

LUIS

Info

Inhalt

*Dokumentation
zum Thema
Luftreinhaltung*

Luftgütemessungen
in der Steiermark
PM10-Messungen Thörl/Aflenz
Bestimmung von PAK in PM10
28.12.2011-23.06.2013



**Bestimmung der Belastung
mit PM₁₀ und Benzo(a)pyren
in Thörl
28.12.2011 – 23.06.2013**

Bericht Nr. Lu-12-2014



Dieser Bericht entstand unter Mitarbeit folgender Personen:

Für den Inhalt verantwortlich Dipl. Ing. Dr. Thomas Pongratz

Erstellt von Ing. Waltraud Köberl

Betreuung des Messnetzes,
Analytik der PAH
Ing. Waltraud Köberl
Daniela Lenger
Petra Neumann
Petra Niederl
Ing. Elke Ritzmann

Kartengrundlagen GIS-Steiermark 

Herausgeber

Amt der Steiermärkischen Landesregierung
Abteilung 15 – Energie, Wohnbau, Technik
Referat Luftreinhaltung
Landhausgasse 7
8010 Graz

© Dezember 2014

Telefon: 0316/877-2172
Email: abteilung15@stmk.gv.at; luft@stmk.gv.at
Web: www.umwelt.steiermark.at

Unter dieser Adresse ist dieser Bericht auch im Internet verfügbar

Bei Wiedergabe unserer Messergebnisse ersuchen wir um Quellenangabe!

Inhaltsverzeichnis

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Einleitung | 4 |
| 2. Der Standort des Low-Volume-Sammlers | 4 |
| 3. Rechtliche Beurteilungsgrundlagen..... | 5 |
| 3.1. Richtlinien der Europäischen Union..... | 5 |
| 3.2. Immissionsschutzgesetz - Luft..... | 5 |
| 4. Klimatische Randbedingungen..... | 6 |
| 5. Emissionen..... | 7 |
| 6. Messverfahren..... | 8 |
| 6.1. Bestimmung der PM ₁₀ -Konzentration | 8 |
| 6.2. Bestimmung des Anteiles an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in Feinstaub | 8 |
| 7. PM ₁₀ -Immissionen..... | 9 |
| 7.1. Ergebnisse der PM ₁₀ -Messung in Thörl..... | 9 |
| 8. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)..... | 15 |
| 8.1. Grundlagen..... | 15 |
| 8.2. Ergebnisse der Bestimmung von PAK in Feinstaub | 16 |
| 9. Zusammenfassung..... | 19 |
| 10. Anhang..... | 20 |
| 10.1. Tabelle aller PM ₁₀ -Tagesmittelwerte..... | 20 |
| 10.2. Ausfallszeiten..... | 24 |

1. Einleitung

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sind eine Gruppe von Stoffen, die aus kondensierten Benzolringen bestehen und bei Verbrennungsprozessen mit ungenügender Sauerstoffzufuhr gebildet werden. Viele dieser Verbindungen haben gesundheitliche Auswirkungen. Für eine Leitsubstanz dieser Stoffgruppe, dem Benzo(a)pyren (B(a)P) ist seit dem Jahr 2012 ein Grenzwert einzuhalten. Da diese Stoffe in der Außenluft praktisch ausschließlich partikelgebunden auftreten, werden die PAK-Konzentrationen in PM₁₀ bestimmt.

Zur Überwachung der B(a)P-Belastung sind in der Steiermark drei fixe Messstellen eingerichtet. Zusätzlich erfolgt die Bestimmung von Benzo(a)pyren an jeweils zwei variablen Standorten. Der Standort Thörl wurde auf Grund der Lage in einem schlecht durchlüfteten inneralpinen Tal und des verbreiteten Einsatzes von festen Brennstoffen zur Raumwärmeerzeugung gewählt.

Im Zuge des steiermarkweiten Monitorings zur Bestimmung des B(a)P-Gehalts in PM₁₀ wurden in Thörl bei Aflenz im Ortsteil Fölz Messungen mit einem Low-Volume-Sammler im Zeitraum von 01.01.2012 – 23.06.2013 durchgeführt. Mit diesem Messverfahren wurde die Belastung durch PM₁₀ erhoben, aus den erhaltenen Filterproben wurde der Anteil an PAK analysiert.

2. Der Standort des Low-Volume-Sammlers

Der Low-Volume-Sammler war im Garten des Mehrparteienhauses Fölz 91 positioniert.

Abbildung 1: Luftbild des Standortes in Thörl-Fölz

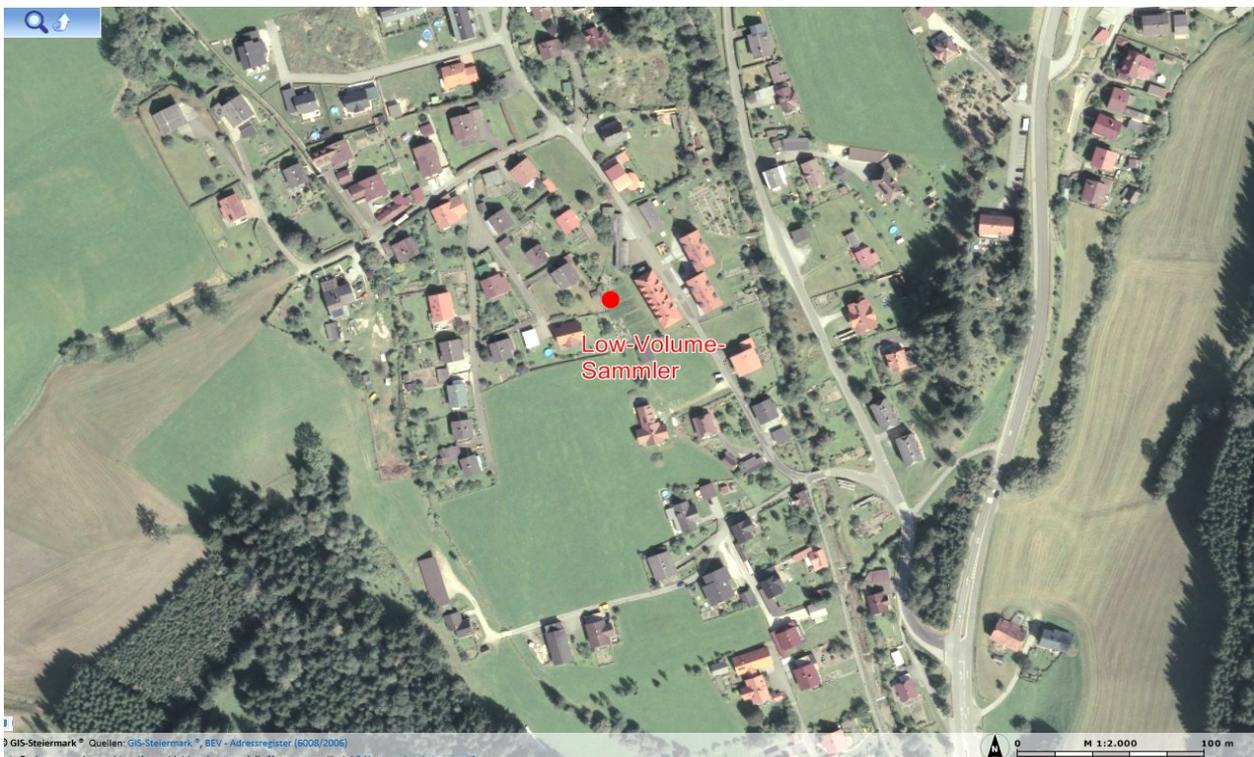


Abbildung 2: Übersicht über die Lage des Messstandortes



3. Rechtliche Beurteilungsgrundlagen

3.1. Richtlinien der Europäischen Union

Die rechtliche Basis der Luftreinhaltung auf der Ebene der Europäischen Union bildet die Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft für Europa, 2008/50/EG.

In der **4. Tochterrichtlinie der EU (RL 2004/107/EU)** wurde für **Benzo(a)pyren B(a)P** ein Zielwert von 1 ng/m^3 in der PM_{10} -Fraktion als Durchschnitt eines Kalenderjahres festgelegt. Benzo(a)pyren dient als Marker für das Krebsentstehungsrisiko von PAK in der Luft, wobei B(a)P den Toxizitätswert 1 hat und andere PAK davon ihren Toxizitätsgrad ableiten. Ebenfalls wurde in der 4. Tochterrichtlinie festgelegt, welche PAK mindestens zu bestimmen sind (Artikel 4(5)).

Ab 31. Dezember 2012 darf die Konzentration von 1 ng/m^3 für Benzo(a)pyren (B(a)P) nicht überschritten werden, der Zielwert wurde somit zum Grenzwert.

3.2. Immissionsschutzgesetz - Luft

Die wichtigste gesetzliche Grundlage für die Messung von Luftschadstoffen in Österreich ist das Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L, BGBl I 115/1997 i.d.g.F.). Darin werden die Vorgaben der Europäischen Union in österreichisches Recht umgesetzt und konkretisiert.

Für die Beurteilung der Staubbelastung und von Staubinhaltsstoffen sind folgende Grenzwerte festgelegt:

Tabelle 1: Immissionsgrenzwerte für Staub und Staubinhaltsstoffe

| Luftschadstoff | Tagesmittelwert | Jahresmittelwert |
|-----------------------------------------------|------------------|------------------|
| PM ₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | 50 ¹⁾ | 40 |
| Benzo(a)pyren [ng/m^3] | | 1 |

¹⁾ Ab 2010 sind pro Kalenderjahr 25 Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwertes zulässig

4. Klimatische Randbedingungen

Der Witterungsablauf und die geländeklimatischen Gegebenheiten spielen eine wesentliche Rolle für die Ausbreitung von Luftschadstoffen.

Thörl-Fölz liegt in der Klimaregion des „Aflenzer Beckens mit Hochschwabseitentälern“.

Das Aflenzer Becken stellt das größte Teilbecken der Mur-Mürz-Furche dar und erstreckt sich von Thörl im Westen bis Stübing bei Tyrnau im Osten. Es wird im Norden durch das Hochschwabmassiv begrenzt.

Ein Charakteristikum stellt der häufige Nebel im Winterhalbjahr dar, wobei der Hochnebel vom Mürztal zwar bis in das Becken eindringt, zumeist aber an der Talsohle anliegt (Nebeltage ca. 80-100 d/a). Die Lagen oberhalb von 1000 m Seehöhe sind hingegen deutlich begünstigt (relative Sonnenscheindauer im November 40% gegenüber Mürzzuschlag ca. 25%).

