

Sondermessung im Raum Hirschfelde

Messergebnisse 2013–2015



Staubniederschlags- und Feinstaubmessung im Raum Hirschfelde

Uwe Wolf, Klara Perchermeier; Dr. Andrea Hausmann

Die Messungen wurden durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft durchgeführt.

Inhalt

1	Anlass und Lage der Messpunkte.....	7
2	Die meteorologischen Bedingungen in den Jahren 2013 und 2015.....	9
3	Auswertung für Staubbiederschlag.....	10
4	Auswertung für Feinstaub PM ₁₀ und anorganische Inhaltsstoffe	13
5	Auswertung für PAK im PM ₁₀	19
6	Fazit	24
7	Literaturverzeichnis	25
8	Anhang.....	26

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Lage der zur Beurteilung verwendeten Messstellen im Bezug zum Untersuchungsgebiet Hirschfelde (Geobasisdaten: © 2015 Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen; http://www.geosn.sachsen.de/)8	8
Abbildung 2:	Lage der Messpunkte im Untersuchungsgebiet (Luftbilder: © 2012 Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen; http://www.geosn.sachsen.de/)8	8
Abbildung 3:	Windrosen der Messstelle Görlitz DWD für 2013 und 20159	9
Abbildung 4:	Jahresgang der Tagesmitteltemperatur in Görlitz DWD 2013 und 2015 10	10
Abbildung 5:	Staubniederschlag im Raum Hirschfelde 2013 und 2015..... 11	11
Abbildung 6:	Blei im Staubniederschlag im Raum Hirschfelde 2013 und 2015 11	11
Abbildung 7:	Arsen im Staubniederschlag im Raum Hirschfelde 2013 und 2015 12	12
Abbildung 8:	Vergleich der Jahresmittelwerte für Staubniederschlag und seine Inhaltsstoffe mit den jeweiligen Grenzwerten 12	12
Abbildung 9:	Jahresgang der PM ₁₀ -Konzentration 2015 13	13
Abbildung 10:	Konzentrations- und Dosiswindrosen für PM ₁₀ 14	14
Abbildung 11:	Jahresgang für Arsen im PM ₁₀ 2015 15	15
Abbildung 12:	Konzentrations- und Dosiswindrosen für Arsen im PM ₁₀ 15	15
Abbildung 13:	Jahresgang für Cadmium im PM ₁₀ 2015 16	16
Abbildung 14:	Konzentrations- und Dosiswindrosen für Cadmium im PM ₁₀ 17	17
Abbildung 15:	Vergleich der Messwerte für PM ₁₀ und seine anorganischen Inhaltsstoffe mit den jeweiligen Grenzwerten bzw. Zielwerten 18	18
Abbildung 16:	Jahresgang für BaP im PM ₁₀ 2015..... 19	19
Abbildung 17:	Konzentrations- und Dosiswindrosen für BaP im PM ₁₀20	20
Abbildung 18:	Windrose und Dosiswindrose für die sieben Tage mit BaP-Konzentrationen >10 ng/m ³ in Hirschfelde...21	21
Abbildung 19:	Rückwärtstrajektorien für den 30.10.2015 (Quelle: NOAA)22	22
Abbildung 20:	Verursacher für den BaP-Ausstoß in Sachsen (SCHREIBER 2015).....23	23
Abbildung 21:	Emissionsfaktoren für PAK aus Kleinfeuerungsanlagen in Haushalten (STRUSCHKA et al. 2008).....23	23
Abbildung 22:	Jahresverlauf der PAK-Konzentrationen in Hirschfelde24	24

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Messpunkte.....	7
Tabelle 2:	Jahresmittelwerte für Staubbiederschlag 2013/2015 in Hirschfelde.....	10
Tabelle 3:	PM ₁₀ -Jahresmittelwerte und Anzahl der Tagesmittel >50 µg/m ³	13
Tabelle 4:	Messwerte in Hirschfelde am Messpunkt 3 an Tagen mit BaP-Konzentrationen >10 ng/m ³	19
Tabelle 5:	BaP-Jahresmittelwerte und der prozentuale Vergleich zum Grenzwert	20
Tabelle 6:	Messwerte der Staubkonzentration 2013 [g/d·m ²].....	26
Tabelle 7:	Messwerte der Staubkonzentration 2015 [g/d·m ²].....	26
Tabelle 8:	Messwerte der Bleikonzentration 2013 [µg/d·m ²].....	27
Tabelle 9:	Messwerte der Bleikonzentration 2015 [µg/d·m ²].....	27
Tabelle 10:	Messwerte der Cadmiumkonzentration 2013 [µg/d·m ²].....	28
Tabelle 11:	Messwerte der Cadmiumkonzentration 2015 [µg/d·m ²].....	28
Tabelle 12:	Messwerte der Zinkkonzentration 2013 [µg/d·m ²].....	29
Tabelle 13:	Messwerte der Zinkkonzentration 2015 [µg/d·m ²].....	29
Tabelle 14:	Messwerte der Arsenkonzentration 2013 [µg/d·m ²].....	30
Tabelle 15:	Messwerte der Arsenkonzentration 2015 [µg/d·m ²].....	30
Tabelle 16:	Messwerte PAK im PM ₁₀ 2015 [ng/m ³].....	31
Tabelle 17:	Benzo(a)pyren-Quellen in der Umgebung von Sachsen	31

Abkürzungsverzeichnis

As	Arsen
BaA	Benzo(a)anthracen
BaP	Benzo(a)pyren
BeP	Benzo(e)pyren
BbF	Benzo(b)fluoranthen
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Sachsen
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BJF	Benzo(j)fluoranthen
BkF	Benzo(k)fluoranthen
BTX	Benzol-Toluol-Xylol
Cd	Cadmium
Cor	Coronen
Cr	Chrom
DbA	Dibenz(ah)anthracen
DWD	Deutscher Wetterdienst
EU	Europäische Union
Flu	Fluoranthen
GMBL	Gemeinsames Ministerialblatt
HVS	High Volume Sampler - Sammlung von Feinstaub PM10 auf einem Filter mit hohem Luftdurchsatz (in der Regel 720 m ³ /d)
Inp	Indeno(1,2,3-cd)pyren
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Ni	Nickel
NOx	Stickoxide
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PM2,5	Particulate Matter – Feinstaub (Partikel mit aerodynamischem Durchmesser kleiner 2,5 µm)
PM10	Particulate Matter – Feinstaub (Partikel mit aerodynamischem Durchmesser kleiner 10 µm)
Pb	Blei
TA	Technische Anleitung
UBA	Umweltbundesamt

Einheiten

%	Prozent
a	Jahr
d	Tag
g/m ² ·d	Gramm pro Quadratmeter und Tag
K	Kelvin
mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter
µg/m ² ·d	Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag
ng/m ³	Nanogramm pro Kubikmeter

1 Anlass und Lage der Messpunkte

Im Jahr 2013 wurden aufgrund von Bürgerbeschwerden über Staubbelästigungen im Raum Hirschfelde/Dittelsdorf von Januar bis Dezember 2013 Staubbiederschlagsproben gesammelt. Außer der Staubmasse wurden auch die Belastungen des Staubes mit den Schwermetallen Blei (Pb), Cadmium (Cd), Zink (Zn) und Arsen (As) bestimmt. Am Messpunkt 3 (Hirschfelde, Ortsteil Drausendorf) wurde der Grenzwert für As im Staubbiederschlag überschritten.

Staubbiederschlag wird als Sammelprobe über einen Zeitraum von jeweils ungefähr 30 Tagen gewonnen. Weil während dieser Zeit unterschiedliche meteorologische Bedingungen herrschen, können aus diesen Staubbiederschlagsproben keine Hinweise hinsichtlich der Windrichtung, aus der die Belastung hauptsächlich stammte, gewonnen werden. Am Messpunkt in Drausendorf wurde deshalb ab Januar 2015 eine Messstelle für Feinstaub PM10 eingerichtet. Dabei wurde PM10 täglich, die Meteorologie stündlich, die Schwermetalle As, Cd, Nickel (Ni) und Chrom (Cr) alle zwei Tage und die polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) alle drei Tage gemessen. Damit sollte auch überprüft werden, ob der für die As-Konzentration im PM10 in Görlitz und Zittau-Ost festgestellte überwiegende Eintrag aus östlicher Windrichtung (vgl. WOLF 2014) auch in Hirschfelde zu beobachten ist.

Außerdem wurden die Staubbiederschlagsmessungen ab September 2014 wieder aufgenommen und in Hirschfelde ein weiterer Messpunkt eingerichtet: MP 4 – Hirschfelde, Bahnhofstraße. Die Lage der Messpunkte im Untersuchungsgebiet wird in Abbildung 1, Abbildung 2 und Tabelle 1 gezeigt. Alle Messungen endeten am 31.12.2015.

Um die Ergebnisse der Messungen besser interpretieren zu können, wurden die Daten der ebenfalls im Grenzraum zu Polen liegenden Messstellen des sächsischen Immissionsmessnetzes Zittau-Ost und Görlitz verwendet. Diese werden wie auch alle Daten des Sondermessprogramms Hirschfelde im Auftrag des LfULG von der Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) erhoben. Die Laboranalysen der Staubinhaltsstoffe wurden vom TÜV Süd durchgeführt.

Für die meteorologische Interpretation wurden auch die Wind- und Temperaturdaten der vom DWD betriebenen Messstelle in Görlitz (im Folgenden bezeichnet: Görlitz DWD) herangezogen.

