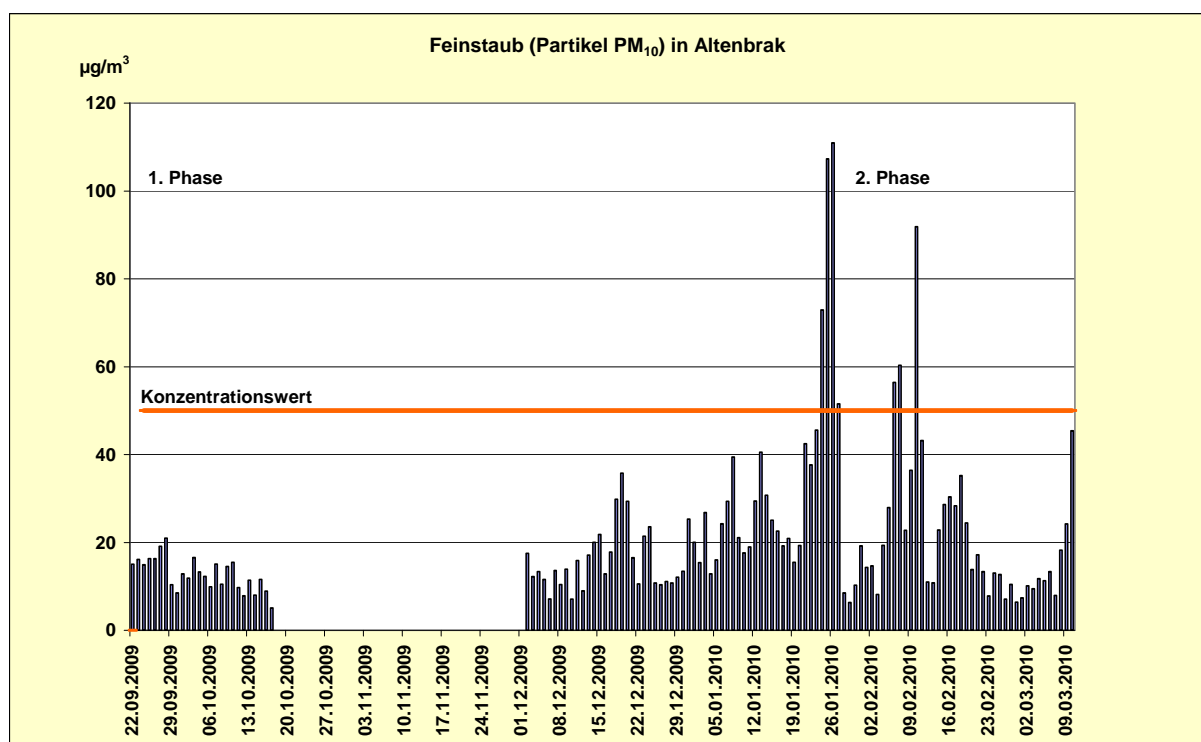


Abbildung 8: Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>)

Es ist ersichtlich, dass in der Phase vom 02.12.2009 bis 10.03.2010 im Vergleich zur Phase der Grundbelastung deutlich höhere Tagesmittelwerte für Feinstaub zu verzeichnen waren. Der in der 39. BImSchV (Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen) für den Schadstoff Partikel PM<sub>10</sub> als Tagesmittelwert vorgegebene

<sup>2</sup> Feinstaub (PM<sub>10</sub>) bezeichnet die Partikel, die einen gröÙenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 Mikrometer einen Abscheidegrad von 50 % aufweist.

Konzentrationswert in Höhe von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , der pro Kalenderjahr höchstens 35 mal überschritten werden darf, wurde in der 2. Phase 7 mal, z. T. deutlich, überschritten.

(Im Vergleich zu der für das gesamte Kalenderjahr 2010 bezüglich der nahe gelegenen LÜSA-Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn zu verzeichnenden Überschreitungszahl des Konzentrationswertes [Anzahl 9] ist jedoch mit Sicherheit davon auszugehen, dass auch in der Ortslage Altenbrak die höchstzulässige Überschreitungszahl [35] im Jahr 2010 deutlich unterschritten wurde.)

Die in der 2. Untersuchungsphase im Vergleich zur 1. Phase (Grundbelastung) am Standort Altenbrak erhaltenen „Mehrfunde“ sind jedoch nicht ausschließlich lokalen Quellen (z. B. Zusatzheizungen mit festen Brennstoffen) zuzuordnen.

Der kalte und schneereiche Winter 2010 hat in Verbindung mit anthropogenen Staubemissionen in weiten Teilen Deutschlands, so auch in Sachsen-Anhalt, zu mehreren Perioden hoher Feinstaubkonzentrationen geführt. Als Ursachen hierfür sind die vorherrschenden meteorologischen Bedingungen:

- stabile Ostwetterlage,
- weite Teile Skandinaviens und Osteuropas unter dem Einfluss eines raumgreifenden Bodenhochs,
- eisige Temperaturen,
- weite Teile Europas schneebedeckt,
- ausgedehnte Nebelfelder in Ostdeutschland,
- Strahlungsabkühlung in den unteren Luftschichten,
- über dem Boden ausgebreitete Kaltluft als Teil einer lang anhaltenden Inversionswetterlage

in Kombination mit Schadstofferntransporten aus östlicher Richtung zu nennen /5/. Lokale Quellen (Verkehr, Industrie, Gebäudeheizung mit Festbrennstoffen) wurden hierbei z. T. überdeckt, was auch die folgende Abbildung verdeutlicht.

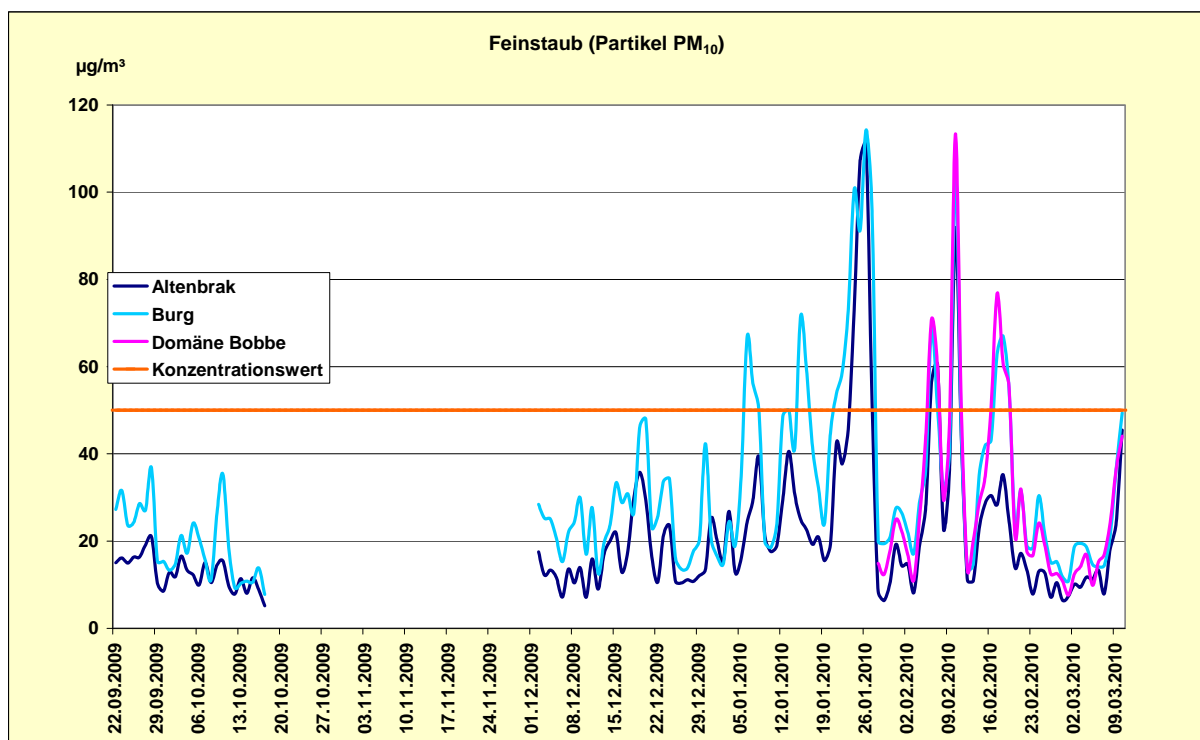


Abbildung 9: Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel  $\text{PM}_{10}$ ) am Standort Altenbrak (Großparkplatz) sowie an den weiter entfernten Messstationen Burg und Domäne Bobbe (siehe Abb. A1)

Aus Abbildung 9 geht hervor, dass gerade während der Zeiträume sehr hoher Feinstaubkonzentrationen (24. – 27.01.10; 06. – 10.02.10) fast keine Unterschiede hinsichtlich der Tagesmittelwerte für Feinstaub bezüglich der drei vergleichend dargestellten Standorte zu verzeichnen waren.

Durch die in Abbildung 10 vorgenommene Gegenüberstellung der Tagesmittelwerte für Feinstaub PM<sub>10</sub> am Standort Altenbrak und der benachbarten LÜSA – Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn wird die eben getroffene Aussage nochmals bestätigt.

Hierbei wird auch deutlich, dass die 2. Untersuchungsphase in 2 Abschnitte untergliedert werden kann:

- Abschnitt A – Einfluss lokaler Emittenten (Holzfeuerung) wird sichtbar,
- Abschnitt B – Episoden mit Ferntransport sind bestimmend.

Die 2. Untersuchungsphase Abschnitt A wird unter 4.6 noch näher betrachtet werden.

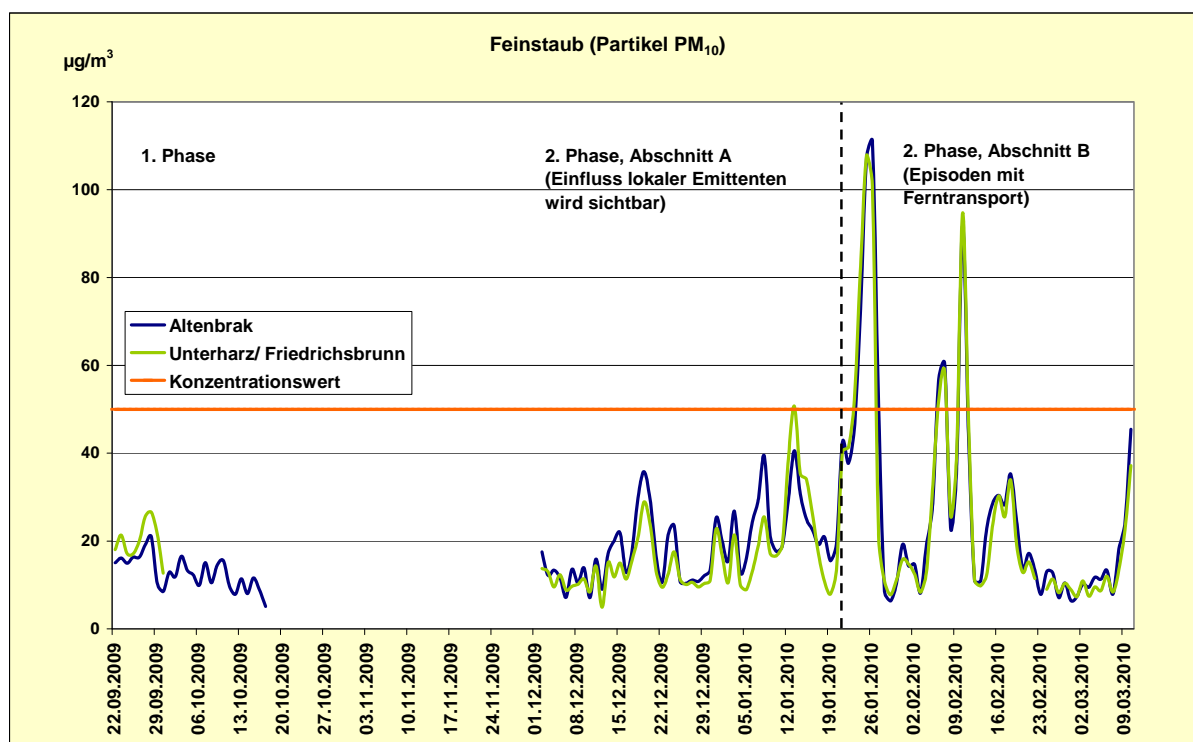


Abbildung 10: Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) am Standort Altenbrak (Großparkplatz) sowie an der LÜSA – Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn (HZUN)

Für einen hohen Transportanteil und gegen einen hohen Beitrag lokaler Quellen (2. Phase Abschnitt B) sprechen auch die im Osten Deutschlands vorherrschenden Windgeschwindigkeiten – 2 bis 4 m/s (am 25.01.10) bzw. 1 bis 4 m/s (am 26.01.10) /5/. Parallel durchgeführte Messungen der Feinstaubfraktionen PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>, wie am Standort Magdeburg West, zeigen, dass die PM<sub>2,5</sub> – Konzentrationen nur wenig niedriger als die PM<sub>10</sub> – Konzentrationen lagen, da im Verlauf des Transports die größeren Partikel rascher aus der Luftmasse sedimentierten und das Verhältnis der beiden Feinstaubfraktionen sich einander angleich, was in Abbildung 11 deutlich wird. (Bezogen auf das Jahr 2010 betrug der PM<sub>2,5</sub> – Anteil an der PM<sub>10</sub> – Fraktion am Standort der Messstation Magdeburg West 78 %.)