Das Hochschwabmassiv stellt für Strömungslagen aus dem Sektor West bis Nord speziell im Winterhalbjahr eine gewaltige Barriere dar. Nordföhn tritt allerdings wegen der geschützten Beckenlage (markanter Abschluss in Thörl) wesentlich seltener auf als in Tragöß.

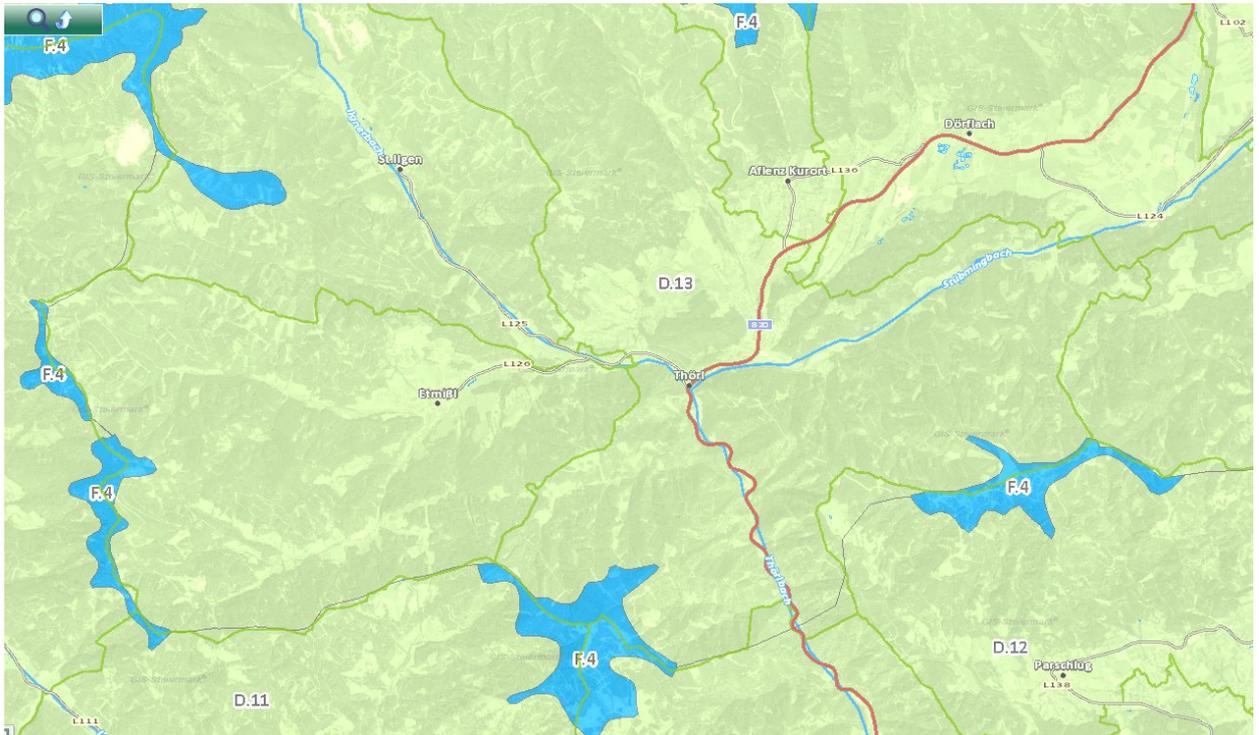
Die Durchlüftung ist infolge der Beckenlage reduziert, wodurch sich erhöhte Kalmehäufigkeit in den Talsohlenabschnitten ergibt (bis zu über 40%). Die Inversionsgefährdung ist höher als im Raum Bruck/Mur, jedoch bei weitem nicht so stark wie im Aichfeld-Murboden (ca. 60% aller Nächte Inversion).

Wichtig erscheint die Differenzierung vor allem in thermischer Hinsicht in Gunstabschnitte (Terrassen und Hanglagen, z.B. Aflenz Jänner -3,2 °C) und der Talsohle (in den Talsohlen unter -5 °C).

Das Klima insgesamt entspricht einem schwach kontinental getönten Beckenklima mit weitaus weniger Niederschlag als an der Luvseite des Hochschwab (1400-1500 mm). So werden in Aflenz durchschnittlich im Jänner 71, mm, im Juli 168 mm und als Jahressumme 1162 mm Niederschlag registriert. Die Zahl der Tage mit Schneedecke erreicht 100 bis 110 im Jahr.

Insgesamt ist die Region vor allem in der kalten Jahreszeit von schlechten Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe geprägt.

Abbildung 3: Ausschnitt aus der Karte „Klimatologie und Meteorologie“ (GIS Steiermark)



5. Emissionen

Die Datenlage hinsichtlich der Emissionsfaktoren von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen ist sehr unsicher, da Emissionsfaktoren aus dem Hausbrand nur mit großem Aufwand ermittelt werden können und die Streuung der Messergebnisse wegen der Vielfalt der eingesetzten Gerätetechnologien und Brennstoffqualitäten sowie des Benutzerverhaltens groß ist.

Die österreichische Luftschadstoffinventur¹ gibt an, dass ca. 70% der Emissionen an polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen dem Hausbrand zuzuschreiben sind. Auf Grund der Bedingungen für die Bildung dieser Stoffe kommen dazu in erster Linie mit festen Brennstoffen betriebene Öfen und Kessel in Betracht.

Aus der Gebäude- und Wohnungszählung 2001 können für den Bereich von Thörl (Zählsprenzel) folgende Daten für die Raumwärmeerzeugung entnommen werden. Sie zeigen, dass feste Brennstoffe einen wesentlichen Beitrag zur Deckung des Raumwärmebedarfes liefern.

¹ Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2014 Umweltbundesamt, REP-0474, Wien 2014

Tabelle 2: Energieträgerverteilung zur Raumwärmeerzeugung in Thörl (Gebäude und Wohnungszählung 2001)

| Energieträger | Wohnfläche | Anteil |
|------------------------------------------|--------------|-------------|
| Elektr. Strom | 4634 | 14% |
| Brennholz | 5774 | 17% |
| Hackschnitzel, Sägespäne, Pellets, Stroh | 2246 | 7% |
| Heizöl | 16808 | 51% |
| Gas | 178 | 1% |
| Kohle, Koks, Briketts | 3143 | 10% |
| Sonst.Brennstoffe | 219 | 1% |
| Gesamt | 33002 | 100% |

6. Messverfahren

6.1. Bestimmung der PM₁₀-Konzentration

Die Bestimmung der Staubkonzentration erfolgte mit einem Low-Volume-Sammler. Damit werden die in der Außenluft dispergierten Partikel in einem bestimmten Zeitraum auf Filtern gesammelt. Jeweils nach Beendigung eines Probenahmezyklus wird das mit Partikel belegte Filter automatisch gegen ein unbelegtes Filter ausgetauscht und ein neuer Probenahmezyklus eingeleitet. Die Masse des auf den Filtern abgeschiedenen Staubes wird durch Differenzwägung der konditionierten Filter vor und nach der Probenahme bestimmt. Das Messergebnis wird als Massenkonzentration [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] angegeben. Zum Einsatz gelangte ein Gerät der Firma Leckel, Berlin.

Die angesaugte Luft wird zunächst über einen Vorabscheider („PM₁₀-Kopf“) geleitet. Dort werden größere Partikel abgeschieden, sodass nur Teilchen mit einem Durchmesser $<10 \mu\text{m}$ (PM₁₀, Feinstaub) auf den Filter gelangen. Das durchgesaugte Luftvolumen betrug bei den hier vorliegenden Messungen 2,3 m³/h (55 m³/Tag = Low Volume, im Gegensatz zu 740 m³/Tag mit dem High-Volume Sammler), die Probenahmezeit betrug 24 Stunden pro Filter. Die Filterwechsel erfolgten um Mitternacht. Als Ergebnis wurden somit Tagesmittelwerte erhalten, die mit jenen von automatischen Luftgütemessstationen vergleichbar sind.

6.2. Bestimmung des Anteiles an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) in PM₁₀

Die organischen Bestandteile in Feinstaub in den mit dem Low-Volume-Sammler gesammelten Feinstaub-Filterproben wurden im Labor mittels ASE (Accelerated Solid Extraction) mit dem Lösungsmittel n-Hexan gemäß ÖNorm EN 15549 extrahiert und mittels GC-MS (Gaschromatographie-Massendetektion) bestimmt. Für die Extraktion im Labor wurden sieben Tages-Filterproben zu einer Wochenprobe zusam-

mengefasst, das Ergebnis wurde über ein Jahr gemittelt. Somit wurde ein Jahresmittelwert für die in der 4. Tochterrichtlinie geforderten PAK erhalten.

7. PM₁₀-Immissionen

Partikel werden sowohl von den Haushalten durch die Verbrennung fester Brennstoffe als auch von Industrie- und Gewerbebetrieben freigesetzt. Besonders in größeren Ballungsgebieten bzw. an verkehrsnahen Standorten muss auch vom Verkehr als wesentlichem Verursacher ausgegangen werden, wobei hier Stäube sowohl direkt aus der Verbrennung von Kraftstoffen emittiert werden als auch durch Aufwirbelung von Straßenstaub in die Luft gelangen. Am Standort des Low-Volume-Sammlers mitten im Siedlungsgebiet wird vor allem der Hausbrand die Ursache für Staubbelastungen sein.

7.1. Ergebnisse der PM₁₀-Messung in Thörl

Eine vollständige Übersicht über die PM₁₀-Tagesmittelwerte, die mittels Low-Volume-Sammler registriert wurden, ist im Anhang (Abschnitt 10) aufgelistet. Aufgrund technischer Probleme mit der Staubsammlung mussten einige Ausfälle hingenommen werden (Übersicht in Tabelle 11). Dadurch betrug die Verfügbarkeit der Messwerte lediglich 71%.