Tabelle 1: Messpunkte

Nr.	Bezeichnung	Rechtswert	Hochwert
1	Hirschfelde, Fit GmbH	4703343	5649136
2	Bundespolizei Hirschfelde	4703447	5651214
3	Abwasserpumpanlage Drausendorf	4701671	5646677
4	Hirschfelde, Bahnhofstraße	4702833	5649114



Abbildung 1: Lage der zur Beurteilung verwendeten Messstellen im Bezug zum Untersuchungsgebiet Hirschfelde (Geobasisdaten: © 2015 Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen; <http://www.geosn.sachsen.de/>)

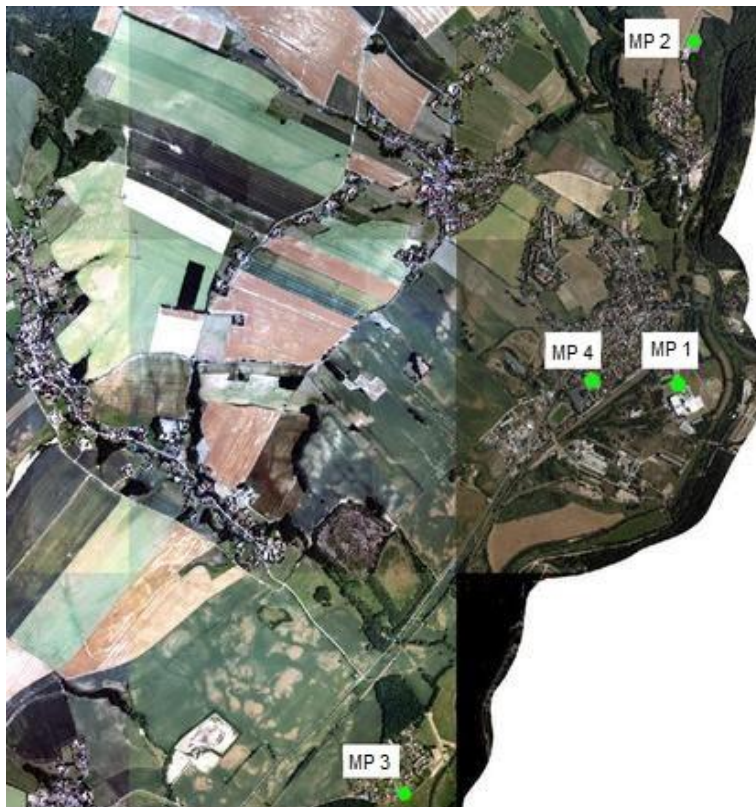


Abbildung 2: Lage der Messpunkte im Untersuchungsgebiet (Luftbilder: © 2012 Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen; <http://www.geosn.sachsen.de/>)

2 Die meteorologischen Bedingungen in den Jahren 2013 und 2015

Die meteorologischen Bedingungen unterschieden sich in den Jahren 2013 und 2015 nicht wesentlich. Ein Blick auf die Windrosen der beiden Jahre in Abbildung 3 zeigt lediglich, dass 2015 nordöstliche und östliche Windrichtungen noch seltener auftraten als 2013. Bei diesen Windrichtungen werden in Sachsen im Winterhalbjahr oft deutlich höhere Feinstaubkonzentrationen gemessen. Dagegen traten westliche und südwestliche Windrichtungen entsprechend häufiger auf. Sie sind oft mit Niederschlägen und deutlich niedrigeren Immissionen verbunden.

Calmen (Windgeschwindigkeiten kleiner/gleich 0,5 m/s) traten kaum auf: 25 Stunden im Jahr 2015 gegenüber 23 Stunden im Jahr 2013. Auch die mittleren Windgeschwindigkeiten lagen mit 3,25 m/s 2015 und 3,66 m/s 2013 nah beieinander.

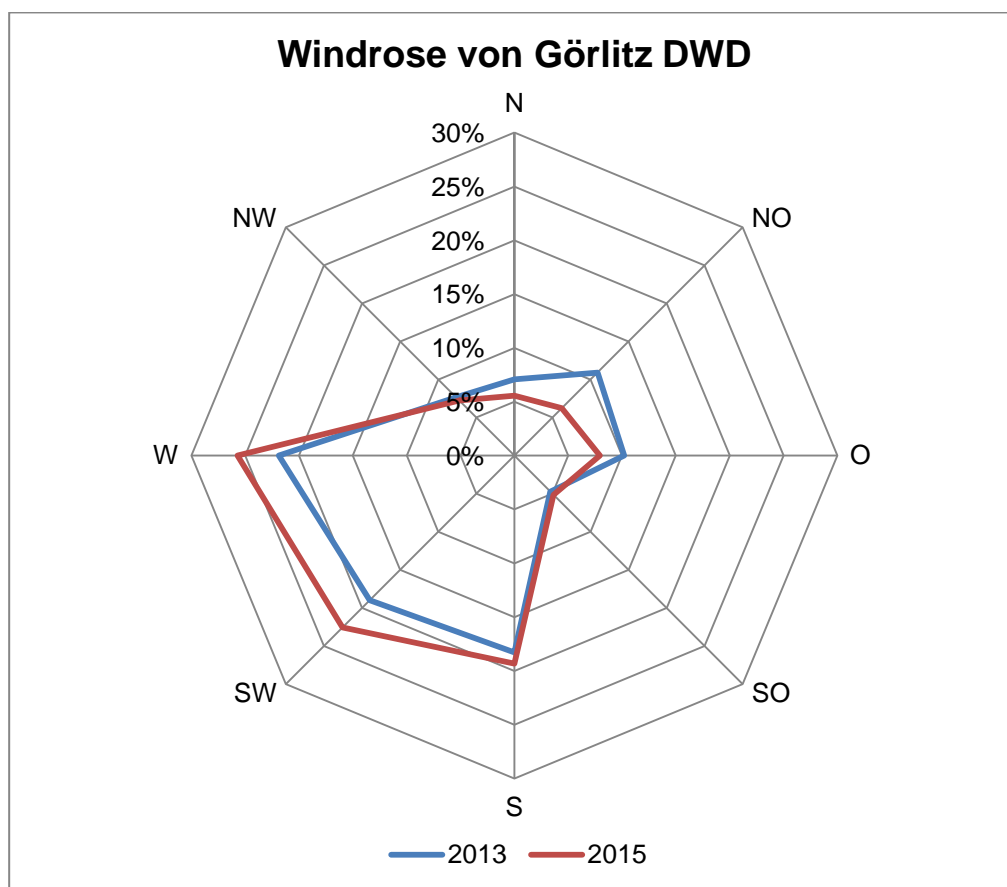


Abbildung 3: Windrosen der Messstelle Görlitz DWD für 2013 und 2015

Die Temperaturwerte unterscheiden sich deutlicher voneinander. Im Mittel war 2015 um 1,6 K wärmer als 2013, dessen Jahresmittel bei 8,8 °C lag. Entscheidend dafür waren die ersten drei Monate 2015, die wesentlich wärmer als 2013 und auch im 30-jährigen Mittel deutlich zu warm waren. Das ist im Jahresgang des Temperaturverlaufs (Abbildung 4) gut zu erkennen.

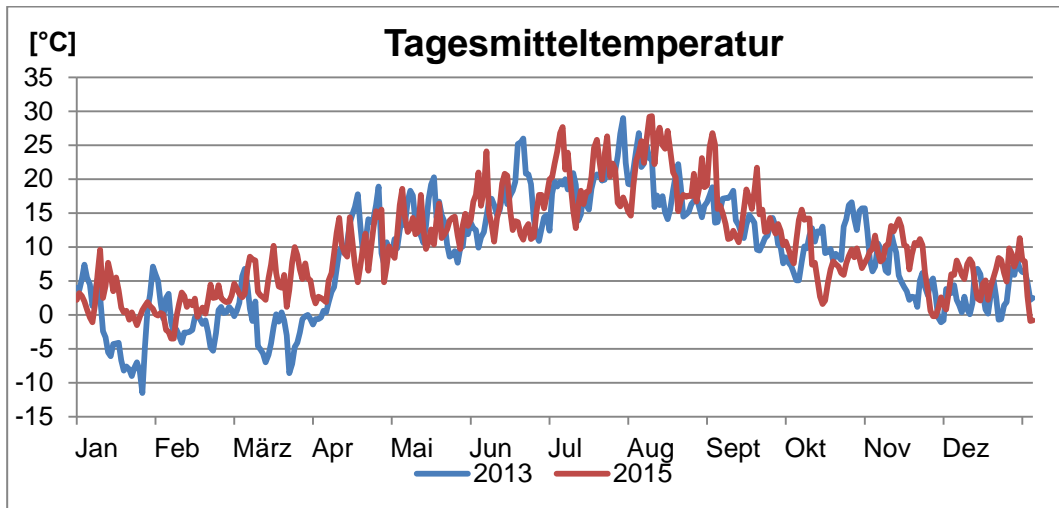


Abbildung 4: Jahresgang der Tagesmitteltemperatur in Görlitz DWD 2013 und 2015

3 Auswertung für Staubniederschlag

Die Ergebnisse der Staubniederschlagsmessungen in den beiden Jahren zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2: Jahresmittelwerte für Staubniederschlag 2013/2015 in Hirschfelde

2013/2015	Staub [g/m ² d]	Pb [µg/m ² d]	Cd [µg/m ² d]	Zn [µg/m ² d]	As [µg/m ² d]
MP1	0.09/0.04	10.8/4.8	0.4/0.1	73.0/38.6	3.1/1.0
MP2	0.05/0.03	7.2/2.3	0.1/0.1	38.0/17.4	1.5/0.5
MP3	0.13/0.04	10.3/2.9	0.2/0.1	54.2/103.1	5.1/0.7
MP4	0.04	7.8	0.2	24.9	0.8
Grenzwert	0,35 ¹⁾	100 ²⁾	2 ²⁾	≈ 330 ³⁾	4 ²⁾

¹⁾ Immissionswert zum Schutz vor erheblichen Belästigungen oder erheblichen Nachteilen durch Staubniederschlag nach Nr. 4.3.1 TA Luft

²⁾ Immissionswert zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Schadstoffdeposition nach Nr. 4.5.1 TA Luft

³⁾ Zulässige Zusatzbelastung nach § 8 Abs. 2 Nr. 2 des Bundes-Bodenschutzgesetzes

In den folgenden Abbildungen wird deutlich, dass 2015 fast durchgängig niedrigere Depositionen im Vergleich zum Jahr 2013 gemessen wurden. Der Jahresgang der Staubniederschlagsbelastung (Abbildung 5) zeigt außer den erhöhten Werten am MP 3 im August und September keine Auffälligkeiten. Alle gemessenen Werte aus dem Jahr 2015 liegen weit unter dem Jahresmittelgrenzwert.