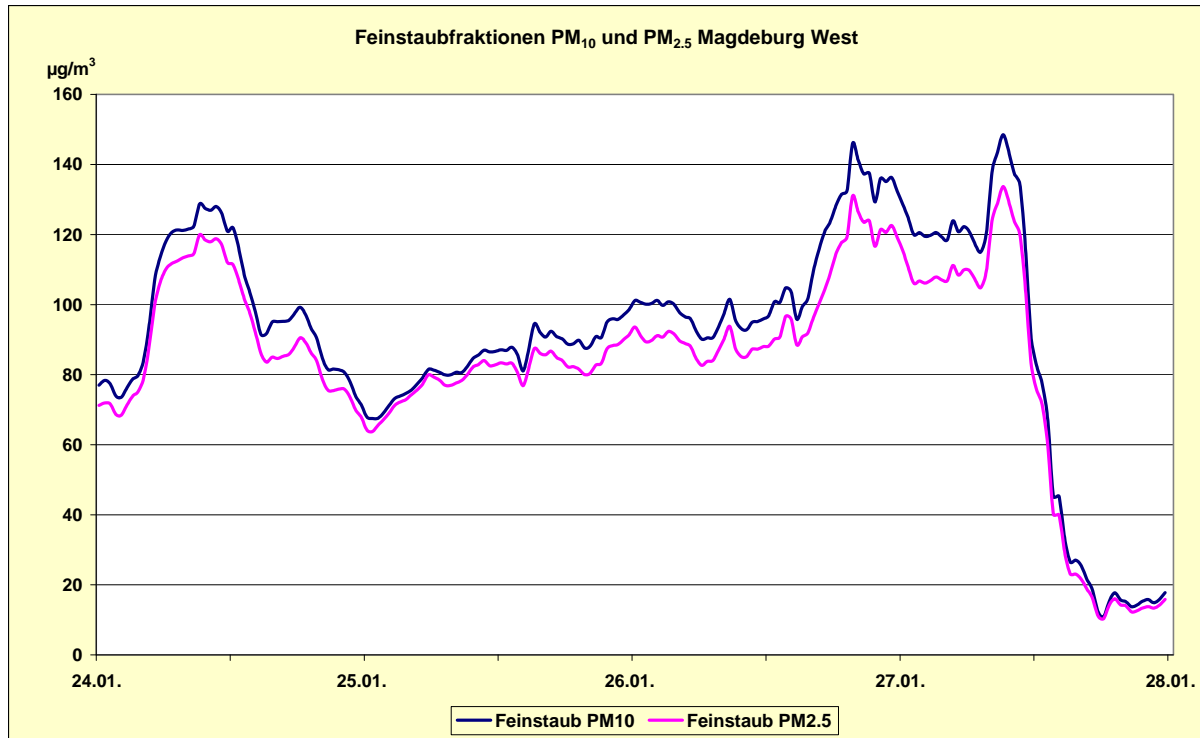


Abbildung 11: Halbstundenmittelwerte der Feinstaubfraktionen  $PM_{10}$  und  $PM_{2.5}$  an der LÜSA – Messstation Magdeburg West im Zeitraum vom 24.01. bis 27.01.2010

#### 4.2 PAK als Inhaltsstoffe im Feinstaub $PM_{10}$

Als Inhaltsstoffe im Feinstaub wurden die Konzentrationen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) bestimmt.

Die hierbei am Standort Altenbrak ermittelten PAK – Einzelkomponenten sind in Tabelle 1 unter Pkt. 3. Messprogramm aufgelistet.

Abbildung 12 gibt die für die PAK – Leitsubstanz, das Benzo(a)pyren – B(a)P, in der Feinstaubfraktion  $PM_{10}$  in den einzelnen Messphasen angetroffenen Konzentrationen wieder.

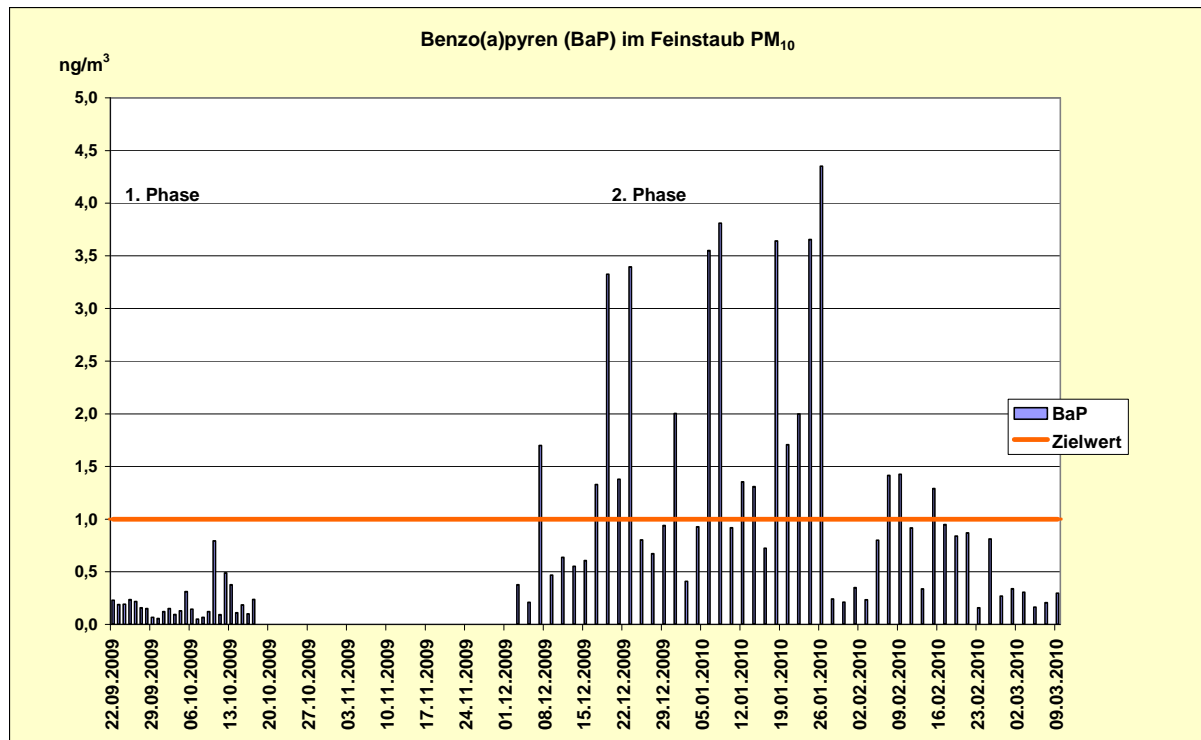


Abbildung 12: Tagesmittelwerte von Benzo(a)pyren in der Feinstaubfraktion PM<sub>10</sub> in Altenbrak

Benzo(a)pyren ist als kanzerogen für den Menschen anzusehen. Des Weiteren wird eine mutagene und reproduktionstoxische Wirkung vermutet.

Für das B(a)P ist in der 39. BImSchV für den Jahresmittelwert ein Zielwert in Höhe von 1 ng/m<sup>3</sup> festgelegt, der ab dem 31. Dezember 2012 nicht mehr überschritten werden sollte.

Abbildung 12 verdeutlicht, dass in der 2. Untersuchungsphase dieser zur orientierenden Bewertung herangezogene Zielwert für den Jahresmittelwert an einigen Tagen z. T. deutlich überschritten wurde, was sich auch im Mittelwert der B(a)P – Konzentration für die 2. Phase widerspiegelt – 1,2 ng/m<sup>3</sup>. In der 1. Untersuchungsphase hingegen betrug der Mittelwert nur 0,2 ng/m<sup>3</sup>. Bezogen auf den gesamten Jahreszeitraum 2010 ist jedoch mit Sicherheit davon auszugehen, dass der Zielwert für den Jahresmittelwert eingehalten wurde.

Hinsichtlich der prozentualen Anteile von B(a)P an der PM<sub>10</sub> – Fraktion ergibt sich für das Verhältnis der 1./ 2. Untersuchungsphase ein Verhältnis von 2/ 5.

Benzo(a)pyren kann als Indikator für die unvollständige Verbrennung von organischem Material herangezogen werden /6/. Aus diesem Grund wurde in Abbildung 13 ein Vergleich der Analysenmessergebnisse für B(a)P mit den Messergebnissen für den Holzverbrennungstracer Levoglucosan vorgenommen (weitere Ausführungen zum Levoglucosan erfolgen unter Pkt. 4.5.1). Wie durch Abbildung 14 visualisiert wird, korrelieren die Tagesmittelwerte für beide Untersuchungsparameter gut miteinander.

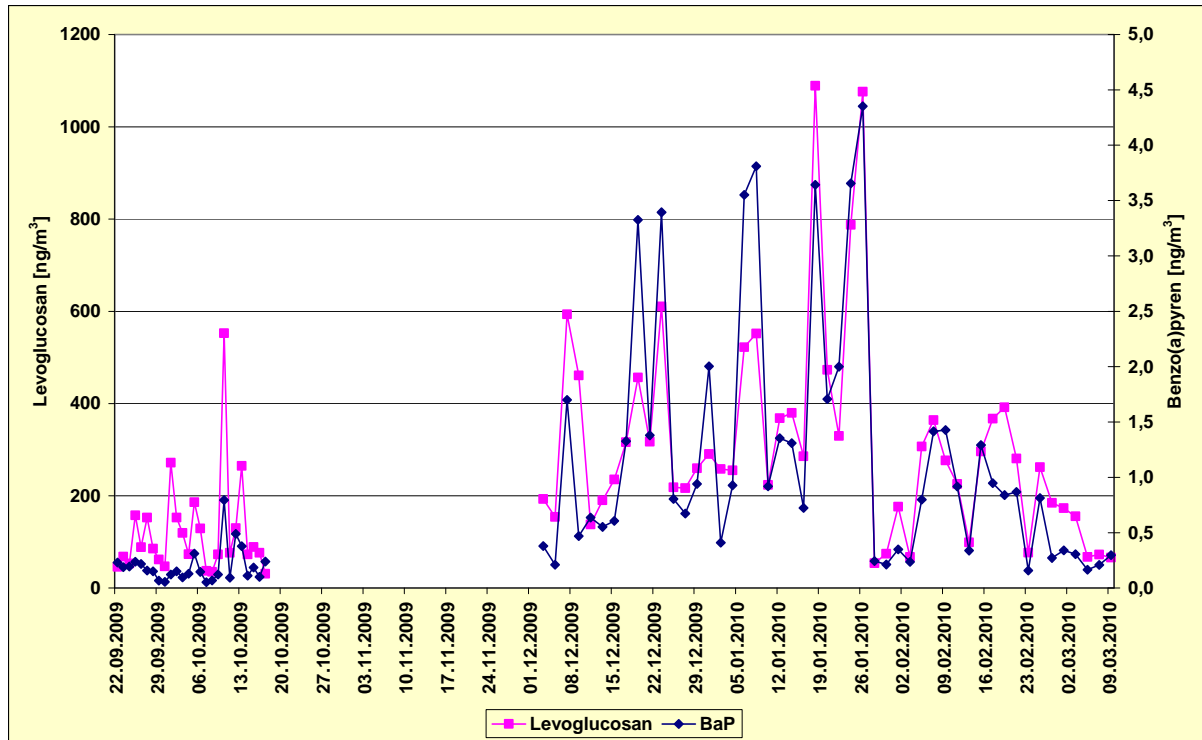


Abbildung 13: Tagesmittelwerte von Levoglucosan und Benzo(a)pyren in der Feinstaubfraktion PM<sub>10</sub> in Altenbrak