Tabelle 3: PM₁₀-Messungen Thörl, Kennwerte

| | | 1.1. – 31.12.2012 | 1.1. – 27.6.2013 | 1.1.2012 – 27.6.2013 |
|------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| TMWmax | [µg/m ³] | 66,8 | 61,0 | 66,8 |
| MPMW | [µg/m ³] | 21,3 | 20,6 | 21,0 |
| 97,5-Perzentil | [µg/m ³] | 56,0 | 54,8 | 56,0 |
| Verfügbarkeit | [%] | 62% | 90% | 71% |
| Überschreitungen | [] | 9 | 6 | 15 |

Eine Übersicht über den Verlauf der PM₁₀-Belastung ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

Abbildung 4: Verlauf der PM₁₀-Belastung in Thörl 2012, Tagesmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

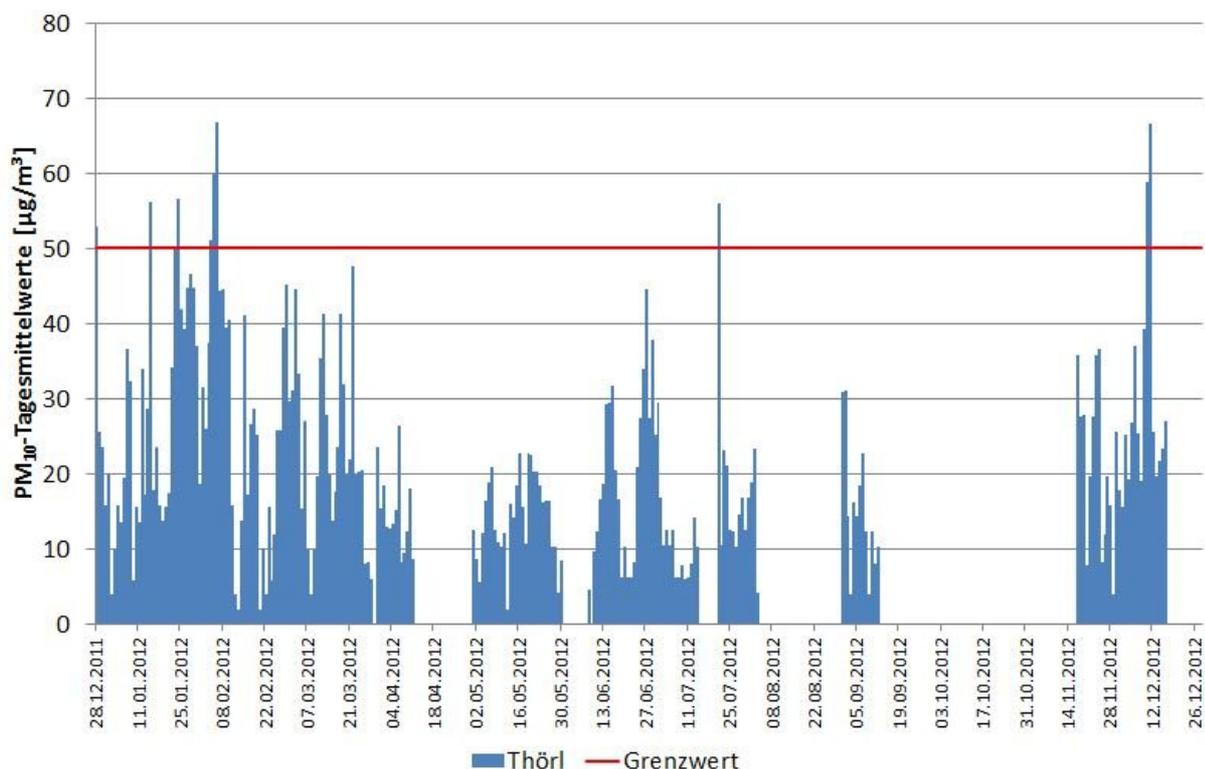
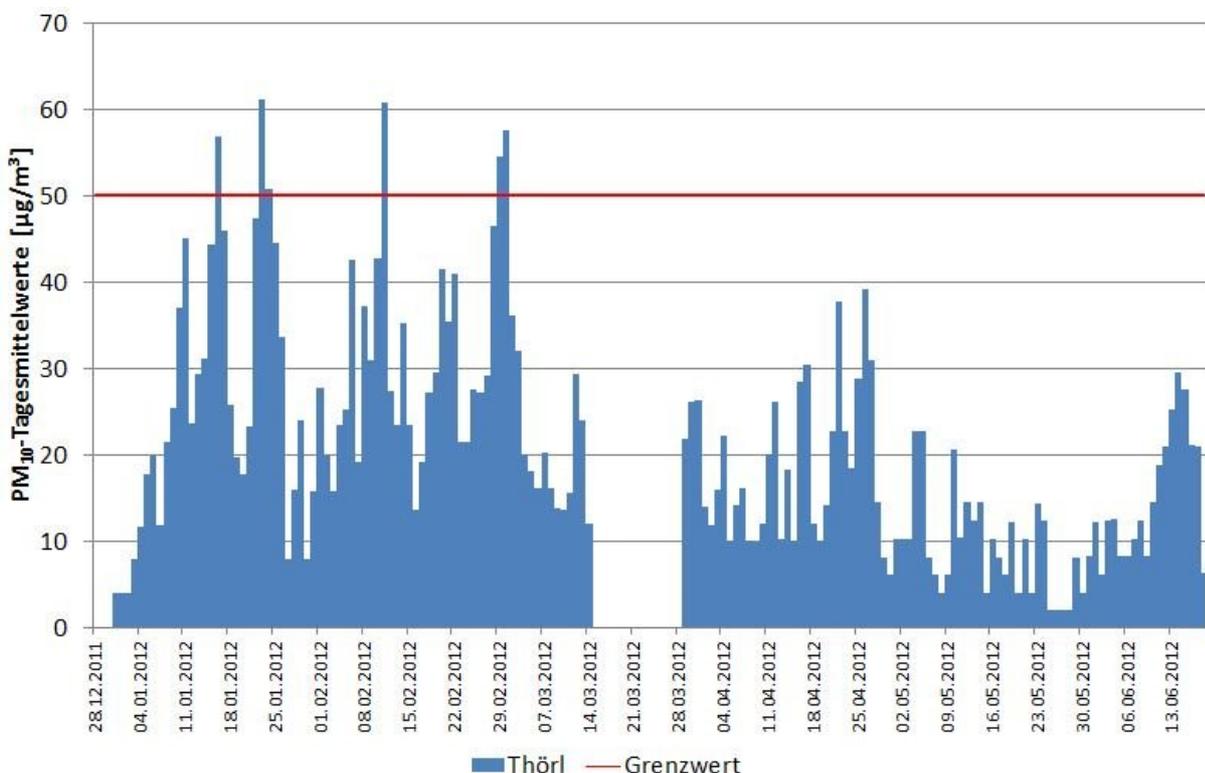


Abbildung 5: Verlauf der PM₁₀-Belastung in Thörl 2013, Tagesmittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]



In der folgenden Darstellung (Abbildung 6) wurden die mit dem Low-Volume-Sammler erfassten Tagesmittelwerte der Staubbelastung in Thörl mit den Messer-

gebnissen ausgewählter Luftgütemessstationen des steirischen Immissionsmessnetzes verglichen.

Aus den folgenden Abbildungen ist ersichtlich, dass die Kenndaten der PM₁₀-Belastung in der betrachteten Region relativ homogen waren. Auch der Konzentrationsverlauf ist an den betrachteten Stationen sehr ähnlich. In Thörl-Fölz wurden ebenso hohe Feinstaubkonzentrationen registriert wie in benachbarten dichter besiedelten Regionen. Dies zeigt, dass die Meteorologie einen wesentlichen Einfluss auf den Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen hat. In schlecht durchlüfteten Tälern und Becken hingegen reichen auch geringere Emissionen aus, um ein hohes Immissionsniveau zu verursachen.

An der zum Vergleich herangezogenen Messstation Graz-Nord im urbanen Hintergrund wurden zwar höhere Belastungen festgestellt, da diese Station von den Emissionen des Grazer Stadtgebietes beeinflusst wird, die anderen Stationen in der Region zeigen Kennwerte, die mit der Messung in Thörl vergleichbar sind. an der Hintergrund-Messstation auf dem Mosenberg war die Belastung naturgemäß deutlich niedriger.

Abbildung 6: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Belastung 2012 im Vergleich mit ausgewählten Messstationen