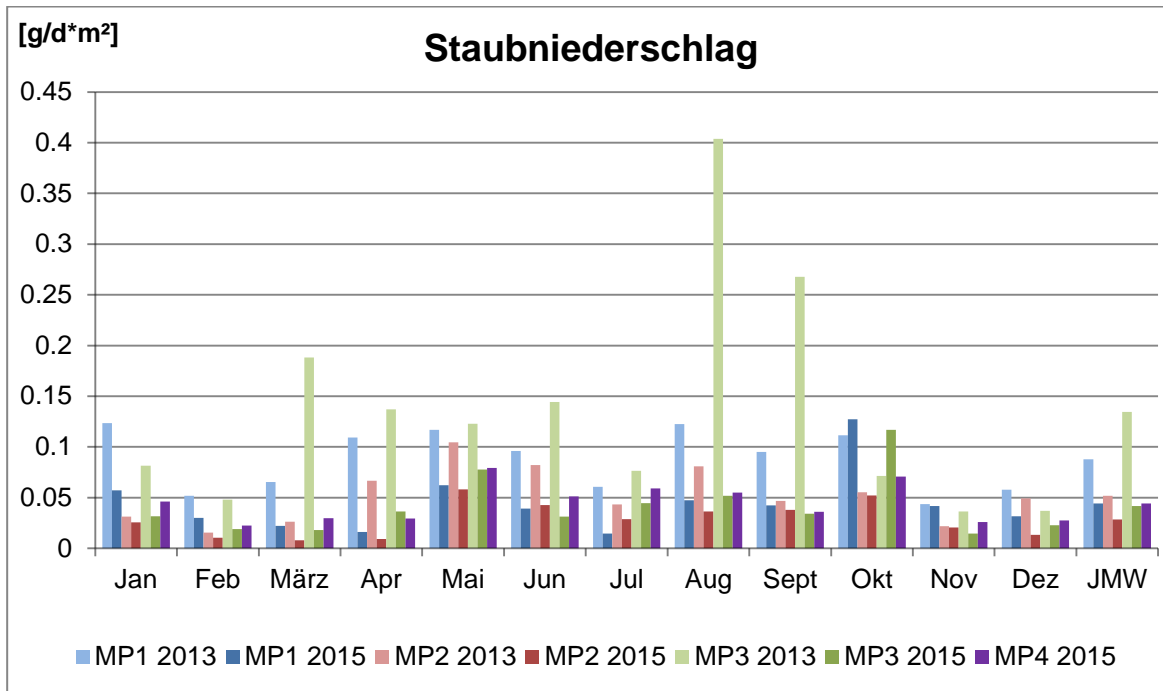


Abbildung 5: Staubniederschlag im Raum Hirschfelde 2013 und 2015

Ein zumeist unauffälliges Bild ergibt sich auch für die Inhaltsstoffe. Abgebildet werden hier stellvertretend Blei (Abbildung 5) und Arsen (Abbildung 6) im Jahresvergleich. Die anderen Komponenten und die Daten der nicht dargestellten Monate September bis Dezember 2014 befinden sich im Anhang (Tabelle 6 bis Tabelle 15).

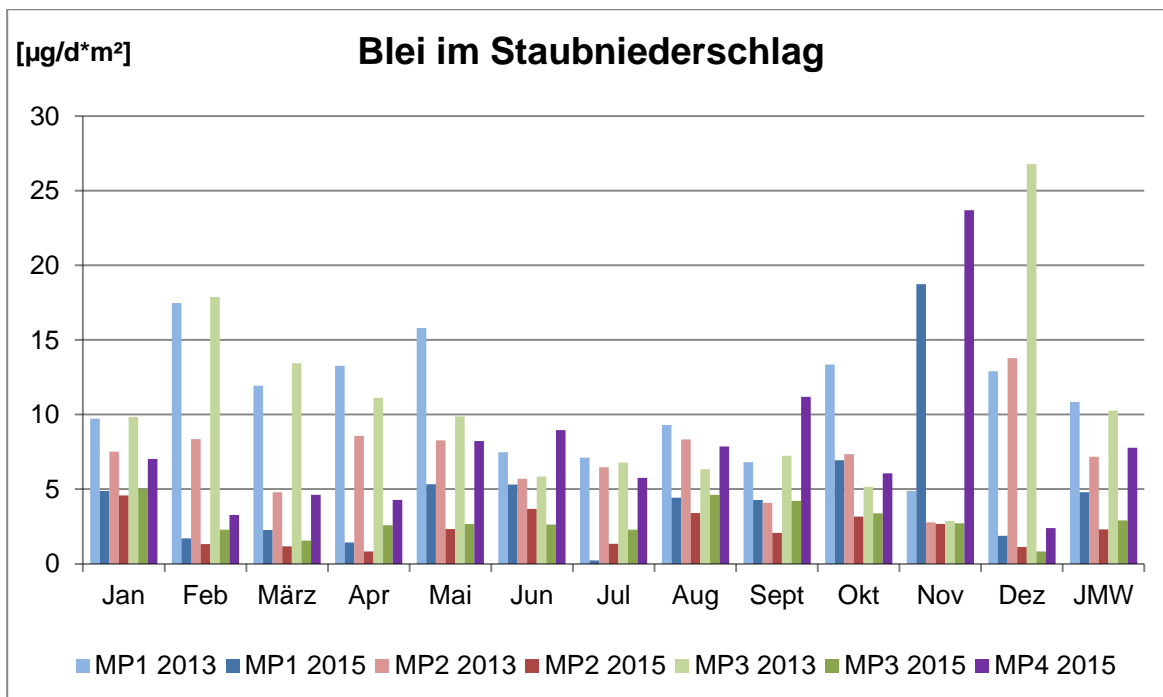


Abbildung 6: Blei im Staubniederschlag im Raum Hirschfelde 2013 und 2015

Bei Arsen ist der Rückgang der gemessenen Depositionen besonders drastisch (Abbildung 7). Während 2013 Messwerte größer $2 \mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$ an den Messpunkten 1 und 3 die Regel waren, erreichten 2015 alle Messpunkte diesen Wert nicht einmal. Nach der Überschreitung am MP 3 im Jahr 2013 wurde der Grenzwert für Arsen im Staubbiederschlag 2015 an allen Messpunkten sicher eingehalten.

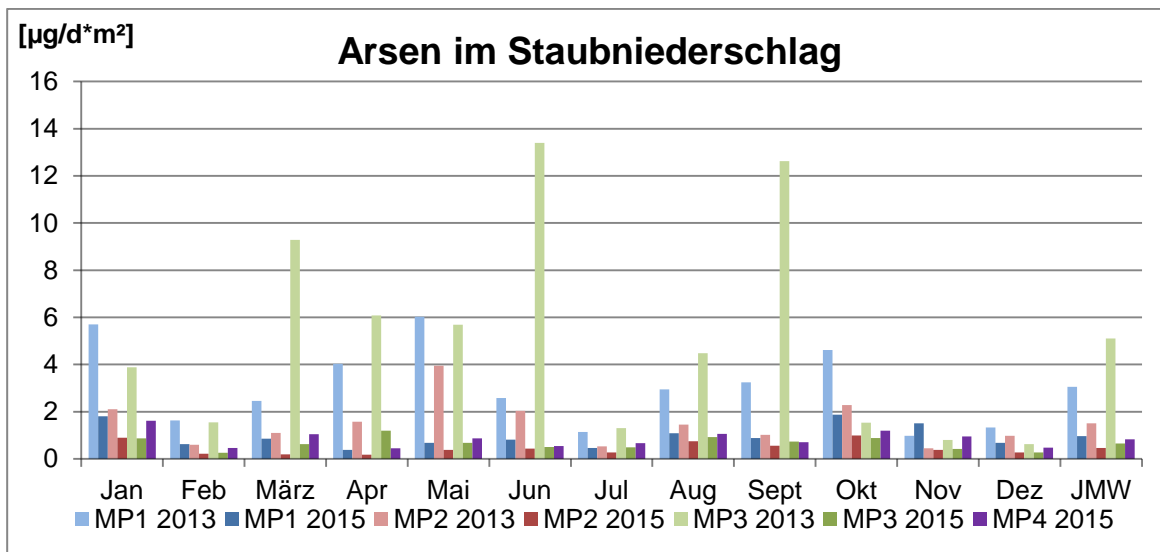


Abbildung 7: Arsen im Staubbiederschlag im Raum Hirschfelde 2013 und 2015

In Abbildung 8 ist zu erkennen, dass 2015 die Konzentrationen von Staubbiederschlag und allen Inhaltsstoffen bis auf Zink am Messpunkt 3 (31 %) nicht einmal 25 % der Grenzwerte erreichen. Zwei Ursachen für diesen deutlichen Rückgang kommen in Betracht: Zum einen wurden in den letzten Jahren die nahe liegenden Abraumhalden des Braunkohlentagebaus Turow teilweise abgedeckt und begrünt, wodurch die Staubabwehrung deutlich zurückgegangen sein sollte. Zum anderen werden die zu warmen Wintermonate 2015 ohne längere austauscharme Wetterlagen mit östlicher Anströmung einen zusätzlichen Beitrag zum Rückgang der Depositionen geleistet haben.

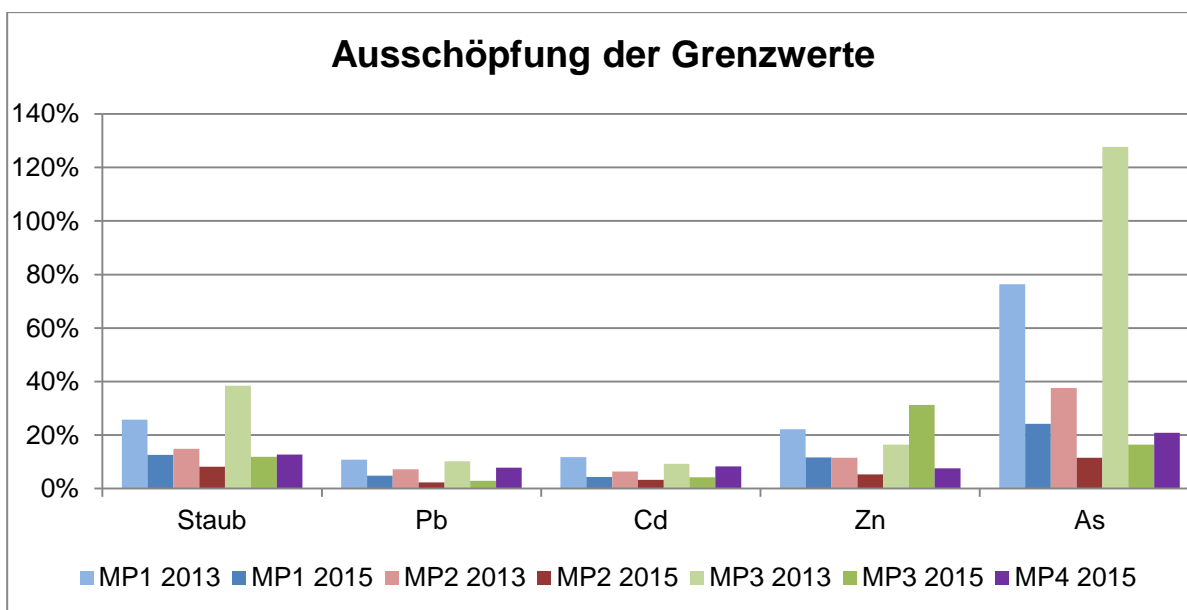


Abbildung 8: Vergleich der Jahresmittelwerte für Staubbiederschlag und seine Inhaltsstoffe mit den jeweiligen Grenzwerten