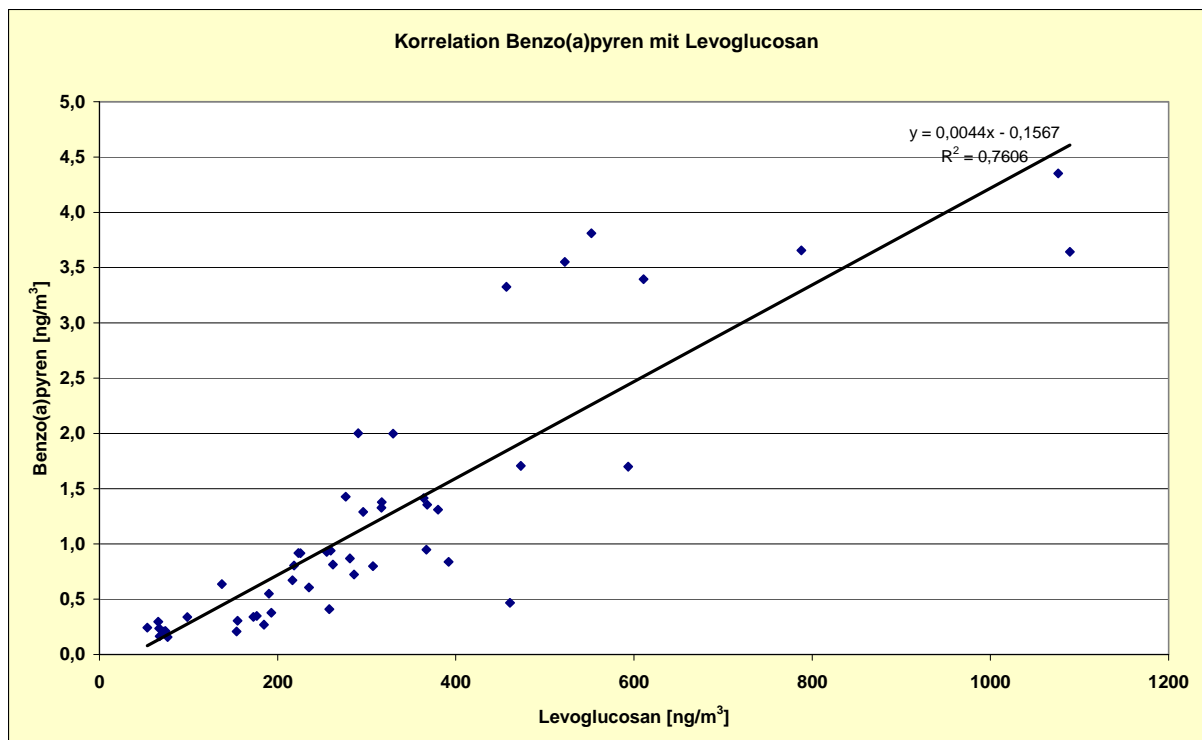


Abbildung 14: Korrelation der Tagesmittelwerte von Benzo(a)pyren mit Levoglucosan für den Zeitraum der 2. Untersuchungsphase

### 4.3 Ionen als Inhaltsstoffe im Feinstaub PM<sub>10</sub>

Zu den Schadstoffen aus der vollständigen Verbrennung von Hölzern zählen der anorganische Feinstaub (vorwiegend Salze wie K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> und KCl) /7/ sowie Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>), welche hauptsächlich aus dem Holzstickstoff gebildet werden.

Als Inhaltsstoffe im Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) wurden für beide Untersuchungszeiträume die in Tabelle 1 unter Pkt. 3. Messprogramm angeführten löslichen Ionen bestimmt.

Tabelle 2 gibt den Vergleich der für die 1. Phase (Grundbelastung) sowie die 2. Phase (mit möglichen Zusatzbelastungen) ermittelten Ionenkonzentrationen sowie ihren prozentualen Anteil am Feinstaub PM<sub>10</sub> wieder.

Tabelle 2: Konzentrationen löslicher Ionen im Feinstaub (PM<sub>10</sub>) in µg/m<sup>3</sup> sowie ihr prozentualer Anteil – Mittelwerte bezüglich des jeweiligen Untersuchungszeitraums

Komponente	1. Phase		2. Phase	
	µg/m <sup>3</sup>	%	µg/m <sup>3</sup>	%
Na <sup>+</sup> (Natrium – Ionen)	0,370	2,84	0,160	1,07
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (Ammonium – Ionen)	0,530	3,91	2,010	7,51
K <sup>+</sup> (Kalium – Ionen)	0,080	0,65	0,195	0,87
Mg <sup>2+</sup> (Magnesium – Ionen)	0,043	0,34	0,025	0,16
Ca <sup>2+</sup> (Calcium – Ionen)	0,102	0,77	0,142	0,65
Cl <sup>-</sup> (Chlorid – Ionen)	0,217	1,83	0,082	0,54
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (Nitrit – Ionen)	0,075	0,65	0,105	0,71
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (Nitrat – Ionen)	1,070	8,37	3,470	15,14
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (Phosphat – Ionen)	0,050	0,37	0,010	0,07
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (Sulfat – Ionen)	1,780	13,26	4,040	15,22

Beim Vergleich der für die 1. und 2. Phase erhaltenen Analysenmessergebnisse wird ersichtlich, dass höhere Ionenkonzentrationen (und auch höhere prozentuale Anteile an der Feinstaubfraktion PM<sub>10</sub>) in der 2. Untersuchungsphase für die Komponenten Ammonium, Kalium, Nitrit, Nitrat und Sulfat erhalten wurden, was gerade im Falle von Kalium für eine Beeinflussung durch Emissionen aus der Holzverbrennung spricht.

(Die in der 1. Phase bezüglich Natrium, Magnesium und Chlorid im Vergleich zur Phase 2 zu verzeichnenden höheren Konzentrationen könnten auf die in Phase 1 dominierenden Luftmassen aus westlichen bis nordwestlichen Windrichtungen zurückzuführen sein – „Seesalzeffekt“ /8/.)

Nachfolgende Abbildung für den Holzverbrennungstracer Kalium verdeutlicht nochmals die in der 2. Phase angetroffenen, signifikant höheren Kaliumkonzentrationen.

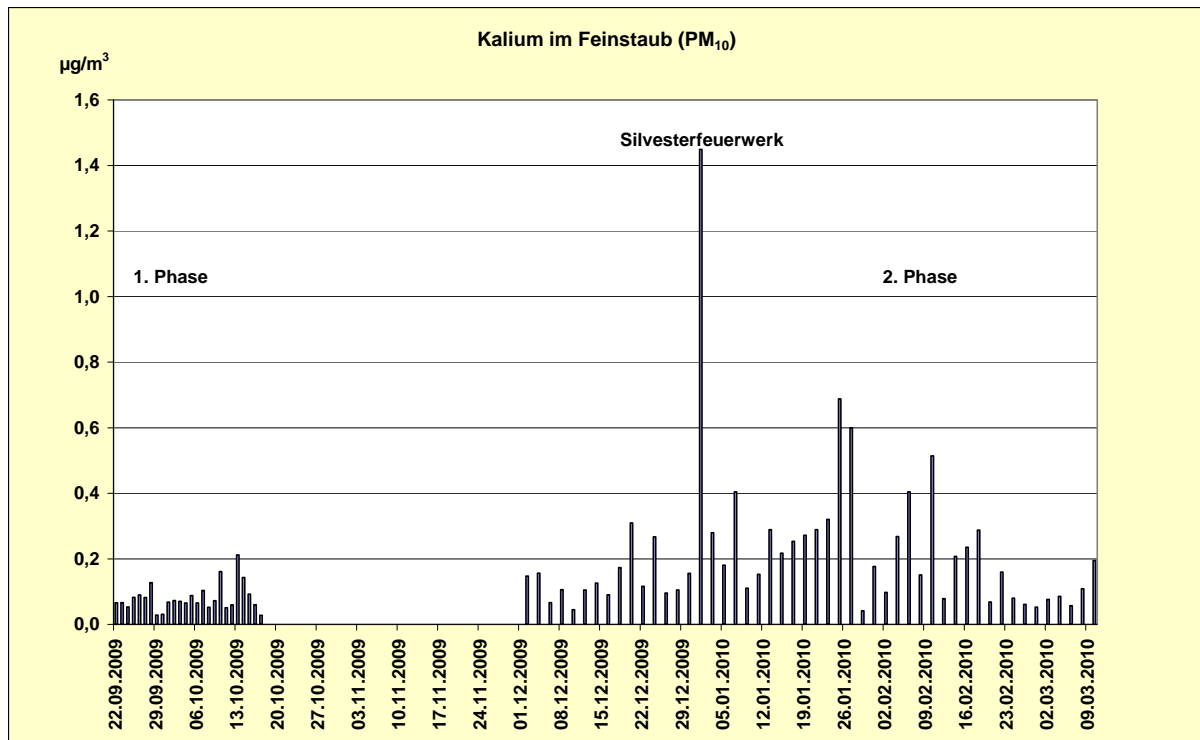


Abbildung 15: Tagesmittelwerte für Kalium im Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) am Standort Altenbrak

Hinsichtlich der für den Neujahrstag erhaltenen sehr hohen Kaliumkonzentration soll angemerkt werden, dass diese sicherlich auf Silvesterfeuerwerk zurückzuführen ist /9/. Die nachfolgende Abbildung verdeutlicht einen Zusammenhang zwischen dem im Feinstaub PM<sub>10</sub> angetroffenen Kalium und den Tagesmittelwerten der Lufttemperatur (auf die Abbildung des Tagesmittelwertes für Kalium am Neujahrstag wird hierbei und auch bei noch folgenden Auswertungen verzichtet). Bei niedrigeren Lufttemperaturen wurden höhere Kaliumkonzentrationen ermittelt, was für verstärkte Heizaktivitäten spricht.

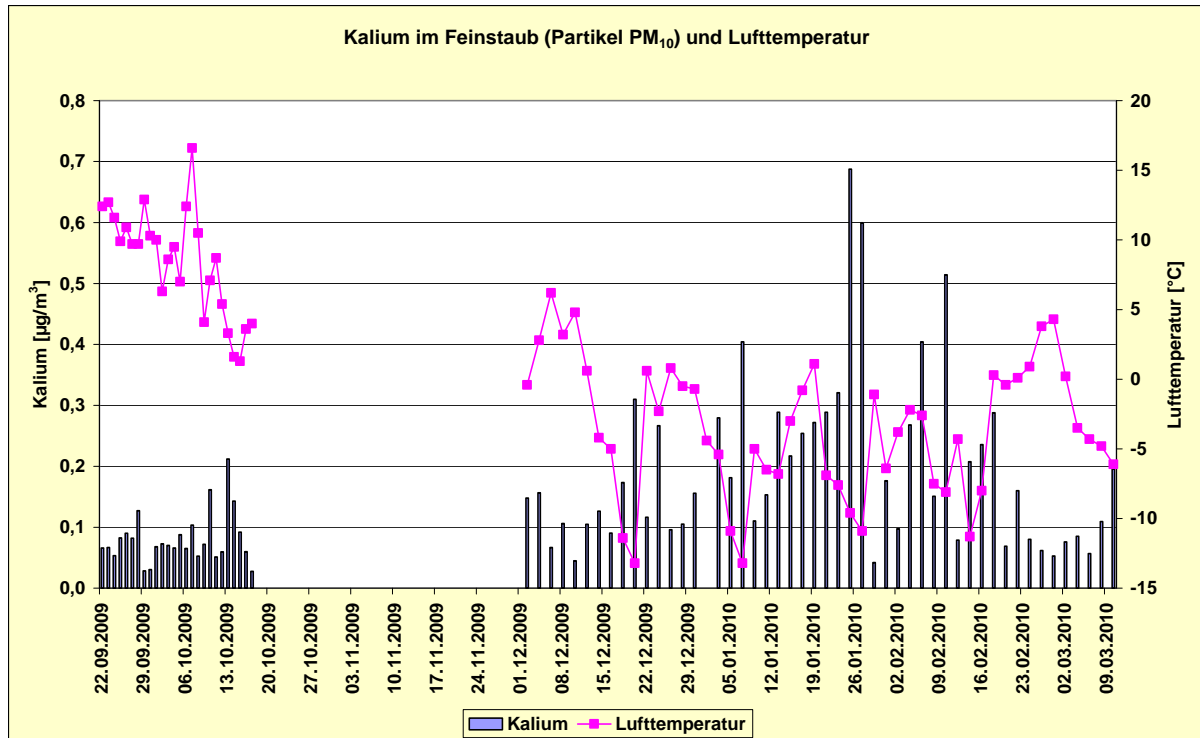


Abbildung 16: Tagesmittelwerte für Kalium im Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) und die Lufttemperatur am Standort Altenbrak

#### 4.4 Elementarer und organischer Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>)

Elementarer Kohlenstoff EC (Ruß) resultiert in erster Linie aus Verbrennungsprozessen („Dieselruß“, Hausbrand). Abbildung 17 zeigt die während beider Untersuchungsphasen am Standort Altenbrak im Feinstaub PM<sub>10</sub> ermittelten Tagesmittelwerte an elementarem Kohlenstoff.