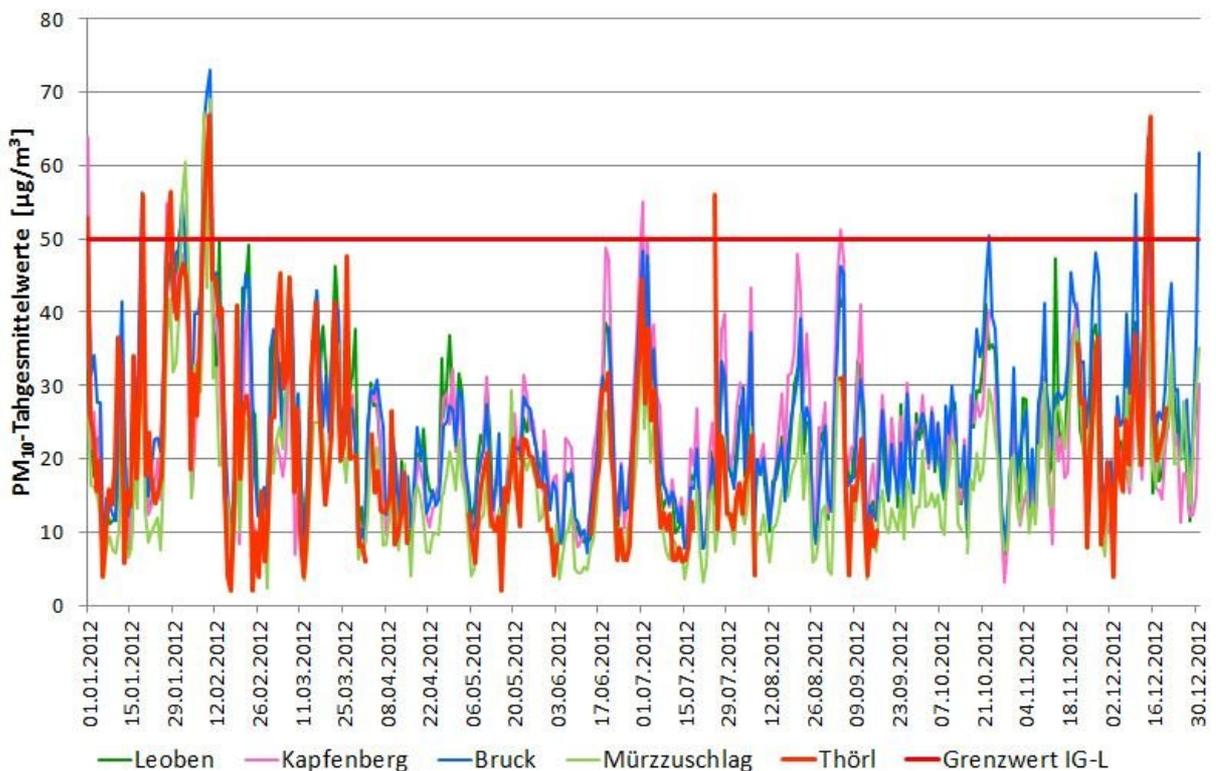
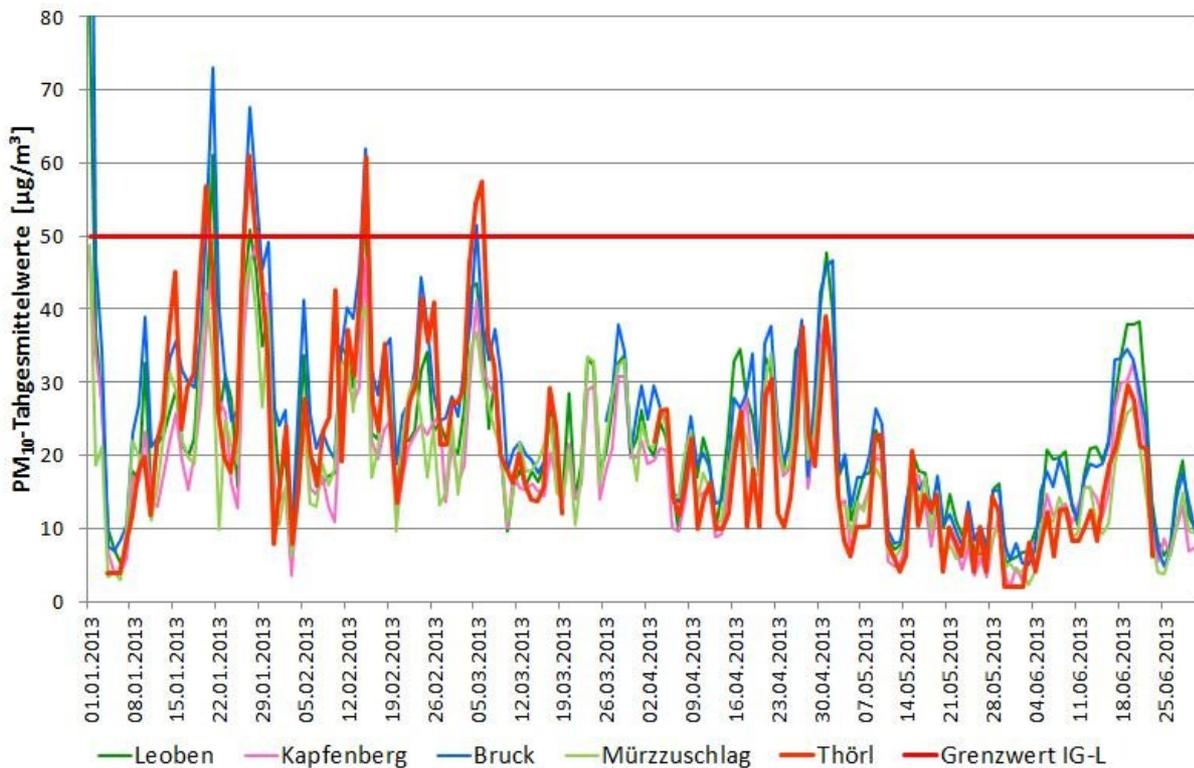


Abbildung 7: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Belastung 2013 im Vergleich mit ausgewählten Messstationen



Um eine Vergleichbarkeit herzustellen, wurden auch an den Messstationen aus dem steirischen Luftgütemessnetz nur jene Messwerte herangezogen, die in den Zeitraum der verfügbaren Messwerte des Low-Volume-Sammlers fielen (aufgrund mehrere Ausfälle war nur eine Verfügbarkeit von 71% gegeben).

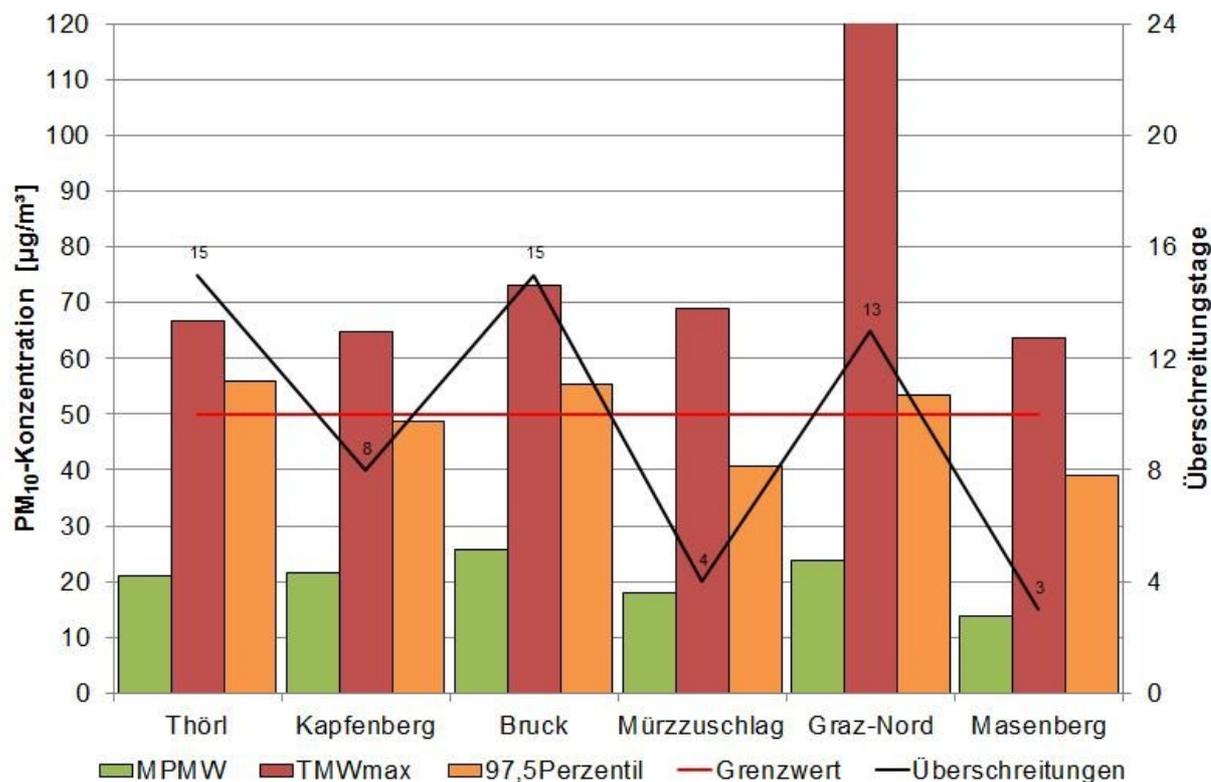
Aus Abbildung 8 ist ersichtlich, dass die durchschnittliche Belastung während der gesamten Messung (Messperioden-Mittelwert MPMW) etwa auf Höhe von Ballungsräumen in der Region lag. Mit einem maximalen Tagesmittelwert (TMWmax) von 66,8 µg/m³, einem 97,5-Perzentil von 56 µg/m³ und 15 Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwertes gemäß IG-L war die Belastung am Messstandort durchschnittlich und entsprach etwa der Belastung in Bruck sowie auch an der Messstation Graz-Nord im Grazer Siedlungsgebiet. Sowohl in Kapfenberg als auch in Mürzzuschlag lag das 97,5-Perzentil deutlich niedriger, hier wurden auch weniger Überschreitungstage registriert.

**Tabelle 4: Kenngrößen der PM₁₀-Belastung
Vergleich mit ausgewählten kontinuierlichen Messstationen**

| | Thörl | Kapfen- berg | Bruck | Mürz- zuschlag | Graz- Nord | Masen- berg |
|------------------|-------------|-----------------|-------|-------------------|---------------|----------------|
| MPMW | 21,0 | 21,7 | 25,7 | 18,1 | 23,7 | 13,7 |
| TMWmax | 66,8 | 64,9 | 73,0 | 69,0 | 121,4 | 63,8 |
| 97,5-Perzentil | 56,0 | 48,8 | 55,4 | 40,8 | 53,4 | 38,9 |
| Grenzwert | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| Überschreitungen | 15 | 8 | 15 | 4 | 13 | 3 |

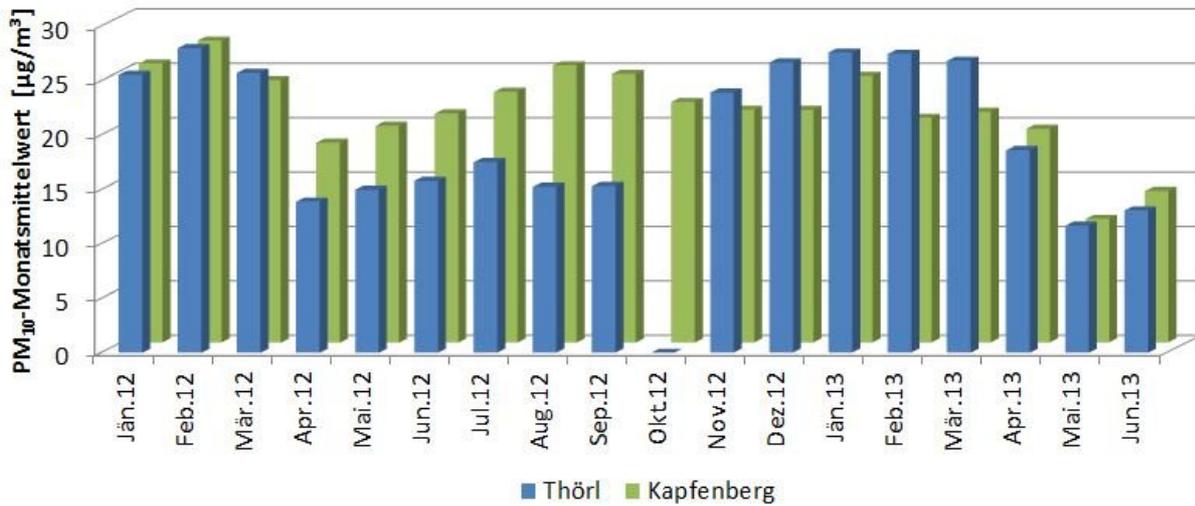
MPMW Messperiodenmittelwert (Mittelwert aus allen Messergebnissen)
 TMWmax maximaler Tagesmittelwert
 97,5-Perzentil gibt an, dass 97,5% aller registrierten TMW unter diesem Wert lagen