4 Auswertung für Feinstaub PM₁₀ und anorganische Inhaltsstoffe

Im Jahr 2015 wurden in Sachsen die Grenzwerte für PM₁₀ eingehalten. Für die im Gebiet liegenden Messstellen werden die gemessenen grenzwertrelevanten Größen in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3: PM₁₀-Jahresmittelwerte und Anzahl der Tagesmittel >50 µg/m³

	Görlitz	Hirschfelde (MP3)	Zittau-Ost	Niesky
Jahresmittel [µg/m ³]	24	23	20	17
Anzahl der Tagesmittel >50 µg/m ³	23	17	12	5

In Abbildung 9 ist der PM₁₀-Jahresgang für die vier Messstellen dargestellt. Er zeigt einen weitgehend ähnlichen Verlauf. Nur je einmal werden in Hirschfelde und Görlitz stark erhöhte Werte gemessen. Auffällig ist aber, dass in Hirschfelde ähnlich hohe Werte wie in Görlitz (verkehrsnahe Messstelle) und höhere Werte als in Zittau-Ost (Messstelle im städtischen Hintergrund) gemessen wurden. Am Messpunkt 3, der sich am Rand des Ortsteils Drausendorf befindet, wären ähnliche Werte wie an der Hintergrundstation Niesky zu erwarten gewesen (Tabelle 3).

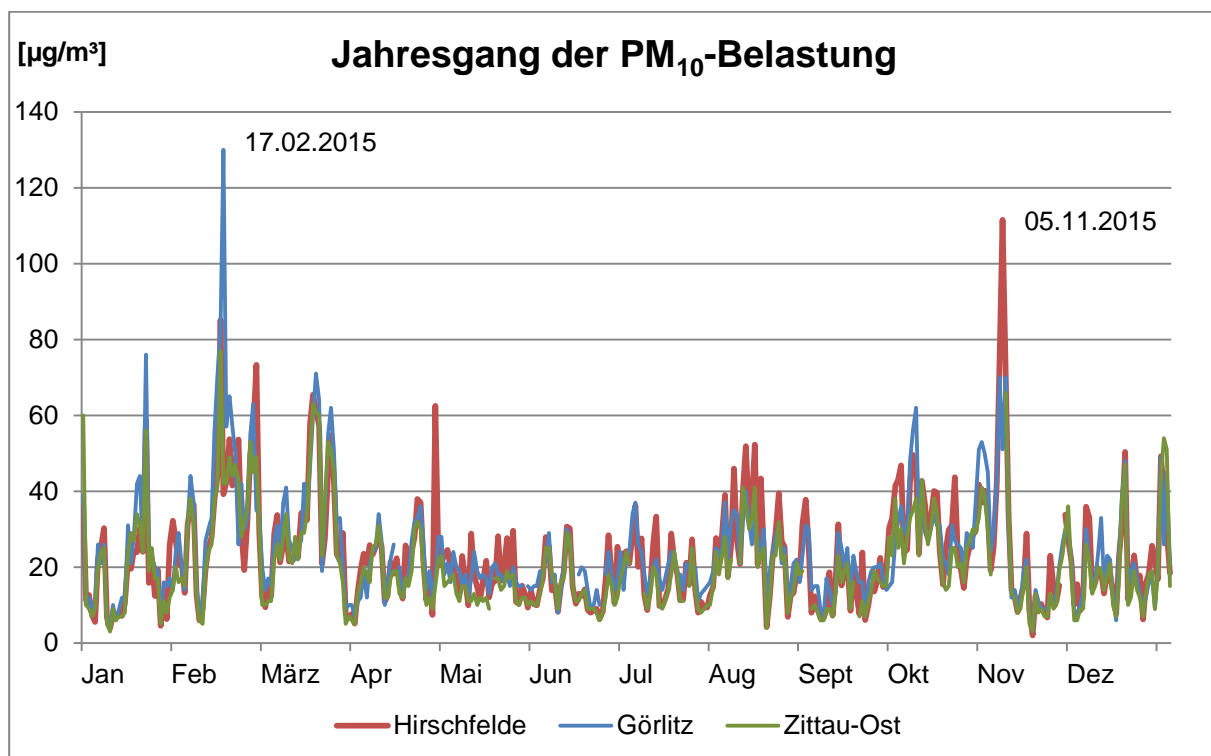
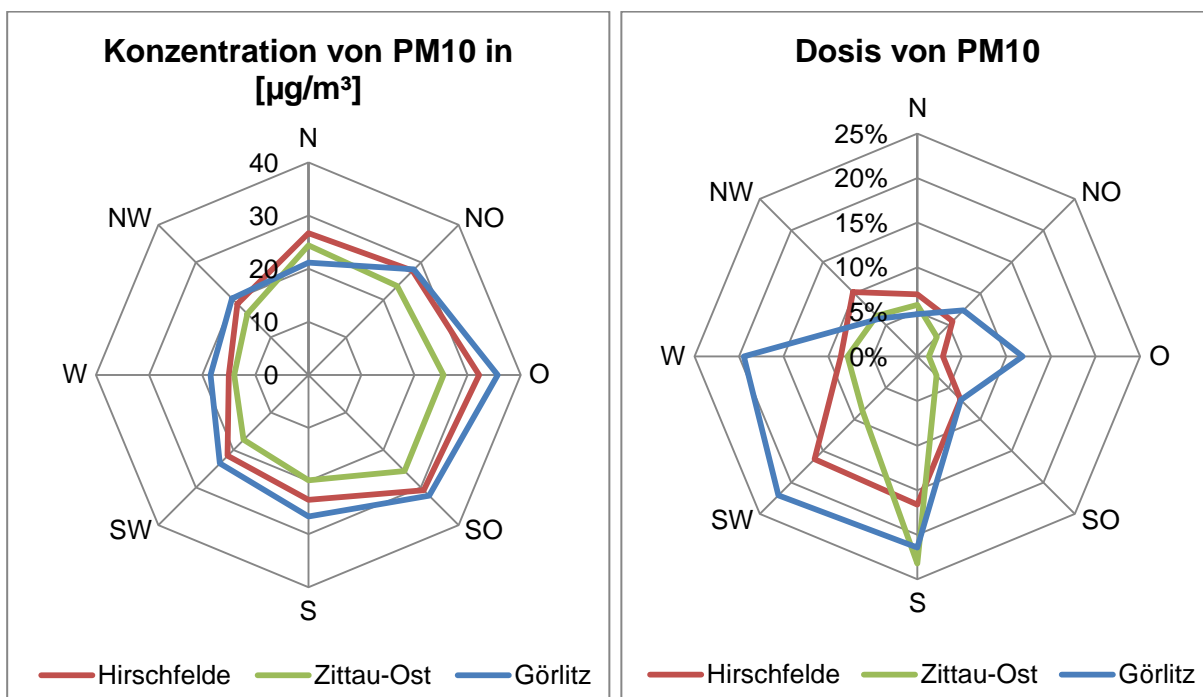


Abbildung 9: Jahresgang der PM₁₀-Konzentration 2015

Im Vergleich zum Vorjahr gingen in Zittau-Ost und Görlitz die PM₁₀-Jahresmittel 2015 um 2 bis 4 µg/m³ zurück. Das entspricht auch den Werten, die im übrigen Sachsen gemessen wurden. Die Ursache dafür ist in erster Linie der schon erwähnte zu warme Winter 2015.

Für die Konzentrations- und Dosiswindrosen in Abbildung 10 und auch den folgenden Abbildungen wurde nicht das übliche Verfahren der Zuordnung der vorherrschenden Windrichtung eines Tages zu dem entsprechenden Tagesmittelwert des betrachteten Schadstoffes verwendet. Es führte aufgrund der geringen Datenanzahl insbesondere bei den Inhaltsstoffen, die nur aller zwei oder sechs Tage bestimmt werden, zu nicht interpretierbaren Ergebnissen. So gab es 2015 z. B. in Zittau-Ost keinen Tag mit einer vorherrschenden Windrichtung aus Ost, obwohl bei 3 % der Stunden, an denen Messungen stattfanden, die Windrichtung Ost gemessen wurde.

Deshalb wurde folgendes Verfahren durchgeführt: Der Messwert des betrachteten Schadstoffes des Tages wurde der Windrichtung jeder Stunde des Tages zugeordnet und damit eine stundenbasierte Windrose erstellt. Dieses Verfahren ergibt interpretierbare Ergebnisse.



Calmen	Anzahl	Konzentration	Dosis
Hirschfelde	23 %	26,6 µg/m ³	26 %
Zittau-Ost	36 %	23,2 µg/m ³	41 %
Görlitz	<0,1 %	23,0 µg/m ³	<0,1 %

Abbildung 10: Konzentrations- und Dosiswindrosen für PM₁₀

Abbildung 10 zeigt, wie erwartet, dass die höchsten PM₁₀-Konzentrationen bei Anströmungen aus Nordost bis Südost, in Zittau-Ost und Hirschfelde aufgrund der Lage der Messstellen auch bei nördlichen Windrichtungen erreicht werden. Jedoch wurde in Görlitz der größte Anteil der Dosis bei Windrichtungen (Windrichtungsdaten von Görlitz DWD) aus West bis Süd eingetragen, weil diese Windrichtungen wesentlich häufiger auftraten. In Hirschfelde ist der Anteil der Dosis aus West geringer als in Görlitz. In Zittau-Ost erfolgt der größte Eintrag aus Süden.

Etwas anders sehen die Ergebnisse bei Arsen im Feinstaub aus. In Abbildung 11 erkennt man, dass der Jahresgang an den drei Messstellen sehr ähnlich verläuft. Auch die drei Spitzenwerte werden gleichzeitig in Zittau-Ost und Hirschfelde erreicht und bis auf den 02.07.2015 auch in Görlitz. Dies ist ein deutliches Indiz für einen überregionalen Eintrag.