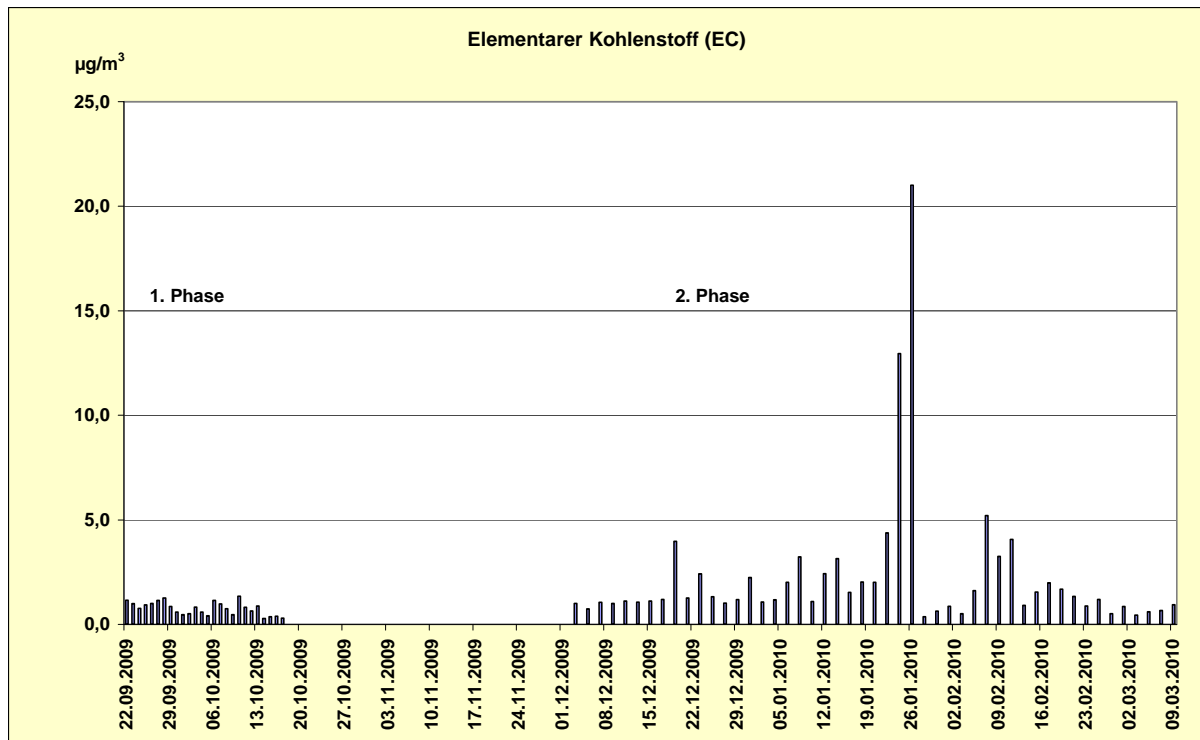


Abbildung 17: Tagesmittelwerte für elementaren Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) am Standort Altenbrak

Die Zusammensetzung und Herkunft des organischen Kohlenstoffs (OC) hingegen ist weniger eindeutig. Ein Teil wird bei unvollständiger Verbrennung aus den gleichen Quellen wie der EC freigesetzt. Weitere Quellen für organischen Kohlenstoff sind sekundäre organische Partikel, die aus anthropogenen und biogenen NMVOC (non methane volatile organic compounds – flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) entstehen, sowie biologische Materialien, wie z. B. Bakterien, Pilzsporen, Blattfragmente etc. (dieser Beitrag dürfte jedoch im Winter eher gering sein) /10/. Abbildung 18 stellt die erhaltenen Tagesmittelwerte für organischen Kohlenstoff im Feinstaub PM<sub>10</sub> dar.

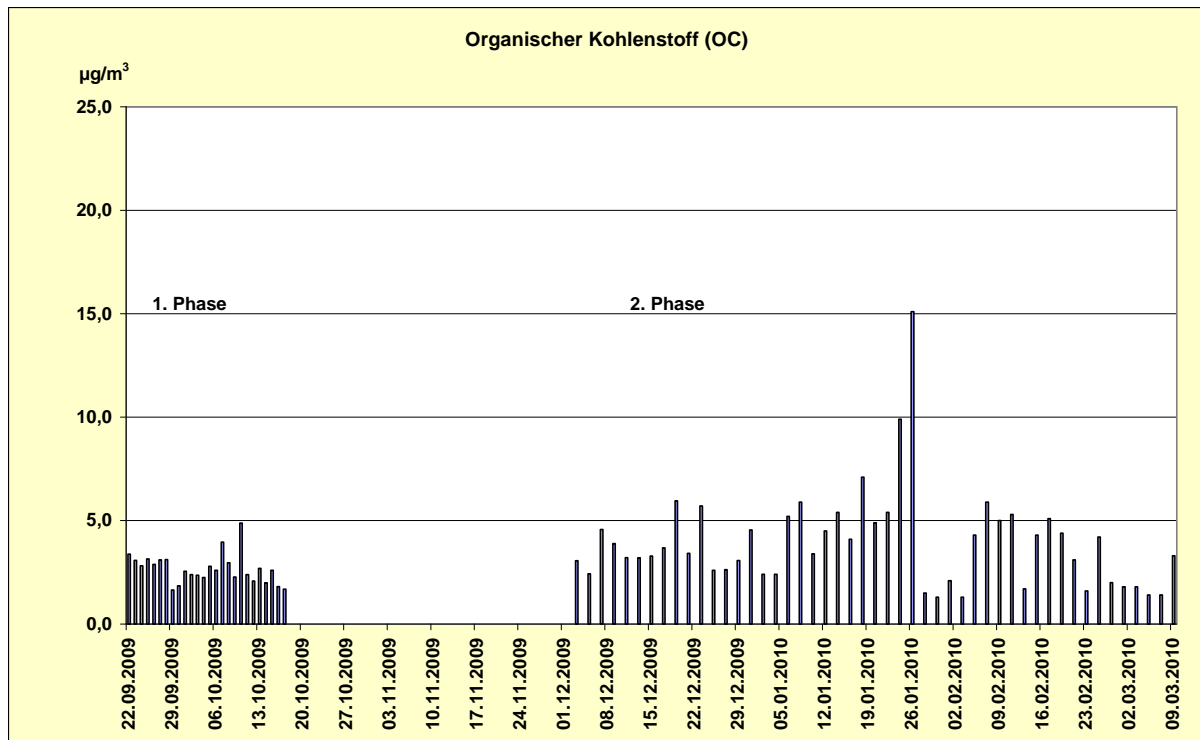


Abbildung 18: Tagesmittelwerte für organischen Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) am Standort Altenbrak

Die Partikel, die bei der Holzverbrennung entstehen, setzen sich aus organischem Kohlenstoff und elementarem Kohlenstoff zusammen (meist ist der Anteil an organischem Kohlenstoff wesentlich höher als jener an elementarem Kohlenstoff), der Rest sind anorganische Aschen (wie unter Pkt. 4.3 bereits abgehandelt).

Das Verhältnis der für organischen und elementaren Kohlenstoff im Feinstaub PM<sub>10</sub> erhaltenen Tagesmittelwerte visualisiert Abbildung 19.



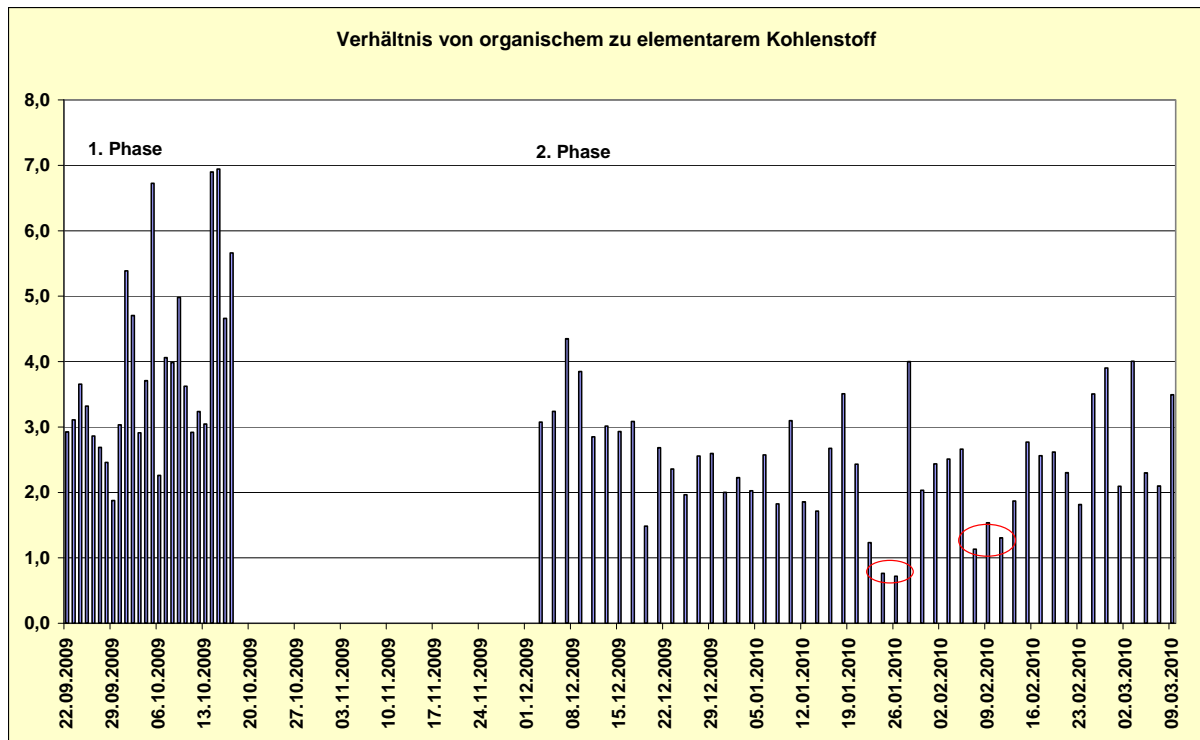


Abbildung 19: Verhältnis der Tagesmittelwerte für organischen und elementaren Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel  $PM_{10}$ ) am Standort Altenbrak

In Anbetracht von Ergebnissen aus der Literatur /11/ war erwartet worden, dass der Anteil von OC in den Wintermonaten deutlich ansteigt, da zu den o. g. Quellen für organischen Kohlenstoff während der Heizperiode OC durch die Verbrennung von Holz hinzu kommt. Abbildung 19 zeigt jedoch, dass das Verhältnis von organischem zu elementarem Kohlenstoff in der 2. Untersuchungsphase geringer ist als in der 1. Phase (Phase der Grundbelastung).

In der 2. Untersuchungsphase Abschnitt B (Zeiträume vom 24.01. bis 27.01.2010 sowie vom 06.02. bis 10.02.2010 - gekennzeichnete Bereiche) war das Verhältnis von organischem zu elementarem Kohlenstoff am geringsten.

Wie unter Pkt. 4.1 Feinstaub (Partikel  $PM_{10}$ ) bereits ausgeführt, waren in diesen beiden Zeiträumen flächendeckend sehr hohe Feinstaubkonzentrationen, vornehmlich resultierend aus Ferntransporten, zu verzeichnen und lokale Quellen (wie Gebäudeheizung mit Festbrennstoffen) waren z. T. überdeckt.

Auch für die vergleichend herangezogene LÜSA – Messstation Burg war das Verhältnis der Tagesmittelwerte von organischem zu elementarem Kohlenstoff im Feinstaub  $PM_{10}$  in der Zeit vom 24. bis 26.01.2010 am geringsten (Abbildung 20).

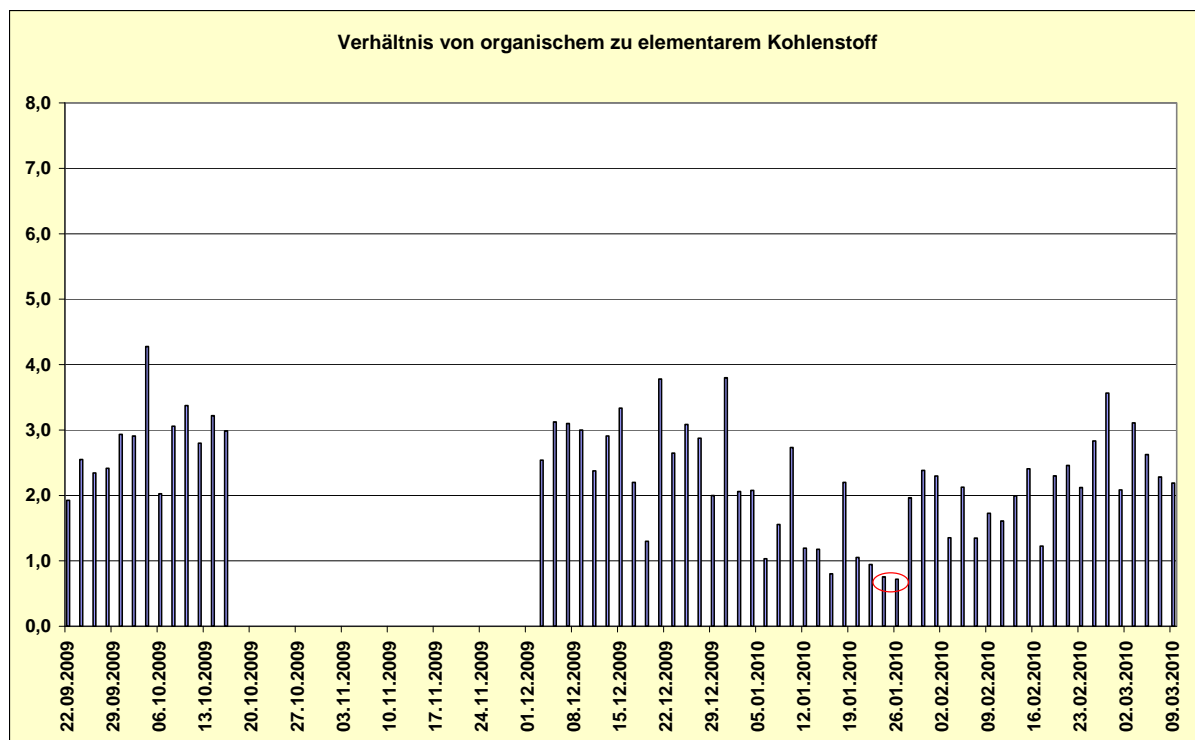


Abbildung 20: Verhältnis der Tagesmittelwerte für organischen und elementaren Kohlenstoff im Feinstaub (Partikel  $PM_{10}$ ) am Standort Burg

## 4.5 Holzverbrennungstracer

### 4.5.1 Levoglucosan

Im Rahmen einer Diplomarbeit /12/, die durch den Laborbereich des Landesamtes für Umweltschutz betreut wurde, erfolgte die Entwicklung einer neuen Analysenmethode zur Bestimmung von Anhydromonosacchariden (u. a. von Levoglucosan), und zwar durch Gaschromatographie – Massenspektrometrie.