Abbildung 8: Kenngrößen der PM₁₀-Belastung



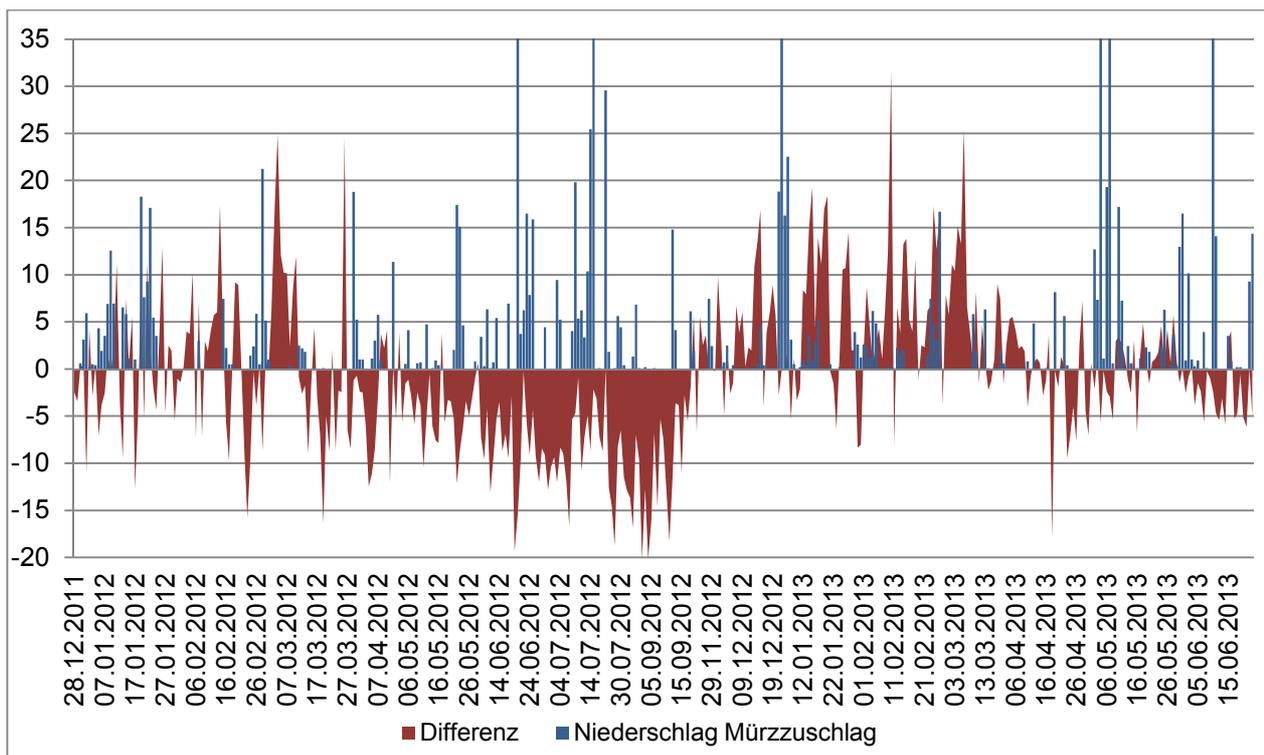
In Abbildung 9 wurden die in Thörl erhobenen PM₁₀-Konzentrationen mit jenen an der nächstgelegenen Messstation Kapfenberg verglichen. Darin zeigt sich, dass die Belastung in Thörl-Fölz vor allem in den Wintermonaten – während der Heizperiode – höher war, während in Kapfenberg der Jahrgang der PM₁₀-Belastung deutlich weniger ausgeprägt war.

Abbildung 9: Feinstaubbelastung Thörl im Vergleich mit der nächstgelegenen Messstation Kapfenberg



Die folgende Darstellung (Abbildung 10) zeigt den Unterschied der Feinstaubbelastung in Thörl zur Belastung an der nächstgelegenen Messstation Kapfenberg. Dafür wurde die Differenz aus den Messwerten beider Standorte gebildet, positive Werte zeigen eine höhere Belastung am Standort des Low-Volume-Sammlers als in Kapfenberg an. Deutlich erkennbar ist daraus, dass die Feinstaubbelastung vor allem in den Wintermonaten in Thörl-Fölz höher war, was ein eindeutiger Hinweis auf Emissionen aus dem Hausbrand ist. Zudem spielt auch die Beckenlage eine Rolle, die im Winter Inversionssituationen mit schlechtem Luftaustausch begünstigt.

Abbildung 10: Differenzen zur Belastung an der nächstgelegenen Messstation Kapfenberg (Niederschlag an der Messstation Mürzzuschlag)



8. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

8.1. Grundlagen

Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs) sind organische Verbindungen, die nur aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff aufgebaut sind. Sie enthalten im Molekül mehrere (mindestens zwei) kondensierte (verbundene) Benzolringe. Diese Substanzgruppe enthält einige hundert Verbindungen.

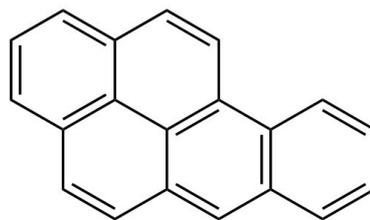
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) entstehen bei Verbrennungsprozessen überall dort, wo nicht optimale Verbrennungsbedingungen herrschen, z.B. schlechter Ausbrand durch zu geringe Sauerstoffzufuhr (unvollständige Verbrennung). Sie kommen daher im überwiegenden Ausmaß in der PM_{2,5}-Fraktion des Staubes vor.

Als Schadstoffe sind sie deshalb von Bedeutung, da für viele Vertreter in Tierversuchen ihr krebserzeugendes Potential nachgewiesen worden ist. Bei geeigneter Verknüpfung können PAKs das Strukturelement der „Bay-Region“ bilden, welches charakteristisch für viele kanzerogene Stoffe ist.

Einige PAKs, wie z.B. Benzo(a)pyren, Benzo(b)fluoranthren oder Dibenz(a,h)anthracen, werden als mutagene bzw. kanzerogene Verbindungen angesehen. Die meisten PAKs fördern die kanzerogene Wirkung anderer Chemikalien, d. h. sie fungieren als Tumorpromotoren.

Für die Bewertung der Gesundheitsgefährdung wird meist Benzo(a)pyren (B(a)P) als Leitsubstanz herangezogen. Benzo(a)pyren ist ein aus 5 Benzolringen bestehender polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoff mit der Summenformel C₂₀H₁₂. Die Struktur dieser Verbindung ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 11: Benzo(a)pyren, Strukturformel



B(a)P ist ein typischer Schadstoff aus dem Hausbrand (alte Festbrennstofffeuerungen). Die Herkunft bedingt also, dass dieser Schadstoff ein ausgeprägtes Wintermaximum aufweist, während im Sommer die Belastungen praktisch auf Null zurückgehen.

Als Vertreter dieser Stoffgruppe wird Benzo(a)pyren (B(a)P) in PM₁₀ gemessen und nach dem IG-L begrenzt.

Da PAK als Mischung verschiedener Substanzen in die Umwelt gelangen, werden die Konzentrationen von Einzelstoffen mit Gewichtungsfaktoren (Toxizitätsäquivalenten, Toxic Equivalency Factor, TEF) entsprechend ihrer Gesundheitsschädlichkeit im Vergleich zu Benzo(a)pyren bewertet. In der Richtlinie 2008/50/EG wird daher gefordert, dass auch andere relevante polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe gemessen werden, um beurteilen zu können, welchen Beitrag Benzo(a)pyren-

Immissionen am gesamten Gefährdungspotential der PAK haben. Dies erfolgt an Hand des sogenannten Toxizitätsäquivalentes, das in einem Wert die Schädlichkeit der Mischung der Pak im Vergleich zu Benzo(a)pyren angibt. Ca. 75% des Gefährdungspotentials der PAK, bewertet als TEF, stammt von B(a)P.

Die folgende Tabelle 5 listet die in der 4. Tochterrichtlinie der EU angeführten PAK mit den Kurzbezeichnungen auf. Die Kleinbuchstaben in der Klammer bezeichnen die Position, an der die Benzolringe verbunden sind.

Tabelle 5: Auflistung der in Feinstaub bestimmten PAK gemäß 4. Tochterrichtlinie der EU (RL 2004/107/EU)

| Name | Kürzel | Toxizitäts-äquivalent |
|----------------------|--------|-----------------------|
| Benzo(a)pyren | B(a)P | 1 |
| Benzo(a)anthracen | BAA | 0,005 |
| Benzo(b)fluoranthen | BBF | 0,1 |
| Benzo(k)fluoranthen | BKF | 0,05 |
| Benzo(j)fluoranthen | BJF | 0,05 |
| Dibenz(a,h)anthracen | DBA | 1,1 |
| Indeno(123-cd)pyren | IND | 0,1 |

8.2. Ergebnisse der Bestimmung von PAK in Feinstaub

Zusätzlich zu den Messungen von Benzo(a)pyren im Rahmen des fixen steirischen Immissionsmessnetzes an den Messstellen Graz Süd Deutschlandsberg und Leoben Donawitz werden Erhebungen weiteren Regionen durchgeführt, in denen die Kenntnisse über die Belastung gering sind. Weitere Auswahlkriterien sind die lokalklimatischen Verhältnisse und der Struktur des Hausbrandes. Weiters sollen die Standorte auch für andere Gebiete repräsentative Messergebnisse liefern können.

Thörl wurde auf Grund seiner Lage in einem schlecht durchlüfteten inneralpinen Becken und dem vergleichsweise hohen Anteil an Festbrennstoffheizungen ausgewählt.