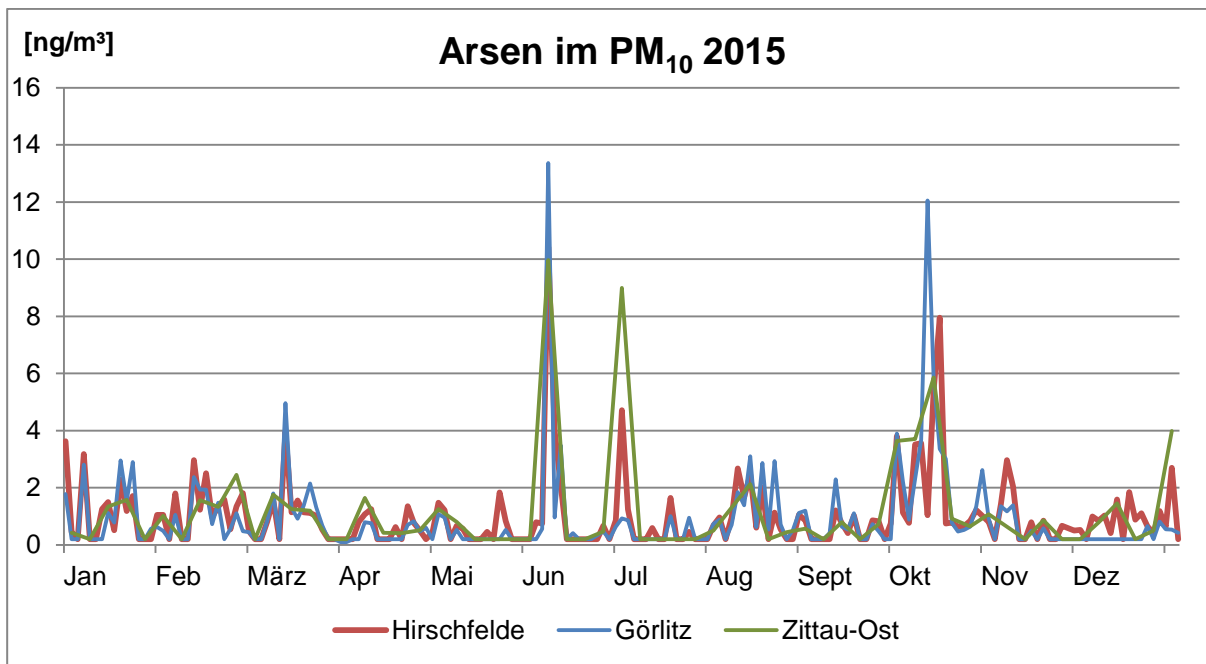
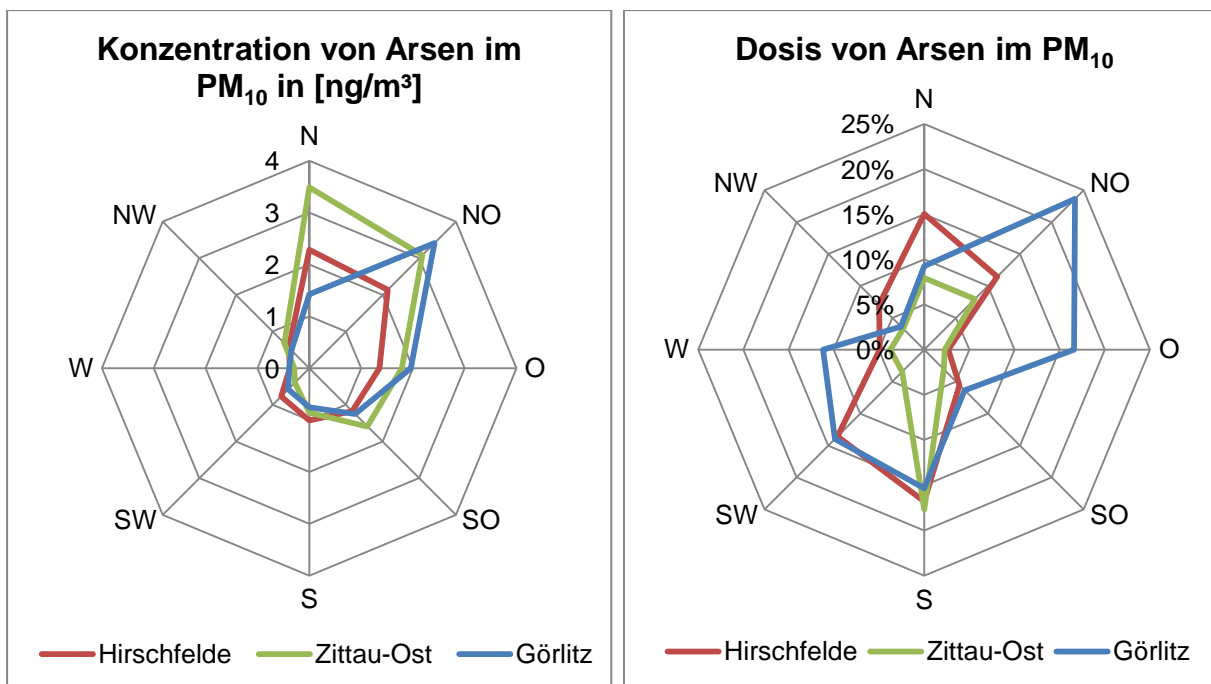


Abbildung 11: Jahresgang für Arsen im PM₁₀ 2015



Calmen	Anteil	Konzentration	Dosis
Hirschfelde	21 %	1,1 ng/m ³	23 %
Zittau-Ost	33 %	1,9 ng/m ³	51 %
Görlitz	<0,1 %	1,5 ng/m ³	<0,1 %

Abbildung 12: Konzentrations- und Dosiswindrosen für Arsen im PM₁₀

Im Gegensatz zu PM_{10} (Abbildung 10) zeigt die Konzentrationswindrose für Arsen im PM_{10} (Abbildung 12) sehr deutlich höhere Konzentrationen bei Wind aus Nordost. Dass diese Konzentrationen in Zittau-Ost und Hirschfelde auch bei Windrichtungen aus Nord erreicht werden, ist ebenfalls ein Indiz für überregionalen Eintrag. Die ermittelten Konzentrationen sind bei diesen - selteneren - Windrichtungen so hoch, dass sie noch starken Einfluss auf die Dosiswindrosen haben. Obwohl in Görlitz nördliche Windrichtungen nur in 11 % der Zeit auftraten, entstand dabei 24 % des Arsen-Gesamteintrages. Auch in Zittau-Ost und Hirschfelde zeigt sich dieser Effekt. Allerdings führt das häufige Auftreten von Calmen dazu, dass in Zittau-Ost die Hälfte der Gesamtdosis darauf entfällt.

Im Jahrgang der Cadmium-Konzentration im PM_{10} (Abbildung 13) fallen die beiden extrem hohen Konzentrationen am 04.03. und am 05.11.2015 in Hirschfelde auf, die an den anderen Messstellen nicht auftreten. Vorherrschende Windrichtung war am 04.03. West, am 05.11. traten vorwiegend Calmen auf, ab 12:00 Uhr fiel die Windmessung in Hirschfelde aus. Auch an der Station Görlitz DWD wurden an diesem Tag sehr niedrige Windgeschwindigkeiten gemessen. Dadurch ist eine Interpretation dieser Ereignisse nicht möglich. Ihr Einfluss zeigt sich aber noch in der Konzentrationsrose von Hirschfelde, die dadurch ein deutlich höheres Konzentrationsmittel für West erreicht (Abbildung 14). Die anderen gemessenen Werte zeigen keine Auffälligkeiten.

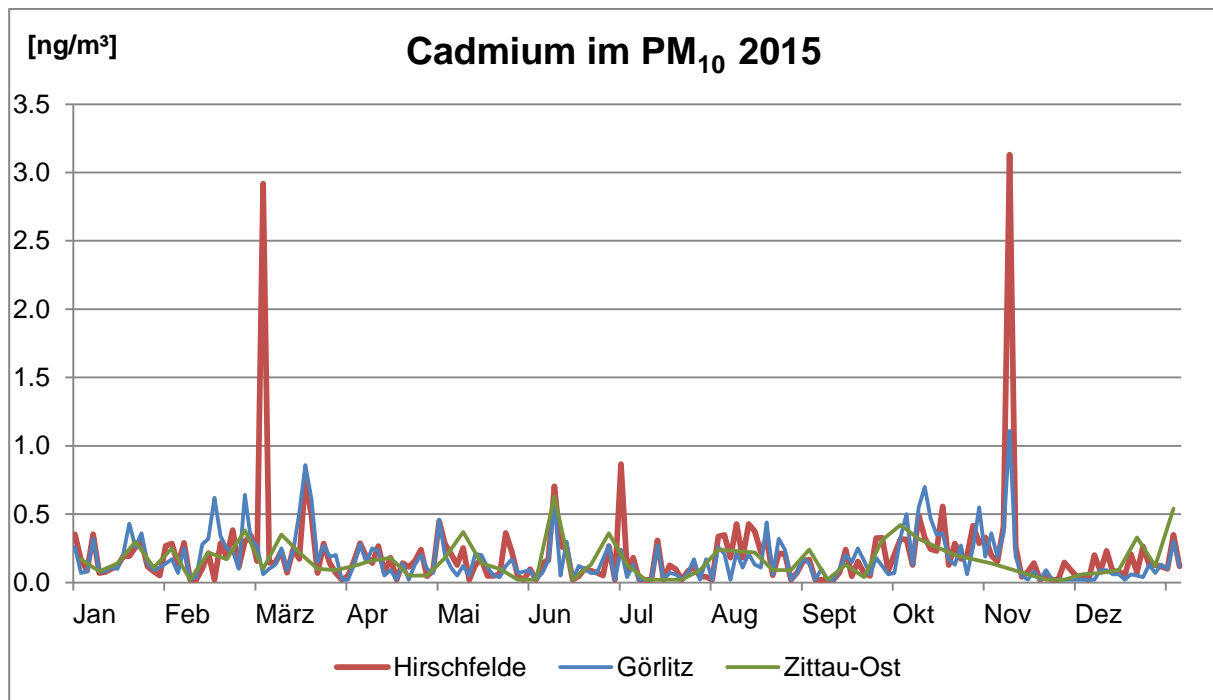
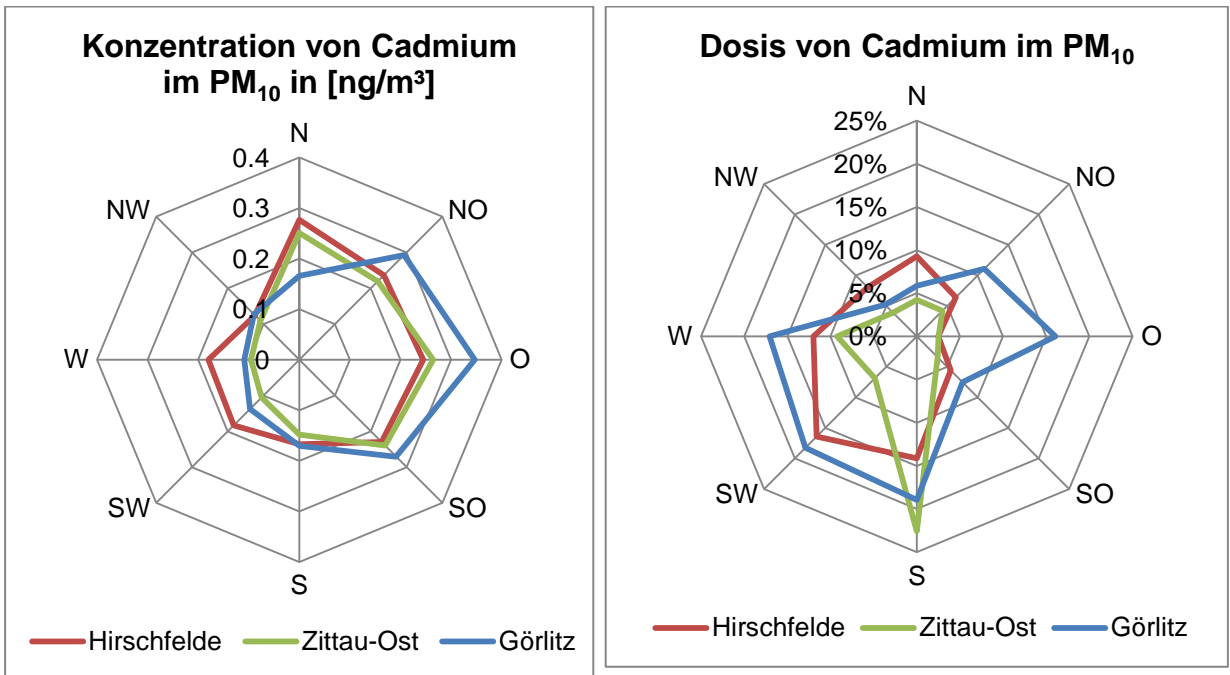