Die Durchführung dieser Arbeit wurde unterstützt, indem Staubproben (gewonnen im Rahmen des hier vorgestellten Messprojektes) für die analytische Befundung hinsichtlich ihres Gehaltes an Anhydromonosacchariden bereitgestellt wurden. Somit sind auch Aussagen bezüglich der Indikatorkomponente Levoglucosan möglich.

Levoglucosan wurde zum einen als Inhaltsstoff in den mittels Immissionsmessfahrzeug (Standort – Großparkplatz südlich der Bode) im täglichen Rhythmus gewonnenen Feinstaubproben (Partikel  $PM_{10}$ ) bestimmt. Zum anderen erfolgte die Ermittlung der Levoglucosankonzentration von Gesamtschwebstaubproben (TSP - total suspended particulates), die mit dem Hochvolumensammler DHM – 60 an einem 2. Standort (Grundstück Unterdorf 3) in der Regel über einen Zeitraum von einer Woche gewonnen wurden. Der Hochvolumensammler kam ab dem 29.12.09 zum Einsatz.

Abbildung 21 zeigt die Levoglucosankonzentrationen, die für die 1. und die 2. Untersuchungsphase mittels Probenahme durch das Immissionsmessfahrzeug bestimmt wurden.

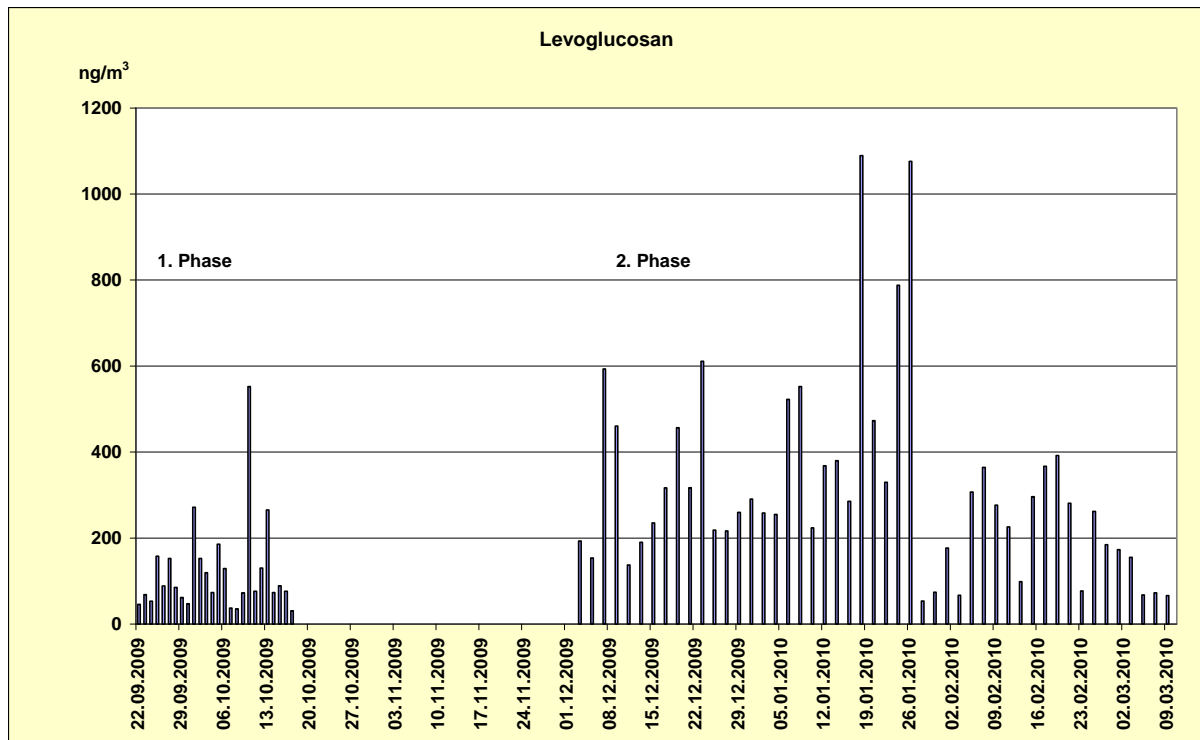


Abbildung 21: Tagesmittelwerte für Levoglucosan im Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) am Standort Großparkplatz südlich der Bode in Altenbrak

Abbildung 21 verdeutlicht, dass in der 2. Phase (Phase mit zu erwartenden Zusatzbelastungen) fast generell höhere Levoglucosankonzentrationen angetroffen wurden, was in höheren Heizaktivitäten infolge der kälteren Jahreszeit begründet sein kann. Der Mittelwert der in der 2. Phase angetroffenen Levoglucosankonzentration beträgt mehr als das Zweieinhalbfache des für die 1. Phase (Grundbelastung) erhaltenen Mittelwertes (1. Phase: 120 ng/m<sup>3</sup>; 2. Phase: 312 ng/m<sup>3</sup>).

Der Mittelwert des prozentualen Anteils von Levoglucosan an der PM<sub>10</sub> – Fraktion beträgt für die 1. Untersuchungsphase ca. 1 % und für die 2. Phase ca. 1,5 %.

Auch für den Holzverbrennungstracer Kalium war, wie unter Pkt. 4.3 beschrieben, in der Gegenüberstellung zu den Levoglucosankonzentrationen ein vergleichbares Verhältnis der Mittelwerte der Kaliumionenkonzentrationen für die 1. und 2. Untersuchungsphase angetroffen worden (1. Phase: 80 ng/m<sup>3</sup>; 2. Phase: 195 ng/m<sup>3</sup>).

Grundsätzlich verhalten sich die Massenanteile von Kalium und organischen Komponenten, wie Levoglucosan, in Partikeln aus der Verbrennung von Holz in Abhängigkeit von der Güte des Ausbrands gegenläufig. Während der Anteil organischer Komponenten in den mit dem Abgas emittierten Partikeln bei schlechter werdendem Ausbrand ansteigt, sinkt der Kaliummassenanteil. Die aus der Holzverbrennung stammenden Partikelfraktionen sind jedoch auf unterschiedliche Kleinf Feuerungsanlagen zurückzuführen, so dass sich die Unterschiede in der Regel im Mittel nivellieren und in der Literatur relativ gute Korrelationen zwischen Kalium- und Levoglucosankonzentrationen beschrieben werden /13/.

Abbildung 22 visualisiert den Vergleich zwischen Levoglucosankonzentrationen im Feinstaub Partikel  $PM_{10}$  (Probenahme mittels Immissionsmessfahrzeug am Standort ④) sowie im Gesamtschwebstaub TSP (Probenahme mit dem Hochvolumensammler DHM – 60 am Standort ①). Hierbei handelt es sich um einen orientierenden Vergleich, da mit dem DHM – 60 Mischproben, in der Regel im Zeitraum von einer Woche, gewonnen wurden. Mittels Immissionsmessfahrzeug hingegen wurden Tagesmittelwerte für Levoglucosan erhalten. Aus diesen 24h – Werten für Levoglucosan wurden für annähernd korrespondierende Zeiträume Mittelwerte gebildet und dann den Levoglucosankonzentrationen der DHM – 60 Mischproben gegenübergestellt.

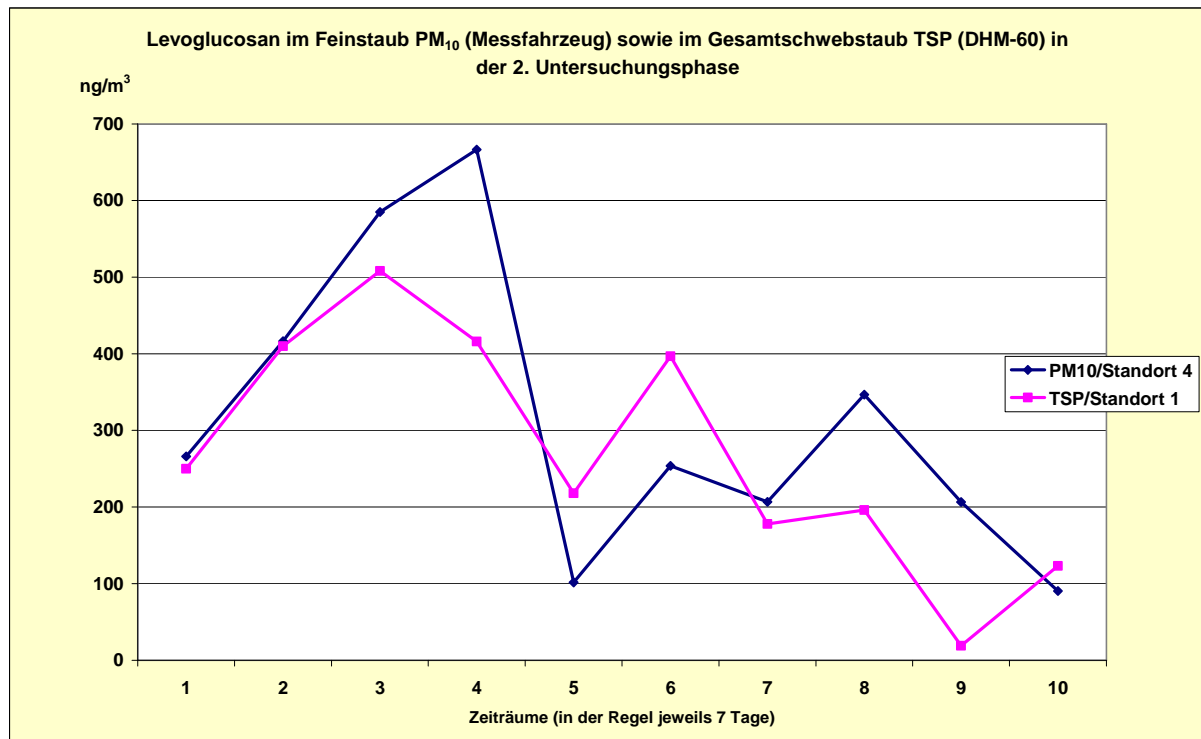


Abbildung 22: Levoglucosan im Feinstaub  $PM_{10}$  (Probenahme mittels Messfahrzeug) sowie im Gesamtschwebstaub TSP (Probenahme mittels Hochvolumensammler DHM-60)

Wie bereits angemerkt, handelt es sich hierbei nur um einen orientierenden Vergleich, da die Probenahmezeiträume nicht exakt in Übereinstimmung gebracht werden konnten – Filterwechsel bei der Probenahme mittels Immissionsmessfahrzeug um Mitternacht; Filterwechsel beim DHM – 60 in der Regel einmal wöchentlich vormittags.

(Das Analysenergebnis der Probe Nr. 4 des DHM – 60 ist in Frage zu stellen, da in diesem Zeitraum ein Gerätefehler aufgetreten war, auf den im Folgenden noch näher eingegangen wird.)

Eine gute Korrelation ist zwischen den Gesamtschwebstaubkonzentrationen und den Feinstaubkonzentrationen, die auf der Grundlage der oben geschilderten Herangehensweise ermittelt wurden, zu verzeichnen. In der Regel übertreffen die erhaltenen Schwebstaubkonzentrationen die ermittelten Feinstaubgehalte, was auch derart zu erwarten ist, da der Feinstaub  $PM_{10}$  Bestandteil des Gesamtschwebstaubs ist.

Die bei Probe Nr. 4 zu verzeichnende, deutlich höhere Feinstaubkonzentration war darin begründet, dass in diesem Wochenzeitraum ein Defekt des Hochvolumensammlers zur Ermittlung der Gesamtschwebstaubkonzentration (DHM – 60) aufgetreten war. Auf Grund

der in diesem Wochenzeitraum vorhandenen extrem hohen Staubkonzentrationen war das Filter des Hochvolumensammlers zugesetzt und die Pumpe des Gerätes ausgefallen.