Die Messungen in Thörl wurden über den Zeitraum von 18 Monaten durchgeführt. Dies erfolgte deshalb, da einerseits auf Grund der Ausfälle ein ausreichend langer Messzeitraum sichergestellt werden sollte. Andererseits ist der Wechsel des Standorts zum Jahreswechsel, dem Zeitraum mit der höchsten PAK-Belastung, problematisch zu beurteilen.

Tabelle 6: Benzo(a)pyrenkonzentrationen in Thörl [ng/m³]

| | JMW 2012 | 12-Monatsmittelwert (Juli 2012 – Juni 2013) |
|-------|----------|------------------------------------------------|
| B(a)P | 2,28 | 1,98 |

Damit zeigte sich, dass sowohl im Jahr 2012 als auch in der Saison 2012/2013 der Grenzwert deutlich überschritten worden ist-

Für Abbildung 12 wurden die Werte der einzelnen Wochen-Proben zu 4-Wochen-proben zusammengefasst und damit der Jahresgang der Konzentrationen von PAK in Feinstaub grafisch dargestellt. Auch daraus ist sehr deutlich ersichtlich, dass die Konzentrationen aller PAK in den Wintermonaten einen ausgesprochen starken Anstieg zeigten.

Abbildung 12: Jahresgang der PAK-Konzentrationen (4-Wochen-Proben)

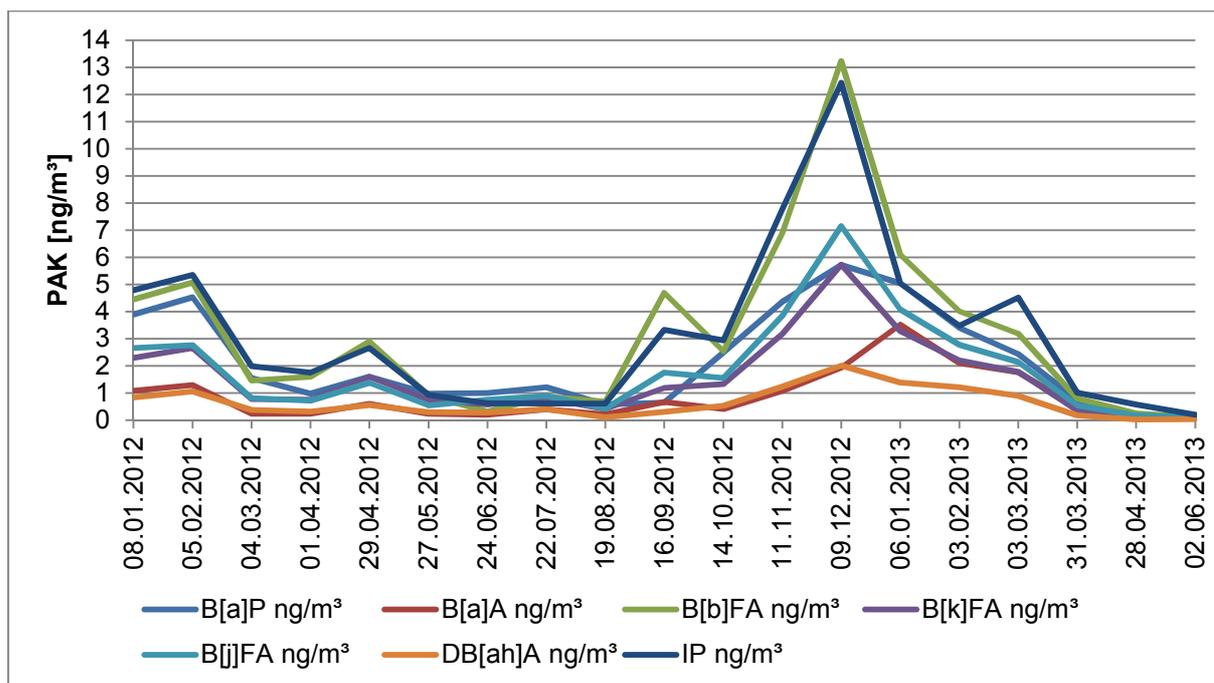


Tabelle 7: Bewertung der Toxizitätsäquivalente

| | JMW 2012 [ng/m³] | Toxizitäts- äquivalent | Anteil [%] |
|----------|---------------------|---------------------------|---------------|
| B(a)P | 2,28 | 2,280 | 59% |
| BAA | 0,67 | 0,003 | 0% |
| BBF | 3,51 | 0,351 | 9% |
| BKF | 1,70 | 0,085 | 2% |
| BJF | 1,95 | 0,098 | 3% |
| DBA | 0,64 | 0,704 | 18% |
| IND | 3,52 | 0,352 | 9% |
| Summe TE | | 3,873 | 100% |

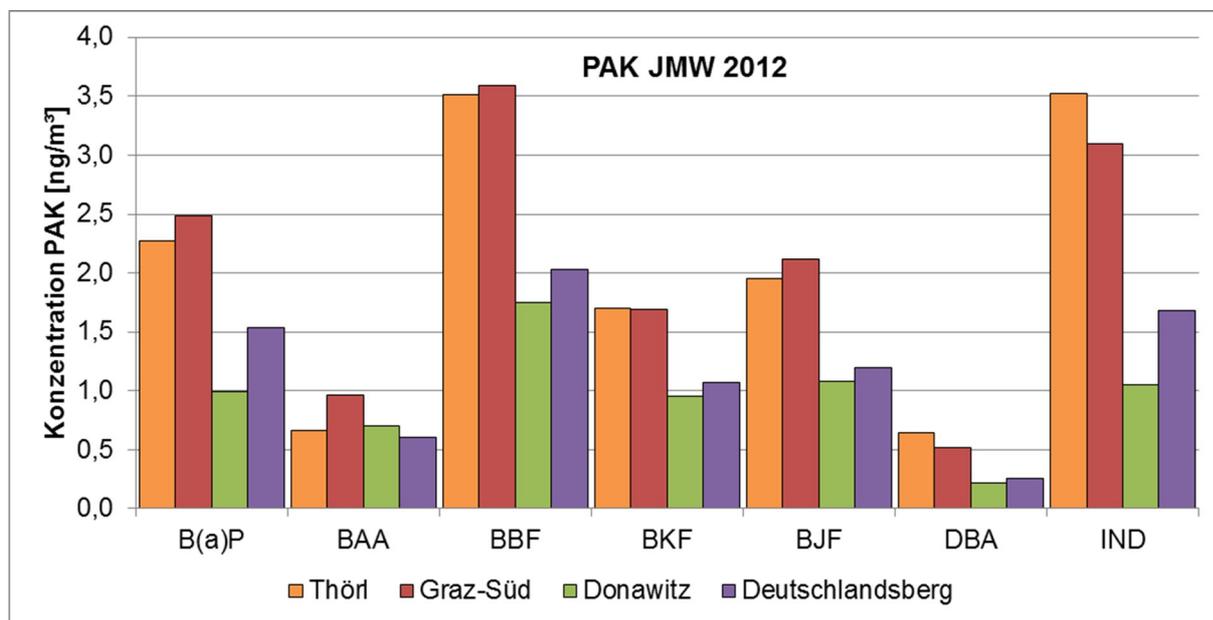
In folgender Tabelle 8 und Abbildung 13 wurden die Ergebnisse aus Thörl mit den an anderen steirischen Messstationen erhobenen PAK-Konzentrationen verglichen (Jahresmittelwerte 2012).

Daraus ist ersichtlich, dass am Messstandort in Thörl für alle bestimmten Komponenten – außer BAA – die zweithöchsten Konzentrationen erhoben wurden. Nur an der Messstation Graz-Süd, die in einem mit älteren Einfamilienhäusern dicht bebauten Grazer Siedlungsgebiet liegt, wurden höhere Konzentrationen an PAK gemessen. Auch dafür dürfte – wie für PM₁₀ – die Lage die Ursache sein: zum Einen lag der Standort des Sammlers in Thörl-Fölz in dicht besiedeltem Gebiet mit eher älteren Einfamilienhäusern und dadurch höheren Emissionen aus dem Hausbrand, zum Anderen begünstigt die geschützte Beckenlage vor allem im Winter Inversionslagen mit schlechten Ausbreitungsbedingungen und damit Anreicherung von Luftschadstoffen in bodennahen Luftschichten.

Tabelle 8: Jahresmittelwerte 2012 der in PM₁₀ bestimmten PAK [ng/m³] Vergleich mit Messstellen in der Steiermark

| JMW 2012 | B(a)P | BAA | BBF | BKF | BJF | DBA | IND |
|------------------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Thörl | 2,28 | 0,67 | 3,51 | 1,70 | 1,95 | 0,64 | 3,52 |
| Graz-Süd | 2,49 | 0,96 | 3,59 | 1,69 | 2,11 | 0,52 | 3,10 |
| Donawitz | 0,99 | 0,71 | 1,75 | 0,95 | 1,08 | 0,21 | 1,05 |
| Deutschlandsberg | 1,54 | 0,61 | 2,03 | 1,07 | 1,19 | 0,26 | 1,68 |

Abbildung 13: PAK – Jahresmittelwerte 2012



Auch für den Zeitraum von Juli 2012 bis Juni 2013 wurden Vergleiche mit anderen steirischen Stationen durchgeführt. Die Messungen an den temporären Standorten Thörl und Leibnitz zeigten deutlich höhere Belastungen als die im fixen Messnetz durchgeführten Erhebungen. Sowohl in Leibnitz als auch in Thörl lagen die B(a)P-Konzentrationen deutlich über den Vorgaben des IG-L

Tabelle 9: Gehalte von Benzo(a)pyren in PM₁₀, 12-Monatsmittelwerte (1.7.2012 – 30.6.2013)

| | B(a)P in PM₁₀ [ng/m ³] |
|------------------|---------------------------------------------------------|
| Thörl | 1,96 |
| Leibnitz | 2,53 |
| Graz Süd | 1,69 |
| Deutschlandsberg | 0,97 |
| Leoben Donawitz | 1,29 |

9. Zusammenfassung

In Thörl bei Aflenz, Fölz 91 wurden Feinstaubmessungen mittels Low-Volume-Sammlers im Zeitraum von 28.12.2011 bis 23.06.2013 durchgeführt. Aufgrund mehrerer Ausfälle bzw. Wartungsarbeiten am Messgerät wurden zum Schluss jedoch nur an 70% der Messtage auch Messwerte erhalten. Aufgrund des lange andauernden Messzeitraumes von 1½ Jahren kann dennoch eine schlüssige Aussage über die Belastung getroffen werden.