Abbildung 13: Jahrgang für Cadmium im PM_{10} 2015



Calmen	Anteil	Konzentration	Dosis
Hirschfelde	21 %	0,2 ng/m ³	26 %
Zittau-Ost	33 %	0,2 ng/m ³	43 %
Görlitz	<0,1 %	0,3 ng/m ³	<0,1 %

Abbildung 14: Konzentrations- und Dosiswindrosen für Cadmium im PM₁₀

Die Konzentrationswindrose für Görlitz zeigt, dass die höchsten Konzentrationen aus den Windrichtungen Nordost bis Südost mit einem Maximum bei Ost kommen, in Zittau-Ost und Hirschfelde liegt das Maximum bei Nord. Insgesamt sind die Unterschiede der Konzentrationen in den einzelnen Sektoren nicht so groß wie bei Arsen, sodass diese Werte die Dosiswindrosen nicht so deutlich beeinflussen.

Auf die Darstellung von Nickel und Chrom im Feinstaub wird verzichtet, weil die Analyse dieser Inhaltsstoffe Ergebnisse unter der Bestimmungsgrenze des Messverfahrens lieferte¹. Abbildung 15 zeigt, dass die Grenz- bzw. Zielwerte für PM₁₀ und seine anorganischen Inhaltsstoffe sicher eingehalten wurden.

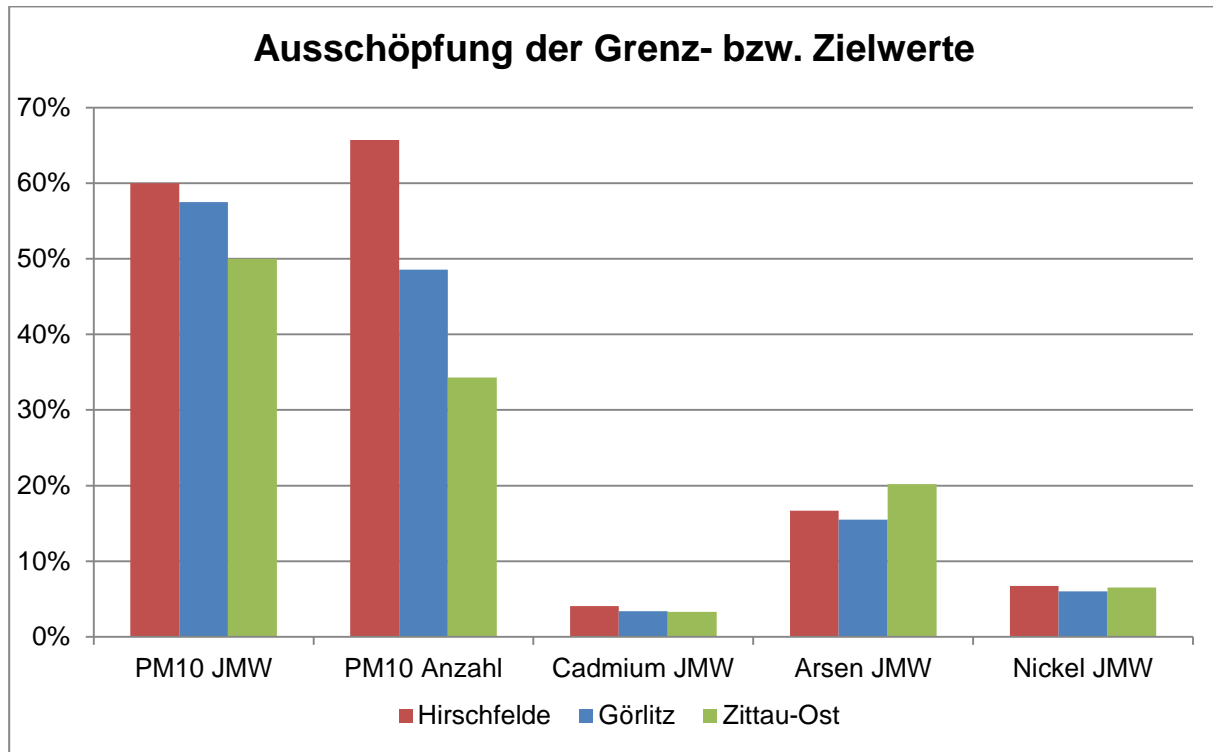


Abbildung 15: Vergleich der Messwerte für PM₁₀ und seine anorganischen Inhaltsstoffe mit den jeweiligen Grenz- bzw. Zielwerten

¹ Bestimmungsgrenzen: 2,3 ng/m³ für Nickel, 4,9 ng/m³ für Chrom im PM₁₀ (PAUSCH et al. 2016)

5 Auswertung für PAK im PM₁₀

Bei der Betrachtung der PAK wird der Schwerpunkt dieses Kapitels auf Benzo(a)pyren (BaP) als grenzwertrelevantem Schadstoff gelegt. In Abbildung 16 ist der Jahresverlauf der gemessenen Konzentrationen in Hirschfelde sowie zum Vergleich in Görlitz und Zittau-Ost dargestellt.

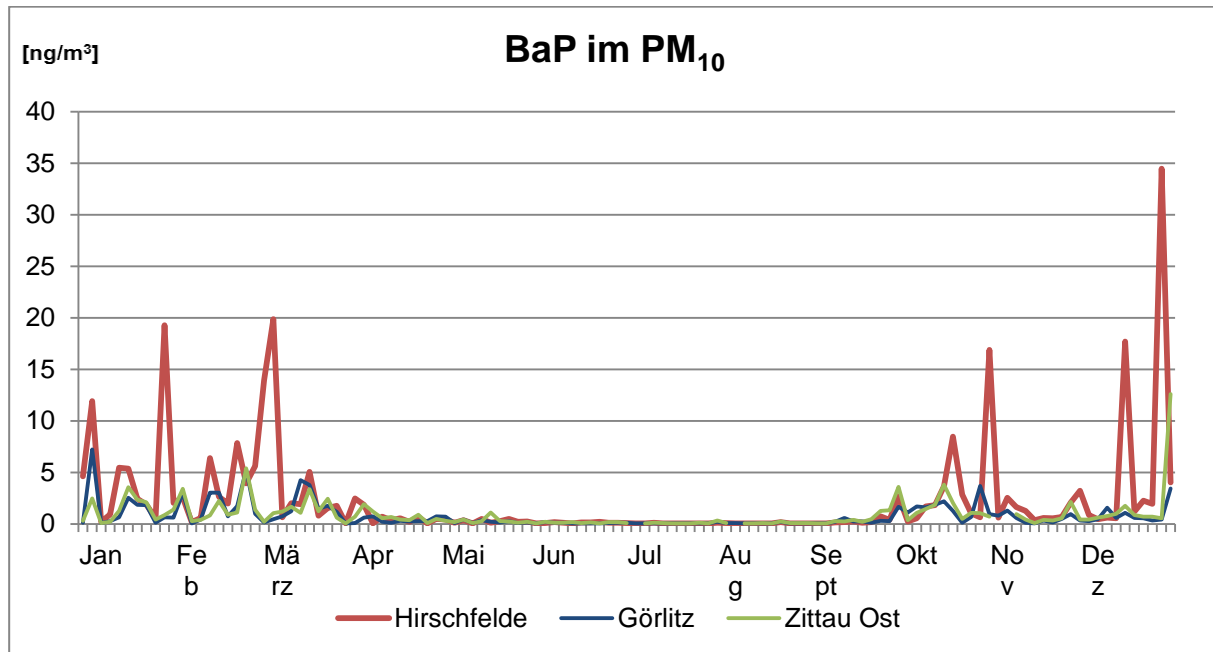


Abbildung 16: Jahresgang für BaP im PM₁₀ 2015

Das Jahresmittel für BaP im PM₁₀ in Hirschfelde betrug 2,2 ng/m³ und überschreitet damit den Zielwert deutlich (Abbildung 17).