Die ansonsten geringen Unterschiede zwischen Schwebstaub- und Feinstaubkonzentrationen können daraus resultieren, dass im betrachteten Untersuchungszeitraum (Ende Dezember 2009 bis Mitte März 2010) mehrere Episoden hoher Feinstaubkonzentrationen – gekennzeichnet durch Ferntransporte, in deren Verlauf die größeren Partikel rascher aus der Luftmasse sedimentierten (wie unter 4.1 bereits abgehandelt) – zu verzeichnen waren.

Abbildung 23 gibt den Zusammenhang zwischen Schwebstaub- und Feinstaubkonzentrationen wieder und Abbildung 24 das dazugehörige Streudiagramm (die Proben Nr. 4 wurden hierbei nicht berücksichtigt).

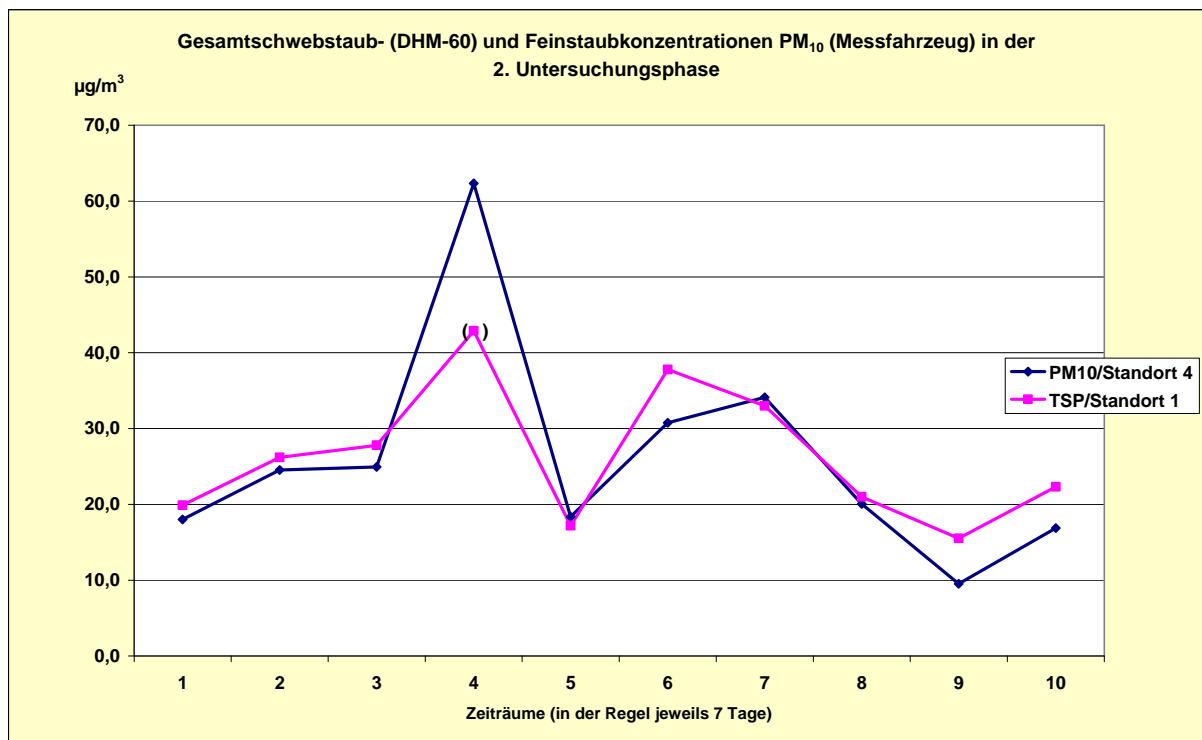


Abbildung 23: Gegenüberstellung ermittelter Gesamtschwebstaub- und Feinstaubkonzentrationen

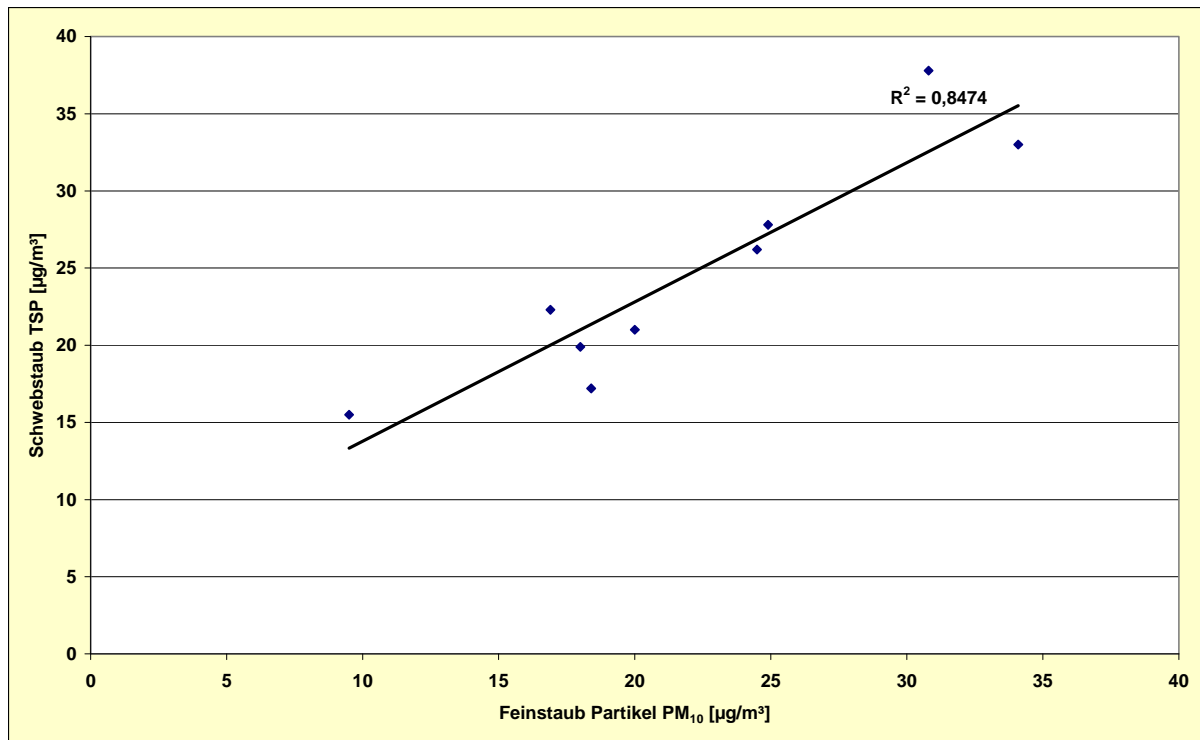


Abbildung 24: Korrelation ermittelter Gesamtschwebstaub- und Feinstaubkonzentrationen

#### 4.6 Betrachtung eines Zeitraums ohne Ferntransporte

Auf der Grundlage der im Vorfeld dargestellten und bewerteten Analysenmessergebnisse für Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) sowie der in dieser Fraktion bestimmten Inhaltsstoffe wurde ein Zeitraum (in der 2. Untersuchungsphase, Abschnitt A) ausgewählt, der nicht durch Feinstaubferntransporte geprägt war. Dieser soll im Folgenden einer näheren Betrachtung unterzogen werden.

Abbildung 25 stellt für den nachfolgend im Detail betrachteten Zeitraum die Verläufe der Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) an den Standorten Altenbrak sowie Unterharz/ Friedrichsbrunn dar.

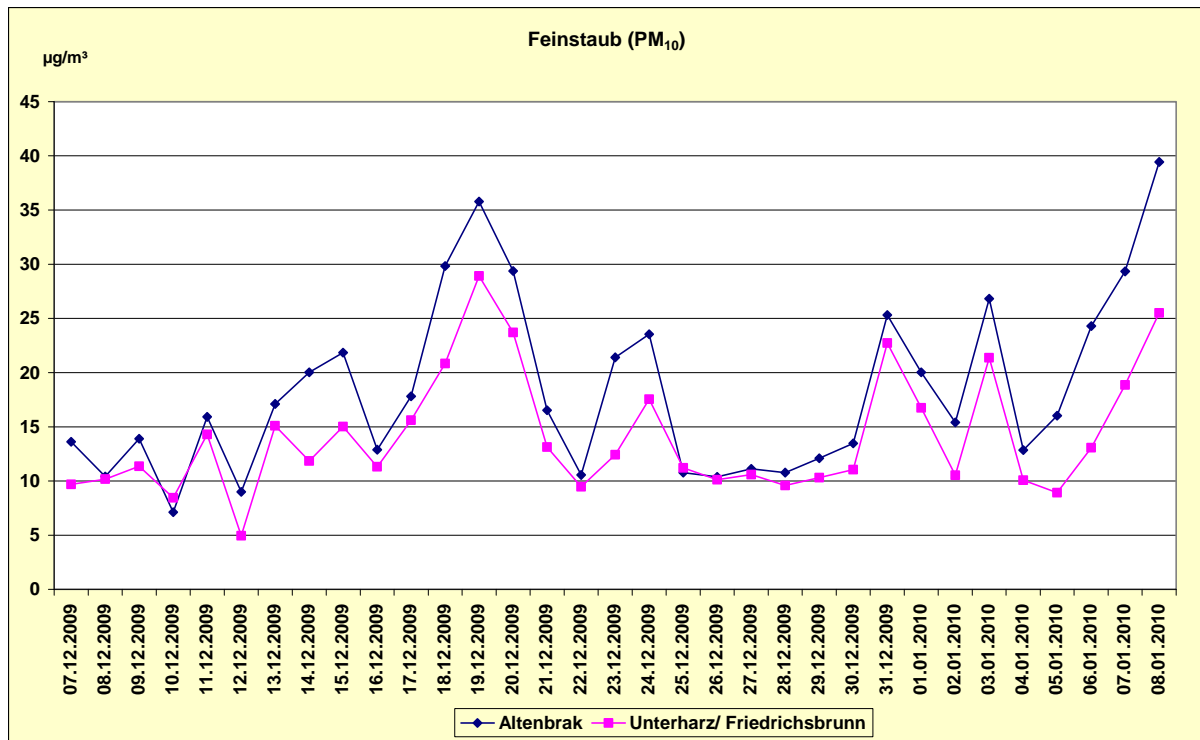


Abbildung 25: Tagesmittelwerte für Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>)

Die Abbildungen 26 und 27 visualisieren zum einen den Zusammenhang zwischen Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) und dem Holzverbrennungstracer Levoglucosan sowie zum anderen zwischen Feinstaub PM<sub>10</sub> und Benzo(a)pyren (Indikator für unvollständige Verbrennung von organischem Material) für den ausgewählten Zeitraum.

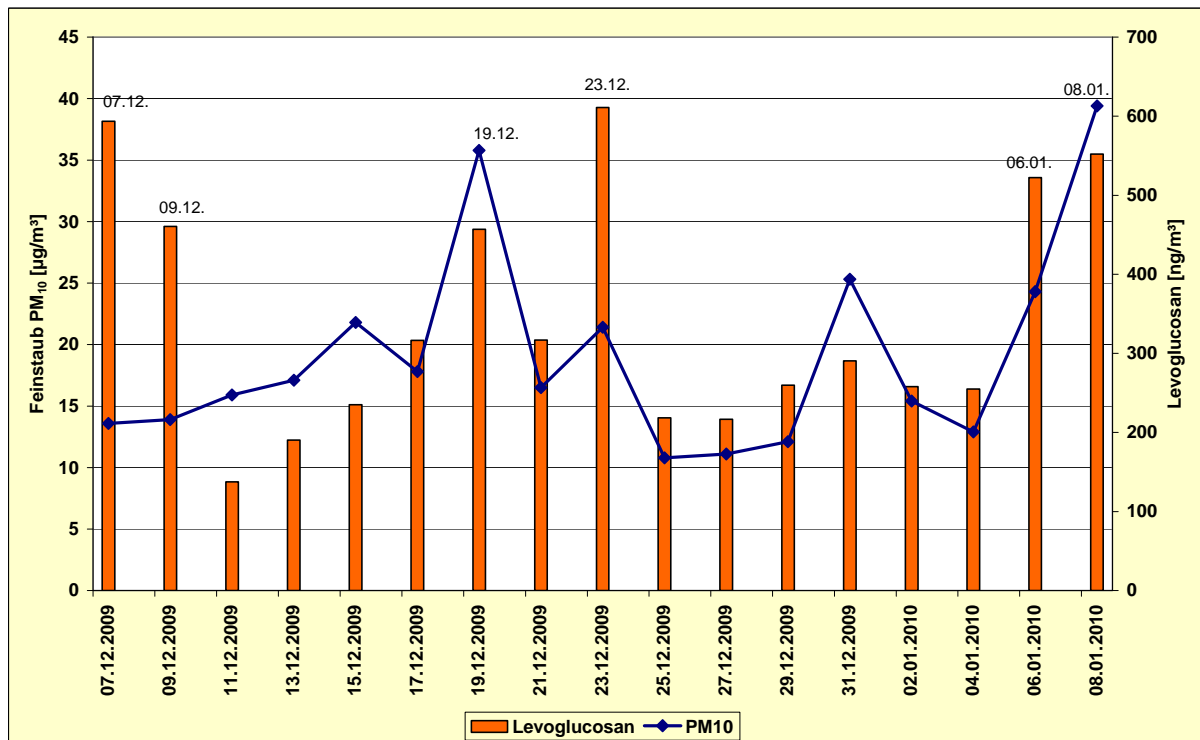


Abbildung 26: Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) und Levoglucosan als Inhaltsstoff in der PM<sub>10</sub> - Fraktion