Aus den Staubfilter-Proben wurden polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) analysiert. Die fehlenden Messwerte wurden in Anlehnung an die Ergebnisse anderer steirischer Messstationen und dem verhältnismäßigen Anteil einer Wochenprobe am Jahresmittelwert interpoliert.

Die PM₁₀-Belastung lag über den Messzeitraum gemittelt auf durchschnittlicher Höhe wie an Messstationen in Ballungsräumen in der Region. Auch in Thörl-Fölz muss vom Hausbrand als Verursacher von Feinstaubemissionen ausgegangen werden, allerdings sind Anteile von anderen Verursachern, wie dem KFZ-Verkehr vermutlich geringer. Im eineinhalb-jährigen Messzeitraum wurden 14 Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwertes gemäß IG-L registriert, wobei vom Gesetzgeber 25 Überschreitungstage je Kalenderjahr toleriert werden.

Somit kann in Thörl-Fölz nicht von erhöhter PM₁₀-Belastung gesprochen werden.

Anders als bei Feinstaub stellt sich die Situation bezüglich PAK dar: in Thörl-Fölz wurden im Vergleich mit steirischen Messstandorten die zweithöchsten Konzentrationen an PAK gemessen, lediglich an der Messstation Graz-Süd lagen die Werte noch höher.

Vor allem in den Wintermonaten stieg die Belastung deutlich an, was eindeutig auf Emissionen auf den Einsatz von festen Brennstoffen in älteren oder schlecht gewarteten Anlagen hinweist.

10. Anhang

10.1. Tabelle aller PM₁₀-Tagesmittelwerte

Tabelle 10: Tagesmittelwerte der PM₁₀-Belastung

| Datum | PM ₁₀ -Konzentration | Datum | PM ₁₀ -Konzentration | Datum | PM ₁₀ -Konzentration |
|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|
| 28.12.2011 | 17,2 | 03.02.2012 | 37,1 | 11.03.2012 | 9,8 |
| 29.12.2011 | 23,2 | 04.02.2012 | 18,6 | 12.03.2012 | 4,0 |
| 30.12.2011 | 19,5 | 05.02.2012 | 31,5 | 13.03.2012 | 9,9 |
| 31.12.2011 | 21,5 | 06.02.2012 | 25,9 | 14.03.2012 | 19,7 |
| 01.01.2012 | 52,9 | 07.02.2012 | 37,4 | 15.03.2012 | 35,4 |
| 02.01.2012 | 25,6 | 08.02.2012 | 51,0 | 16.03.2012 | 41,4 |
| 03.01.2012 | 23,5 | 09.02.2012 | 59,9 | 17.03.2012 | 27,8 |
| 04.01.2012 | 15,7 | 10.02.2012 | 66,8 | 18.03.2012 | 19,9 |
| 05.01.2012 | 19,9 | 11.02.2012 | 44,4 | 19.03.2012 | 13,8 |
| 06.01.2012 | 4,0 | 12.02.2012 | 44,6 | 20.03.2012 | 17,7 |
| 07.01.2012 | 9,8 | 13.02.2012 | 39,4 | 21.03.2012 | 23,5 |
| 08.01.2012 | 15,7 | 14.02.2012 | 40,5 | 22.03.2012 | 41,3 |
| 09.01.2012 | 13,6 | 15.02.2012 | 15,8 | 23.03.2012 | 31,9 |
| 10.01.2012 | 19,5 | 16.02.2012 | 3,9 | 24.03.2012 | 19,9 |
| 11.01.2012 | 36,6 | 17.02.2012 | 2,0 | 25.03.2012 | 22,0 |
| 12.01.2012 | 32,3 | 18.02.2012 | 13,8 | 26.03.2012 | 47,6 |
| 13.01.2012 | 5,9 | 19.02.2012 | 41,0 | 27.03.2012 | 19,9 |
| 14.01.2012 | 15,5 | 20.02.2012 | 17,3 | 28.03.2012 | 20,2 |
| 15.01.2012 | 13,5 | 21.02.2012 | 26,7 | 29.03.2012 | 20,4 |
| 16.01.2012 | 34,0 | 22.02.2012 | 28,6 | 30.03.2012 | 8,1 |
| 17.01.2012 | 17,3 | 23.02.2012 | 25,2 | 31.03.2012 | 8,2 |
| 18.01.2012 | 28,6 | 24.02.2012 | 2,0 | 01.04.2012 | 5,9 |
| 19.01.2012 | 56,1 | 25.02.2012 | 10,0 | 02.04.2012 | |
| 20.01.2012 | 17,8 | 26.02.2012 | 3,9 | 03.04.2012 | 23,5 |
| 21.01.2012 | 23,6 | 27.02.2012 | 15,6 | 04.04.2012 | 15,3 |
| 22.01.2012 | 15,9 | 28.02.2012 | 5,9 | 05.04.2012 | 18,4 |
| 23.01.2012 | 13,8 | 29.02.2012 | 12,0 | 06.04.2012 | 13,0 |
| 24.01.2012 | 15,7 | 01.03.2012 | 25,8 | 07.04.2012 | 12,7 |
| 25.01.2012 | 17,5 | 02.03.2012 | 25,7 | 08.04.2012 | 13,4 |
| 26.01.2012 | 34,1 | 03.03.2012 | 39,4 | 09.04.2012 | 15,1 |
| 27.01.2012 | 50,2 | 04.03.2012 | 45,3 | 10.04.2012 | 26,4 |
| 28.01.2012 | 56,5 | 05.03.2012 | 29,6 | 11.04.2012 | 8,2 |
| 29.01.2012 | 41,9 | 06.03.2012 | 31,1 | 12.04.2012 | 9,4 |
| 30.01.2012 | 39,2 | 07.03.2012 | 44,6 | 13.04.2012 | 12,3 |
| 31.01.2012 | 44,7 | 08.03.2012 | 33,4 | 14.04.2012 | 18,1 |
| 01.02.2012 | 46,5 | 09.03.2012 | 15,5 | 15.04.2012 | 8,6 |

Fortsetzung Tabelle 10

| Datum | PM ₁₀ - Konzentration | Datum | PM ₁₀ - Konzentration | Datum | PM ₁₀ - Konzentration |
|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|------------|-------------------------------------|
| 17.04.2012 | | 24.05.2012 | 22,5 | 30.06.2012 | 44,6 |
| 18.04.2012 | | 25.05.2012 | 20,4 | 01.07.2012 | 27,5 |
| 19.04.2012 | | 26.05.2012 | 20,3 | 02.07.2012 | 37,8 |
| 20.04.2012 | | 27.05.2012 | 18,4 | 03.07.2012 | 25,3 |
| 21.04.2012 | | 28.05.2012 | 16,3 | 04.07.2012 | 29,4 |
| 22.04.2012 | | 29.05.2012 | 16,5 | 05.07.2012 | 16,8 |
| 23.04.2012 | | 30.05.2012 | 16,5 | 06.07.2012 | 10,5 |
| 24.04.2012 | | 31.05.2012 | 10,2 | 07.07.2012 | 12,6 |
| 25.04.2012 | | 01.06.2012 | 10,3 | 08.07.2012 | 10,4 |
| 26.04.2012 | | 02.06.2012 | 4,1 | 09.07.2012 | 12,5 |
| 27.04.2012 | | 03.06.2012 | 8,4 | 10.07.2012 | 6,3 |
| 28.04.2012 | | 04.06.2012 | | 11.07.2012 | 6,2 |
| 29.04.2012 | | 05.06.2012 | | 12.07.2012 | 7,8 |
| 30.04.2012 | | 06.06.2012 | | 13.07.2012 | 6,1 |
| 01.05.2012 | | 07.06.2012 | | 14.07.2012 | 6,1 |
| 02.05.2012 | | 08.06.2012 | | 15.07.2012 | 8,1 |
| 03.05.2012 | | 09.06.2012 | | 16.07.2012 | 14,2 |
| 04.05.2012 | | 10.06.2012 | | 17.07.2012 | 10,4 |
| 05.05.2012 | 12,5 | 11.06.2012 | 4,6 | 18.07.2012 | |
| 06.05.2012 | 8,7 | 12.06.2012 | | 19.07.2012 | |
| 07.05.2012 | 5,7 | 13.06.2012 | 9,7 | 20.07.2012 | |
| 08.05.2012 | 12,2 | 14.06.2012 | 12,4 | 21.07.2012 | |
| 09.05.2012 | 16,4 | 15.06.2012 | 16,7 | 22.07.2012 | |
| 10.05.2012 | 19,0 | 16.06.2012 | 18,7 | 23.07.2012 | |
| 11.05.2012 | 20,8 | 17.06.2012 | 29,3 | 24.07.2012 | 56,0 |
| 12.05.2012 | 12,5 | 18.06.2012 | 29,4 | 25.07.2012 | 10,4 |
| 13.05.2012 | 11,0 | 19.06.2012 | 31,7 | 26.07.2012 | 23,1 |
| 14.05.2012 | 10,2 | 20.06.2012 | 20,5 | 27.07.2012 | 21,1 |
| 15.05.2012 | 12,1 | 21.06.2012 | 16,5 | 28.07.2012 | 12,5 |
| 16.05.2012 | 2,0 | 22.06.2012 | 6,2 | 29.07.2012 | 12,4 |
| 17.05.2012 | 16,0 | 23.06.2012 | 10,4 | 30.07.2012 | 10,4 |
| 18.05.2012 | 14,1 | 24.06.2012 | 6,2 | 31.07.2012 | 14,6 |
| 19.05.2012 | 18,4 | 25.06.2012 | 6,2 | 01.08.2012 | 16,7 |
| 20.05.2012 | 22,8 | 26.06.2012 | 8,2 | 02.08.2012 | 12,5 |
| 21.05.2012 | 15,6 | 27.06.2012 | 20,9 | 03.08.2012 | 16,8 |
| 22.05.2012 | 10,8 | 28.06.2012 | 27,4 | 04.08.2012 | 18,9 |
| 23.05.2012 | 22,8 | 29.06.2012 | 33,9 | 05.08.2012 | 23,3 |