Während vor allem in der ersten Jahreshälfte z. T. noch ein relativ ähnlicher Verlauf bei den höheren Werten im Niveau bis zu 5 ng/m³ festzustellen ist, lässt sich für die sieben Spitzenwerte (Tage mit Konzentrationen >10 ng/m³ [Tabelle 3]) in Hirschfelde kein Zusammenhang mit Zittau oder Görlitz finden. Diese sieben Tage tragen 46 % zur Gesamtdosis des Jahres 2015 bei. Im Gegensatz dazu verlaufen die Kurven von Görlitz und Zittau-Ost das ganze Jahr fast synchron. Ohne diese Spitzenkonzentrationen würde die mittlere Konzentration in Hirschfelde im Bereich der in Görlitz liegen und der Jahresmittelwert den Zielwert einhalten.

Tabelle 4: Messwerte in Hirschfelde am Messpunkt 3 an Tagen mit BaP-Konzentrationen >10 ng/m³

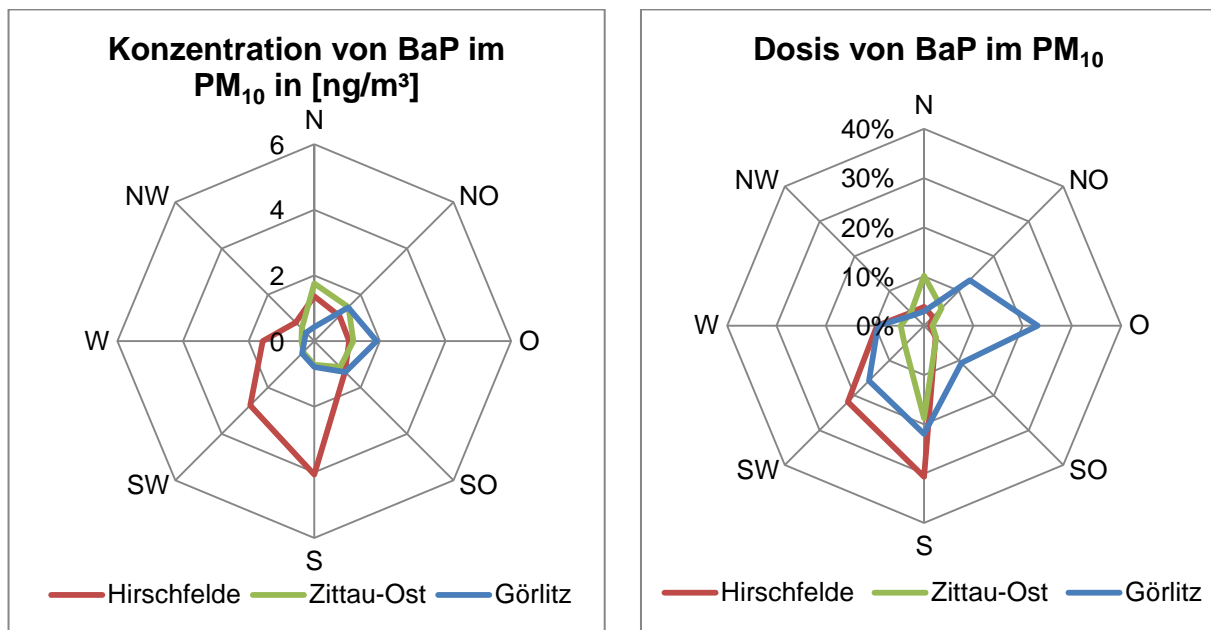
Datum	BaP [ng/m ³]	vorherrschende Windrichtung [Grad]	Windgeschwindigkeit [m/s]	Tagesmitteltemperatur [°C]
06.01.2015	11.9	180	0.9	2.0
30.01.2015	19.3	180	2.3	1.6
04.03.2015	13.9	270	1.9	5.2
07.03.2015	19.9	210	1.5	7.7
30.10.2015	16.9	210	0.5	11.0
14.12.2015	17.7	210	0.9	3.0
26.12.2015	34.5	210	2.0	11.3

Tabelle 5: BaP-Jahresmittelwerte und der prozentuale Vergleich zum Grenzwert

	Görlitz	Hirschfelde (MP 3)	Zittau
Jahresmittel [ng/m ³]	0,7	2,2	0,9
Vergleich zum Grenzwert von 1 ng/m ³ [%]	70	220	90

Schon der Jahregang (Abbildung 16) für BaP im PM₁₀ zeigt, dass ein überregionaler Eintrag als wesentlicher Verursacher für die BaP-Zielwertüberschreitung in Hirschfelde nicht vorrangig in Frage kommt. Zwar wurden während des Messzeitraums an der Messstation Zgorzelec-Bohaterów Getta in Polen auch BaP-Konzentrationen größer 10 ng/m³ bei einem Jahresmittel von 4 ng/m³ erreicht (Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska we Wrocławiu 2016). Diese Station befindet sich in östlicher Richtung in der Nähe zur Messstation in Görlitz.

Die Konzentrations- und Dosiswindrosen für BaP im PM₁₀ (Abbildung 17) zeigen, dass in Görlitz wie erwartet die höchsten Konzentrationen bei östlichen Windrichtungen auftraten. In Zittau-Ost werden die höchsten Konzentrationen bei Nord erreicht, was sich mit der Lage der Messstelle südöstlich des Stadtzentrums erklärt. Allerdings ist auch hier eine Interpretation der Zittauer Messungen durch den hohen Anteil an Calmen sehr eingeschränkt.



Calmen	Anteil	Konzentration	Dosis
Hirschfelde	23 %	2,2 ng/m ³	23 %
Zittau-Ost	37 %	1,1 ng/m ³	47 %
Görlitz	< 0,1 %	0,2 ng/m ³	< 0,1 %

Abbildung 17: Konzentrations- und Dosiswindrosen für BaP im PM₁₀

In Hirschfelde sehen diese Verhältnisse deutlich anders aus: Hier wurden sowohl die höchsten Konzentrationen als auch die größten Einträge bei Windrichtungen aus Süd und Südwest registriert. Deshalb wurden die Tage aus Tabelle 3 noch einmal gesondert untersucht. In Abbildung 18 wird die Windrose für die sieben Tage, abgeleitet aus den Stundenwerten der Windrichtung, in 16 Klassen dargestellt. Deutlich erkennbar ist die vor-

herrschende Windrichtung aus Südsüdwest, während die östlichen Windrichtungen überhaupt nicht auftreten. Am 04.03. lag eine westliche Strömung vor. Für 39 Stunden (23 % der Zeit) herrschten Calmen.

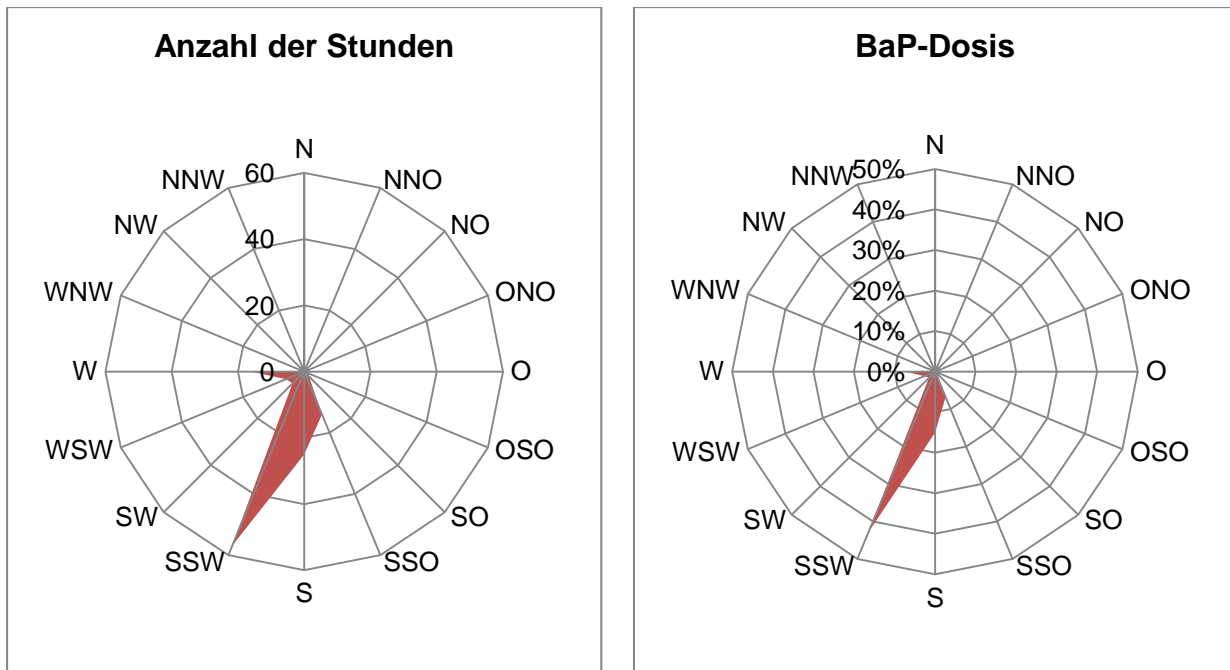


Abbildung 18: Windrose und Dosiswindrose für die sieben Tage mit BaP-Konzentrationen >10 ng/m³ in Hirschfelde

Analog sieht auch die Dosiswindrose für diese Tage aus. Um dieses Ergebnis zu überprüfen, wurden mit dem Hysplitmodell des NOAA Rückwärtstrajektorien für diese Tage berechnet. Stellvertretend ist ein Beispiel für den 30.10. in Abbildung 19 dargestellt. Auch alle anderen Trajektorien zeigen für die Stunden vor dem Eintreffen der Luftmassen am Messpunkt, dass die Luft aus dem Böhmischem Becken über das Zittauer Gebirge zog, unabhängig davon woher die Luft in den Tagen davor kam².

Bei überregionalem BaP-Eintrag nach Hirschfelde hätte dieser dann mindestens auch in Zittau-Ost registriert werden müssen. Dies war aber nicht der Fall.

² Das Ergebnis der Recherche nach Industrieanlagen mit PAK-Ausstoß ist in Tabelle 17 (Anhang) enthalten.