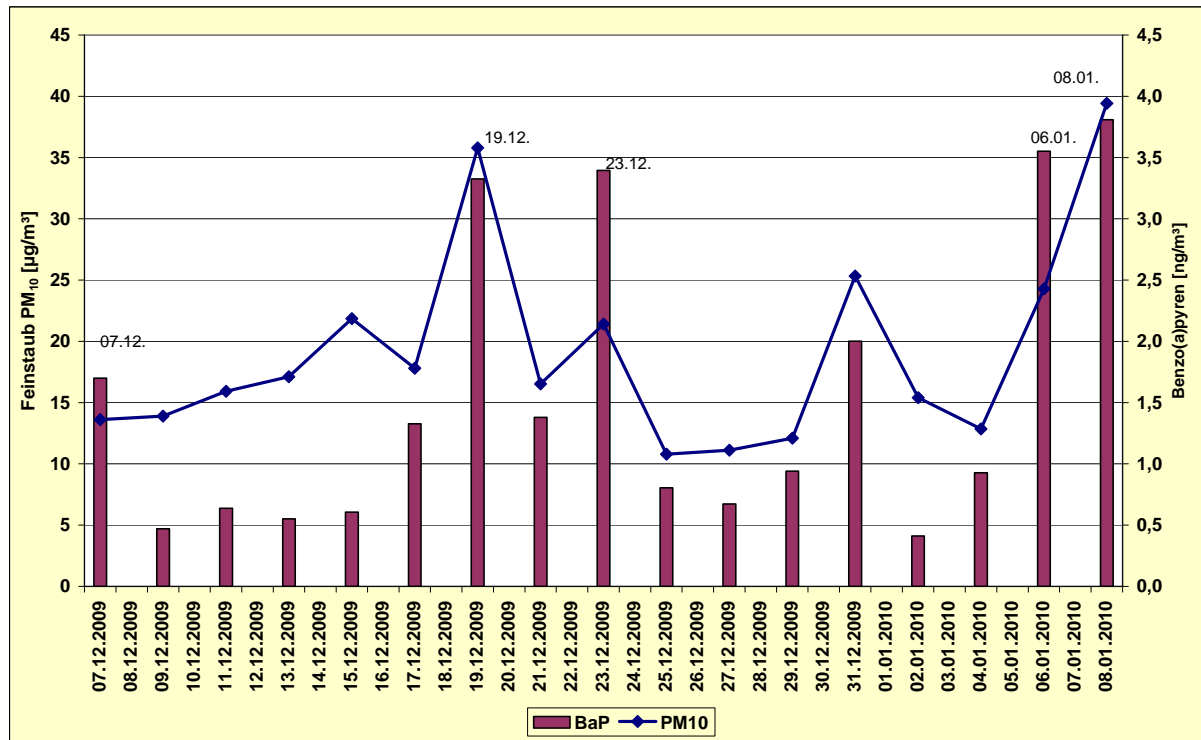


Abbildung 27: Feinstaub (Partikel PM<sub>10</sub>) und Benzo(a)pyren als Inhaltsstoff in der PM<sub>10</sub> - Fraktion

Bezüglich der Konzentration der Inhaltsstoffe sind die gleichen Messtage hervortretend (07., 19., 23.12.2009 sowie 06. und 08.01.2010).

An den genannten Tagen liegt auch jeweils der Tagesmittelwert für Feinstaub PM<sub>10</sub> am Standort Altenbrak höher als im Fall der zum Vergleich herangezogenen LÜSA – Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn (vergleiche Abbildung 25).

Der 19.12. und der 06.01. stellen zudem die Messtage mit den niedrigsten Tagesmittelwerten bezüglich der Temperatur im betrachteten Zeitraum dar, was erhöhte Heizaktivitäten vermuten lässt.



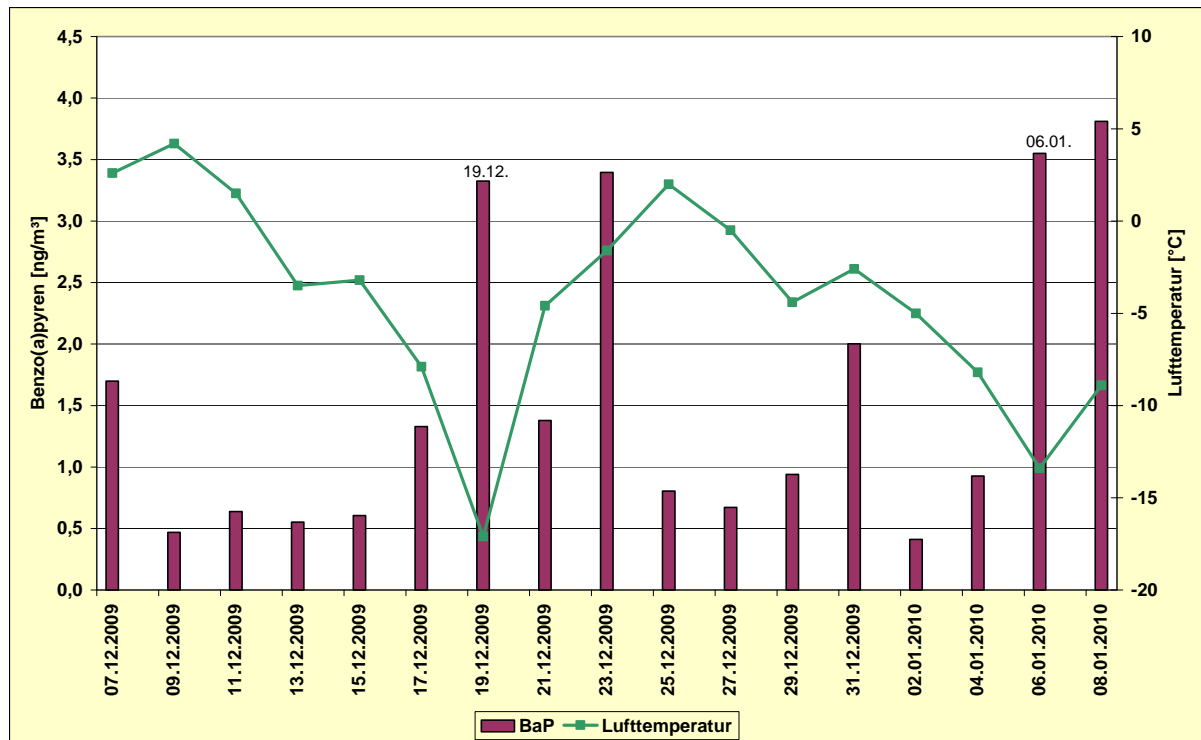


Abbildung 28: Zusammenhang zwischen der Konzentration von Benzo(a)pyren und den Tagesmittelwerten der Lufttemperatur

Da der 19.12.2009 ein Samstag war und der 06.01. in Sachsen – Anhalt Feiertag ist, könnte auch dies für ein verstärktes Betreiben kleiner Holzheizungen sprechen.

Abbildung 29 visualisiert den Verlauf der Halbstundenmittelwerte für Feinstaub Partikel  $PM_{10}$  für den 06. Januar 2010 (der zudem durch eine Inversionswetterlage geprägt war) für den Standort des Immissionsmessfahrzeuges in Altenbrak im Vergleich zur LÜSA – Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn sowie den Verlauf der Halbstundenmittelwerte für Kohlenmonoxid (CO) am Standort Altenbrak. Bezogen auf die Ortslage Altenbrak ist in den Vormittagsstunden des 06.01. ein deutlicher Anstieg für Feinstaub  $PM_{10}$  und korrespondierend dazu auch für CO (Indikator für unvollständige Verbrennung) zu verzeichnen, was als Indiz für das zusätzliche Betreiben von Holzheizungen gewertet wird.

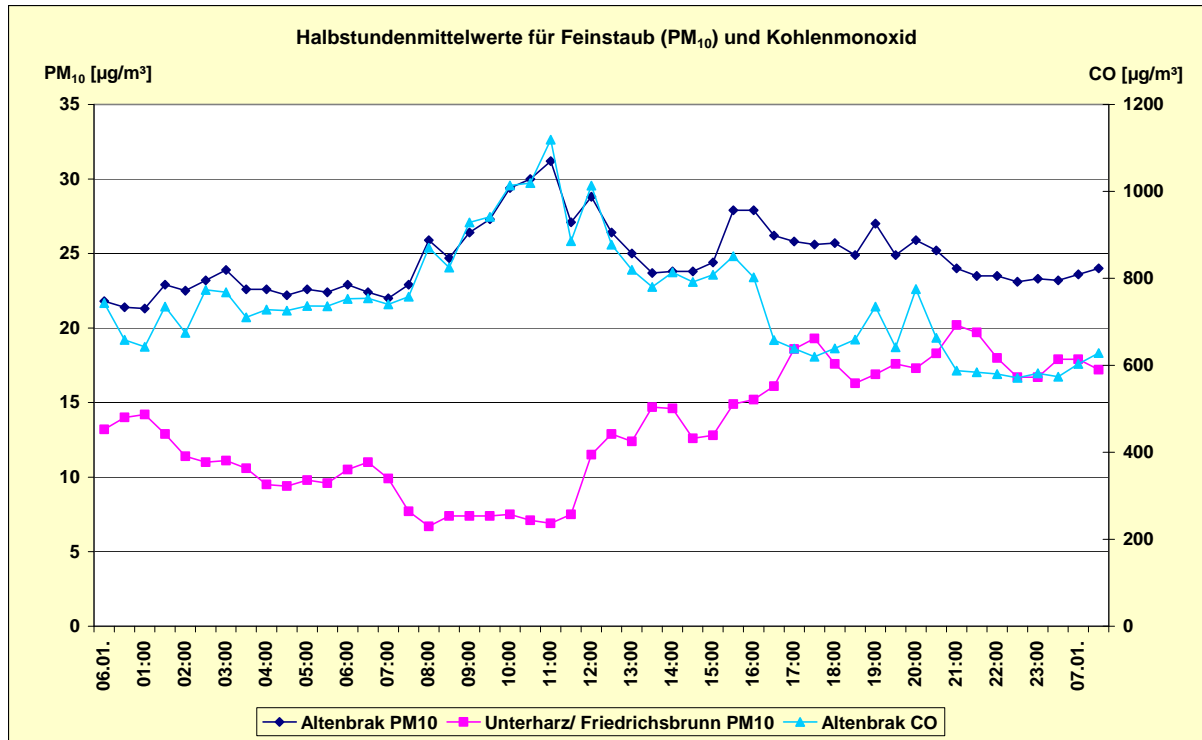


Abbildung 29: Halbstundenmittelwerte der Feinstaubfraktion PM<sub>10</sub> in Altenbrak und an der LÜSA – Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn sowie für CO in Altenbrak am 06.01.2010

## 5. Zusammenfassung

Ziel des Messprojektes war es, in einer Ortslage mit einem hohen Anteil an Holzheizungen den Einfluss kleiner Holzfeuerungen auf die Immissionssituation zu untersuchen. Als Untersuchungsgebiet wurde der Ort Altenbrak im Harz festgelegt, wo ein hoher Anteil potentieller Emittenten zu verzeichnen ist.

Das Immissionsmessfahrzeug wurde in einer Tallage positioniert, da dort in Folge eingeschränkter Austauschbedingungen erhöhte Schadstoffkonzentrationen zu erwarten waren.

Die Messungen zur Ermittlung eines möglichen Einflusses von Holzheizungen auf die Immissionssituation fanden naturgemäß in der winterlichen Heizperiode statt.

Zur Beurteilung des Heizungseinflusses war jedoch auch eine Datenbasis notwendig, die der Grundbelastung entspricht.

Deshalb wurde der Untersuchungszeitraum in 2 Phasen untergliedert.

Im Rahmen des Messprojektes wurde während der 2 Phasen des Einsatzes des Immissionsmessfahrzeuges umfangreiches Datenmaterial hinsichtlich der Untersuchungsparameter Feinstaub (Partikel  $PM_{10}$ ) sowie zu Inhaltsstoffen in der  $PM_{10}$  – Fraktion (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe, lösliche Ionen, elementarer und organisch gebundener Kohlenstoff, Levoglucosan) gewonnen.

Darüber hinaus kam in der 2. Untersuchungsphase (Phase mit zu erwartenden Zusatzbelastungen durch kleine Holzheizungen) ein weiterer Hochvolumensammler an einem 2. Standort in der Ortslage Altenbrak (inmitten der Wohnbebauung) zum Einsatz. Dieser diente der Gewinnung von Proben zur Bestimmung des Holzverbrennungstracers Levoglucosan, und zwar als Inhaltsstoff im Gesamtschwebstaub.