Fortsetzung Tabelle 10

| Datum | PM ₁₀ -Konzentration | Datum | PM ₁₀ -Konzentration | Datum | PM ₁₀ -Konzentration |
|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|
| 06.08.2012 | 4,2 | 12.09.2012 | 4,1 | 15.12.2012 | 25,6 |
| 07.08.2012 | | 13.09.2012 | 12,3 | 16.12.2012 | 19,8 |
| 08.08.2012 | | 14.09.2012 | 8,1 | 17.12.2012 | 21,7 |
| 09.08.2012 | | 15.09.2012 | 10,2 | 18.12.2012 | 23,4 |
| 10.08.2012 | | 16.09.2012 | | 19.12.2012 | 26,9 |
| 11.08.2012 | | 13.11.2012 | | 20.12.2012 | |
| 12.08.2012 | | 14.11.2012 | | 21.12.2012 | |
| 13.08.2012 | | 15.11.2012 | | 22.12.2012 | |
| 14.08.2012 | | 16.11.2012 | | 23.12.2012 | |
| 15.08.2012 | | 17.11.2012 | | 24.12.2012 | |
| 16.08.2012 | | 18.11.2012 | | 25.12.2012 | |
| 17.08.2012 | | 19.11.2012 | | 26.12.2012 | |
| 18.08.2012 | | 20.11.2012 | 35,8 | 27.12.2012 | |
| 19.08.2012 | | 21.11.2012 | 27,6 | 28.12.2012 | |
| 20.08.2012 | | 22.11.2012 | 27,9 | 29.12.2012 | |
| 21.08.2012 | | 23.11.2012 | 7,9 | 30.12.2012 | |
| 22.08.2012 | | 24.11.2012 | 19,7 | 31.12.2012 | |
| 23.08.2012 | | 25.11.2012 | 27,7 | 01.01.2013 | |
| 24.08.2012 | | 26.11.2012 | 35,8 | 02.01.2013 | |
| 25.08.2012 | | 27.11.2012 | 36,6 | 03.01.2013 | 4,0 |
| 26.08.2012 | | 28.11.2012 | 8,2 | 04.01.2013 | 4,0 |
| 27.08.2012 | | 29.11.2012 | 11,9 | 05.01.2013 | 3,9 |
| 28.08.2012 | | 30.11.2012 | 19,7 | 06.01.2013 | 7,9 |
| 29.08.2012 | | 01.12.2012 | 15,8 | 07.01.2013 | 11,7 |
| 30.08.2012 | | 02.12.2012 | 3,9 | 08.01.2013 | 17,8 |
| 31.08.2012 | | 03.12.2012 | 25,6 | 09.01.2013 | 19,9 |
| 01.09.2012 | | 04.12.2012 | 17,9 | 10.01.2013 | 11,8 |
| 02.09.2012 | | 05.12.2012 | 15,6 | 11.01.2013 | 21,5 |
| 03.09.2012 | 31,0 | 06.12.2012 | 25,1 | 12.01.2013 | 25,3 |
| 04.09.2012 | 31,1 | 07.12.2012 | 19,3 | 13.01.2013 | 37,0 |
| 05.09.2012 | 14,4 | 08.12.2012 | 26,8 | 14.01.2013 | |
| 06.09.2012 | 4,1 | 09.12.2012 | 37,0 | 15.01.2013 | 45,1 |
| 07.09.2012 | 16,3 | 10.12.2012 | 25,3 | 16.01.2013 | 23,6 |
| 08.09.2012 | 14,3 | 11.12.2012 | 19,1 | 17.01.2013 | 29,4 |
| 09.09.2012 | 18,5 | 12.12.2012 | 39,3 | 18.01.2013 | 31,2 |
| 10.09.2012 | 22,7 | 13.12.2012 | 58,9 | 19.01.2013 | 44,3 |
| 11.09.2012 | 12,4 | 14.12.2012 | 66,7 | 20.01.2013 | 56,8 |

Fortsetzung Tabelle 10

| Datum | PM ₁₀ -Konzentration | Datum | PM ₁₀ -Konzentration | Datum | PM ₁₀ -Konzentration |
|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|
| 21.01.2013 | 45,9 | 27.02.2013 | 21,6 | 05.04.2013 | 26,3 |
| 22.01.2013 | 25,8 | 28.02.2013 | 21,6 | 06.04.2013 | 14,1 |
| 23.01.2013 | 19,6 | 01.03.2013 | 27,6 | 07.04.2013 | 11,9 |
| 24.01.2013 | 17,7 | 02.03.2013 | 27,2 | 08.04.2013 | 16,0 |
| 25.01.2013 | 23,3 | 03.03.2013 | 29,1 | 09.04.2013 | 22,3 |
| 26.01.2013 | 47,4 | 04.03.2013 | 46,5 | 10.04.2013 | 10,1 |
| 27.01.2013 | 61,0 | 05.03.2013 | 54,6 | 11.04.2013 | 14,1 |
| 28.01.2013 | 50,7 | 06.03.2013 | 57,5 | 12.04.2013 | 16,2 |
| 29.01.2013 | 44,5 | 07.03.2013 | 36,2 | 13.04.2013 | 10,0 |
| 30.01.2013 | 33,6 | 08.03.2013 | 32,1 | 14.04.2013 | 9,9 |
| 31.01.2013 | 8,0 | 09.03.2013 | 20,1 | 15.04.2013 | 12,0 |
| 01.02.2013 | 16,0 | 10.03.2013 | 18,2 | 16.04.2013 | 20,1 |
| 02.02.2013 | 24,1 | 11.03.2013 | 16,2 | 17.04.2013 | 26,2 |
| 03.02.2013 | 7,9 | 12.03.2013 | 20,3 | 18.04.2013 | 10,2 |
| 04.02.2013 | 15,7 | 13.03.2013 | 16,1 | 19.04.2013 | 18,2 |
| 05.02.2013 | 27,8 | 14.03.2013 | 13,9 | 20.04.2013 | 10,1 |
| 06.02.2013 | 19,9 | 15.03.2013 | 13,7 | 21.04.2013 | 28,4 |
| 07.02.2013 | 15,7 | 16.03.2013 | 15,6 | 22.04.2013 | 30,5 |
| 08.02.2013 | 23,4 | 17.03.2013 | 29,3 | 23.04.2013 | 12,1 |
| 09.02.2013 | 25,3 | 18.03.2013 | 24,0 | 24.04.2013 | 10,1 |
| 10.02.2013 | 42,6 | 19.03.2013 | 12,1 | 25.04.2013 | 14,2 |
| 11.02.2013 | 19,2 | 20.03.2013 | | 26.04.2013 | 22,8 |
| 12.02.2013 | 37,2 | 21.03.2013 | | 27.04.2013 | 37,7 |
| 13.02.2013 | 31,0 | 22.03.2013 | | 28.04.2013 | 22,8 |
| 14.02.2013 | 42,7 | 23.03.2013 | | 29.04.2013 | 18,5 |
| 15.02.2013 | 60,7 | 24.03.2013 | | 30.04.2013 | 28,8 |
| 16.02.2013 | 27,4 | 25.03.2013 | | 01.05.2013 | 39,1 |
| 17.02.2013 | 23,4 | 26.03.2013 | | 02.05.2013 | 30,9 |
| 18.02.2013 | 35,2 | 27.03.2013 | | 03.05.2013 | 14,5 |
| 19.02.2013 | 23,5 | 28.03.2013 | | 04.05.2013 | 8,2 |
| 20.02.2013 | 13,6 | 29.03.2013 | | 05.05.2013 | 6,1 |
| 21.02.2013 | 19,2 | 30.03.2013 | | 06.05.2013 | 10,2 |
| 22.02.2013 | 27,3 | 31.03.2013 | | 07.05.2013 | 10,3 |
| 23.02.2013 | 29,6 | 01.04.2013 | | 08.05.2013 | 10,3 |
| 24.02.2013 | 41,5 | 02.04.2013 | | 09.05.2013 | 22,7 |
| 25.02.2013 | 35,5 | 03.04.2013 | 21,9 | 10.05.2013 | 22,7 |
| 26.02.2013 | 41,0 | 04.04.2013 | 26,2 | 11.05.2013 | 8,2 |

Fortsetzung Tabelle 10

| Datum | PM ₁₀ -Konzentration | Datum | PM ₁₀ -Konzentration | Datum | PM ₁₀ -Konzentration |
|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|------------|---------------------------------|
| 12.05.2013 | 6,1 | 26.05.2013 | 10,2 | 09.06.2013 | 12,6 |
| 13.05.2013 | 4,1 | 27.05.2013 | 4,1 | 10.06.2013 | 8,3 |
| 14.05.2013 | 6,2 | 28.05.2013 | 14,4 | 11.06.2013 | 8,2 |
| 15.05.2013 | 20,7 | 29.05.2013 | 12,5 | 12.06.2013 | 10,3 |
| 16.05.2013 | 10,4 | 30.05.2013 | 2,1 | 13.06.2013 | 12,4 |
| 17.05.2013 | 14,6 | 31.05.2013 | 2,0 | 14.06.2013 | 8,3 |
| 18.05.2013 | 12,4 | 01.06.2013 | 2,1 | 15.06.2013 | 14,6 |
| 19.05.2013 | 14,5 | 02.06.2013 | 2,0 | 16.06.2013 | 18,8 |
| 20.05.2013 | 4,1 | 03.06.2013 | 8,1 | 17.06.2013 | 21,0 |
| 21.05.2013 | 10,2 | 04.06.2013 | 4,1 | 18.06.2013 | 25,2 |
| 22.05.2013 | 8,2 | 05.06.2013 | 8,2 | 19.06.2013 | 29,6 |
| 23.05.2013 | 6,2 | 06.06.2013 | 12,3 | 20.06.2013 | 27,6 |
| 24.05.2013 | 12,2 | 07.06.2013 | 6,2 | 21.06.2013 | 21,2 |
| 25.05.2013 | 4,0 | 08.06.2013 | 12,5 | 22.06.2013 | 21,0 |
| | | | | 23.06.2013 | 6,3 |

10.2. Ausfallszeiten

Tabelle 11: Übersicht über die Ausfallszeiten

| |
|------------------------------------|
| 16.04.2012 – 04.05.2012, |
| 04.06.2012 – 13.06.2012, |
| 19.07.2012 – 24.07.2012, |
| 08.08.2012 – 03.09.2012, |
| 17.09.2012 – 20.11.2012 (Wartung), |
| 21.12.2012 – 03.01.2013, |
| 20.03.2013 – 02.04.2013. |