Die im Untersuchungszeitraum 02.12.2009 bis 10.03.2010 (2. Untersuchungsphase) für Feinstaub (Partikel  $PM_{10}$ ) erhaltenen Tagesmittelwerte sind deutlich höher als die in der 1. Phase des Messprojektes angetroffenen Tagesmittel.

Der in der 39. BImSchV für Partikel  $PM_{10}$  als Tagesmittelwert vorgegebene Konzentrationswert in Höhe von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , der pro Kalenderjahr höchstens 35 mal überschritten werden darf, wurde in der 2. Phase (Abschnitt B – Episoden mit Ferntransport) 7 mal überschritten.

Im Vergleich zu der für das gesamte Kalenderjahr 2010 bezüglich der nahe gelegenen LÜSA-Messstation Unterharz/ Friedrichsbrunn zu verzeichnenden Überschreitungszahl des Konzentrationswertes (Anzahl 9) ist jedoch mit Sicherheit davon auszugehen, dass auch in der Ortslage Altenbrak die höchstzulässige Überschreitungszahl (35) im Jahr 2010 deutlich unterschritten wurde.

Die im Vergleich zur 1. Phase (Grundbelastung) für Partikel  $PM_{10}$  erhaltenen „Mehrfunde“ sind nicht ausschließlich lokalen Quellen zuzuordnen, sondern auch als Folge der vorherrschenden meteorologischen Bedingungen (lang anhaltende Inversionswetterlagen) in Kombination mit Schadstoffferntransporten aus östlicher Richtung auszuweisen. Lokale Quellen (wie z. B. Verkehr, Gebäudeheizung mit Festbrennstoffen) wurden hierbei z. T. überdeckt.

Für die im Feinstaub (Partikel  $PM_{10}$ ) ermittelten Inhaltsstoffe (PAK – B(a)P; lösliche Ionen - Ammonium, Kalium, Nitrit, Nitrat und Sulfat; EC; OC und Levoglucosan) wurden jeweils in der 2. Phase (Phase mit zu erwartenden Zusatzbelastungen) signifikant höhere Analysenbefunde erhalten.

Der Mittelwert der B(a)P – Konzentration (Indikator für die unvollständige Verbrennung von organischem Material) für die 2. Phase betrug 1,2 ng/m<sup>3</sup>. Für die 1. Untersuchungsphase hingegen wurde nur ein Mittelwert von 0,2 ng/m<sup>3</sup> erhalten. Hinsichtlich der Mittelwerte für die prozentualen Anteile von B(a)P an der PM<sub>10</sub> – Fraktion ergibt sich für den Vergleich der 1. und 2. Untersuchungsphase ein Verhältnis von 1 zu 2,5.

Bezüglich des Holzverbrennungstracers Kalium sind beim Vergleich zwischen der 1. und 2. Untersuchungsphase folgende Aussagen zu treffen: Verhältnis der angetroffenen Konzentrationen ca. 1 zu 2,5; Verhältnis der prozentualen Anteile an der PM<sub>10</sub> – Fraktion ca. 1 zu 1,3.

Für Levoglucosan (Indikator für die Verbrennung von Biomasse) erbrachte der entsprechende Vergleich zwischen beiden Untersuchungsphasen folgende Ergebnisse: Verhältnis der ermittelten Konzentrationen ca. 1 zu 2,5; Verhältnis der prozentualen Anteile an der PM<sub>10</sub> – Fraktion ca. 1 zu 1,5.

Hinsichtlich der für Levoglucosan sowie für Benzo(a)pyren in der PM<sub>10</sub> – Fraktion erhaltenen Analysenbefunde konnten die erwarteten Zusammenhänge ausgewiesen werden, darüber hinaus auch der Anstieg dieser Inhaltsstoffe bei sinkenden Tagesmitteltemperaturen.

Der erwartete Anstieg des Verhältnisses von organischem zu elementarem Kohlenstoff in den Wintermonaten war nicht zu beobachten. Als eine mögliche Ursache hierfür sind die in der 2. Untersuchungsphase (Abschnitt B) zu verzeichnenden Schadstoffferntransporte zu nennen.

Insgesamt kann an Hand der erhaltenen Analysenbefunde (insbesondere für die untersuchten Holzverbrennungstracer) sowie im Rahmen der vorgenommenen Detailanalyse (Betrachtung eines Zeitraums ohne Ferntransporte – 2. Phase Abschnitt A) ein Einfluss kleiner Holzheizungen ausgewiesen werden. Ein grenzwertrelevanter Beitrag war jedoch nicht zu verzeichnen.

## **Danksagung**

Das am Standort Altenbrak im Harz durchgeführte Messprojekt stellt eine Fortführung der in der Ortslage Treseburg 2008 vorgenommenen Immissionsmessungen dar. Für die konstruktive Beratung bei der Standortwahl möchten wir uns vor allem bei dem Bezirksschornsteinfegermeister Herrn Weckmann bedanken.

Unser Dank gilt des Weiteren der Verwaltungsgemeinschaft Thale für die gewährte Unterstützung bei der Aufstellung der eingesetzten Immissionsmesstechnik.

Für die Bereitstellung von Analysenmessergebnissen für Holzverbrennungstracer möchten wir Herrn Peinelt sowie Herrn Dr. Hahne (Landesamt für Umweltschutz Sachsen – Anhalt) unseren Dank aussprechen.

Ein besonderes Dankeschön gilt nicht zuletzt den Service – Technikern des Landesamtes für Umweltschutz (LAU) für die Realisierung des Messprojektes auch bei extremen winterlichen Witterungsbedingungen sowie dem Laborbereich des LAU für die analytische Befundung des in Altenbrak gewonnenen Probenmaterials.

## Literaturverzeichnis

- /1/ Staatliches Umweltamt Itzehoe, Orientierende Messungen von Feinstaub (PM<sub>10</sub>) und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) 2007
- /2/ Prof. Ch. Ehrlich, Dr. G. Noll, W. Kalkhoff, Prof. G. Baumbach, A. Dreiseidler, „PM<sub>10</sub>-, PM<sub>2,5</sub>- und PM<sub>1,0</sub>-Emissionen aus Anlagen – Ergebnisse von Messprogrammen des Bundes und der Länder“, Feinstaub und Stickstoffdioxid, Beuth Verlag, 2006
- /3/ Fachinformation des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt 02/ 2009 „Feinstaub (PM<sub>10</sub>) und PAK in der Ortslage Treseburg“
- /4/ Bericht „Einfluss kleiner Holzfeuerungen auf die Immissionssituation“, Teil Immissionsmessung, 2008, Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie
- /5/ Prof. P. Bruckmann, J. Friesel, Dr. S. Wurzler, Dr. W. Straub, U. Romberg, S. Wilhelm, Dr. U. Pfeffer, Hohe Feinstaubbelastungen von Polen bis Nordfrankreich im Januar 2010, Immissionsschutz 2 – 10
- /6/ Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden – Württemberg, Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung zum PM<sub>10</sub> – Feinstaub, 2010
- /7/ Kleinf Feuerungsanlagen, Gesundheitliche Wirkung von Feinstaub aus der Holzverbrennung, Bundesumweltministerium, 30.März 2007
- /8/ Untersuchungen zur Zusammensetzung des Feinstaubes in Hamburg und Schleswig – Holstein, Bericht des Hamburger Instituts für Hygiene und Umwelt und des Staatlichen Umweltamtes Itzehoe, November 2008
- /9/ [www.pyro-partner.de/Feuerwerk/Feuerwerk-Chemie.html](http://www.pyro-partner.de/Feuerwerk/Feuerwerk-Chemie.html)
- /10/ Amt der Kärntner Landesregierung, Abt. 15 Umweltschutz und Technik, UA Ökologie und Umweltdaten, Feinstaub (PM<sub>10</sub>/ PM<sub>2,5</sub>) in Kärnten
- /11/ Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden – Württemberg, Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung zum PM<sub>10</sub> – Feinstaub, 2010
- /12/ Stefan Peinelt, Dr. Frank Hahne, Entwicklung von Messverfahren für Indikator-Komponenten aus Holzfeuerung in Außenluft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Landesamt für Umweltschutz Halle, 2010
- /13/ J. Schnelle-Kreis, R. Kunde, G. Schmoerckel, G. Abbaszde, M. Gaderer, J. Diemer, H. Ott, R. Zimmermann, Anteil von Partikelemissionen aus Holzverbrennung an PM<sub>10</sub>-Feinstaubimmissionen im städtischen Umfeld am Beispiel von Augsburg, Gefahrstoffe–Reinhaltung der Luft 70 (2010) Nr.5 – Mai

## Anhang

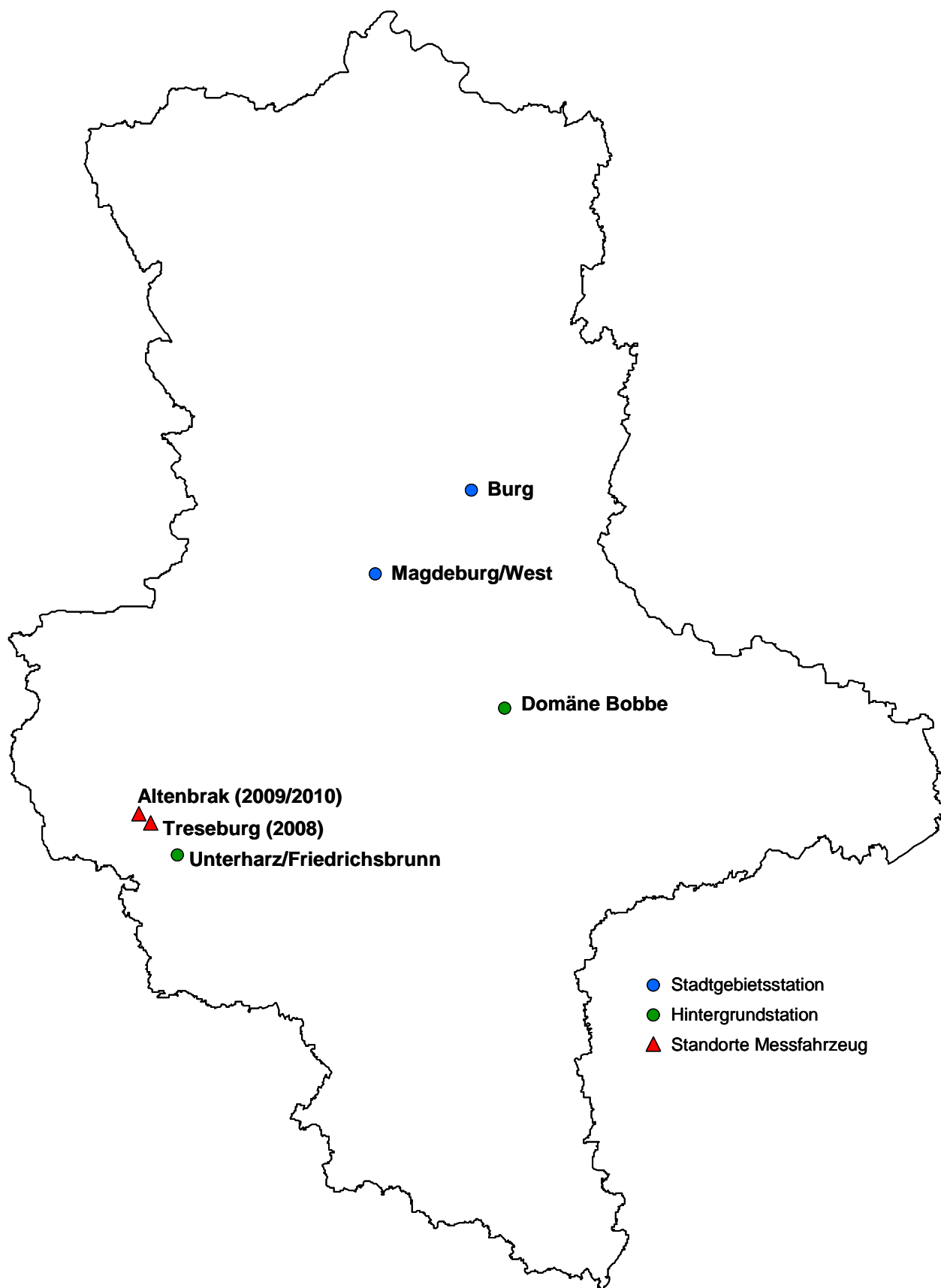


Abbildung A 1: Standortübersicht

Tabelle A 1: Gesamtaufstellung der Feuerstätten in Altenbrak

<b>Art der Feuerstätte</b>	<b>Anzahl</b>
Einzelfeuerstätten, nur Raumheizer	14
Räucherammer und Gasheizung	1
Ölheizung und gewerblich genutzter Küchenherd	1
Gasheizungen und Raumheizer	10
nur Ölheizungen	51
nur Gasheizungen	8
Ölheizung und Raumheizer	30
Bungalows – Raumheizer, davon 6 Ölöfen	69
Ölheizung und Feststoff – Heizungskessel	16
Ölbrennwertheizung und Raumheizer	1