NOAA HYSPLIT MODEL
 Backward trajectories ending at 2300 UTC 30 Oct 15
 GDAS Meteorological Data

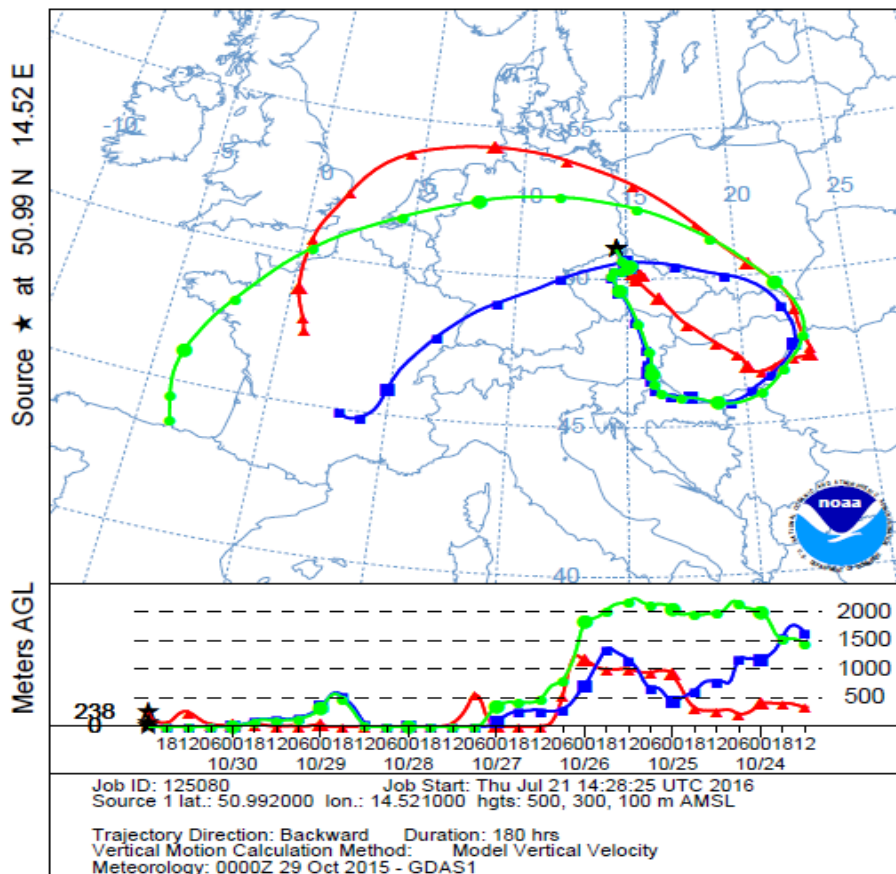


Abbildung 19: Rückwärtstrajektorien für den 30.10.2015 (Quelle: NOAA)

Welche Quellen in Sachsen kommen als Verursacher für die BaP-Zielwertüberschreitung in Hirschfelde in Frage?

Abbildung 20 zeigt die Anteile der Verursacher am Ausstoß von BaP in Sachsen (SCHREIBER 2015). Deutlich sind Kleinf Feuerungsanlagen als dominierende Quellen zu erkennen. Innerhalb der Kleinf Feuerungsanlagen sind es die für den Einsatz fester Brennstoffe, insbesondere Holz. Der auf den Energieinhalt bezogene Ausstoß ist für den Brennstoff Holz am höchsten (vgl. Abbildung 21). Die übrigen festen Brennstoffe, die z. T. ebenfalls einen hohen spezifischen Ausstoß besitzen, werden in Sachsen (und auch in Deutschland) nur in geringerem Umfang verwendet (SCHREIBER 2015; STRUSCHKA et al. 2008).

EHRlich et al. (2016) zeigten, dass die BaP-Emissionskonzentrationen bei offener Grünschnittverbrennung noch deutlich über denen aus der Verbrennung von Biobrennstoffpellets in modernen Kleinf Feuerungsanlagen liegen können.

Eine Übersicht der gemeldeten industriellen Quellen in Niederschlesien und Tschechien befindet sich im Anhang (Tabelle 17). Ein wesentlicher Eintrag aus diesen Quellen nach Hirschfelde kann aufgrund der meteorologischen Bedingungen und der Entfernung ausgeschlossen werden.

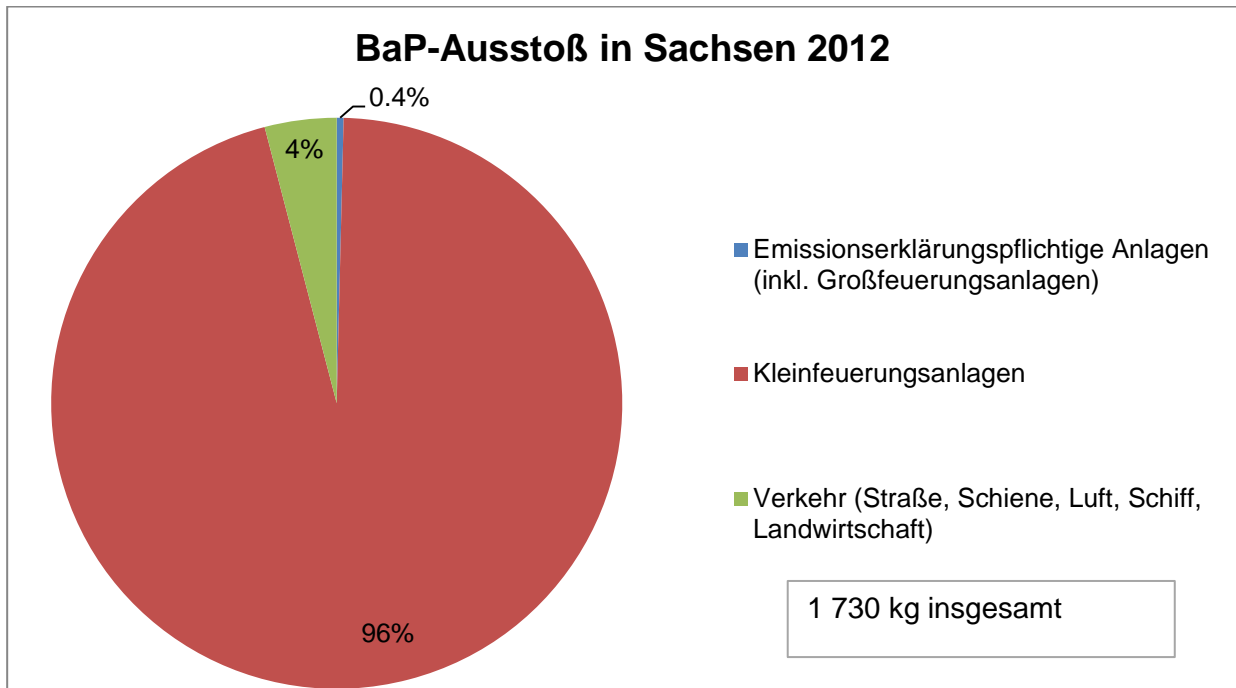


Abbildung 20: Verursacher für den BaP-Ausstoß in Sachsen (SCHREIBER 2015)

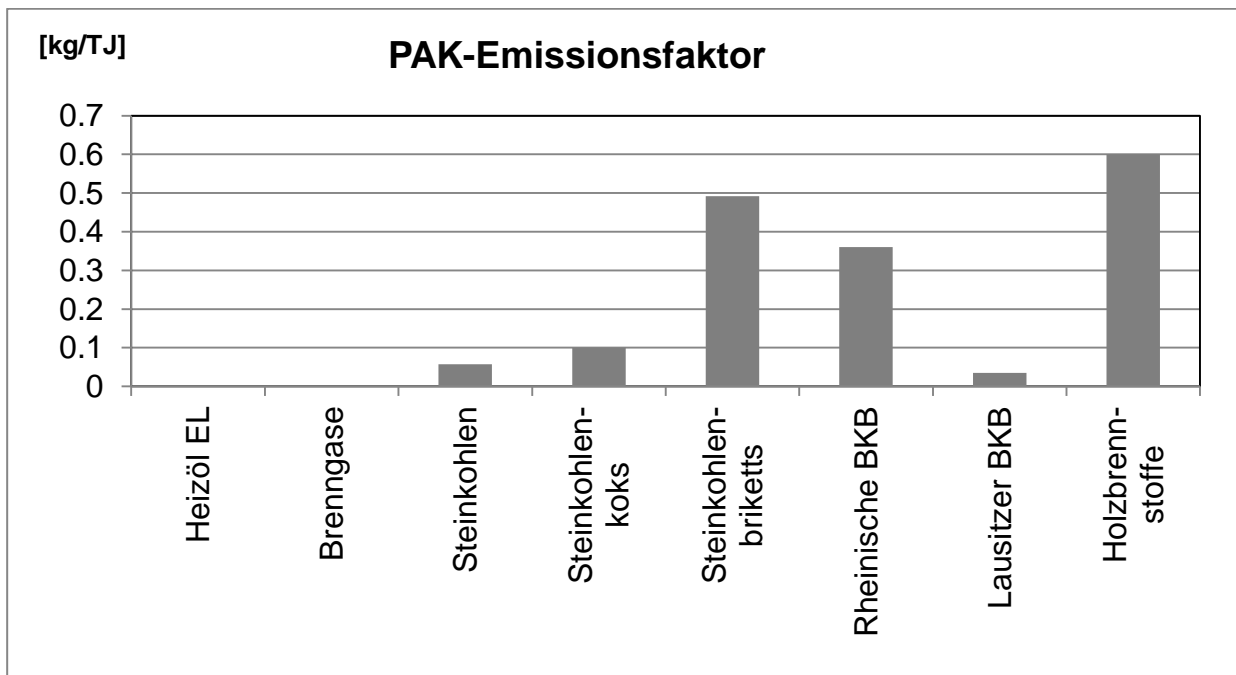


Abbildung 21: Emissionsfaktoren für PAK aus Kleinfeuerungsanlagen in Haushalten (STRUSCHKA et al. 2008)

Damit liegt der Schluss nahe, dass die Ursachen der BaP-Zielwertüberschreitung in Hirschfelde nahe Kleinfeuerungsanlagen für Holzbrennstoffe und/oder die offene Verbrennung von Grünschnitt sind.

Die übrigen PAK bieten keinen weiteren Anhaltspunkt. In Abbildung 22 ist der Jahresgang dargestellt, der mit Wintermaximum und Sommerwerten an der Nachweisgrenze (dann sind die PAK meist gasförmig; auch weniger Heizungsanlagen in Betrieb) einen typischen Verlauf aufweist. Eine Tabelle mit den Kennwerten befindet sich im Anhang (Tabelle 16).

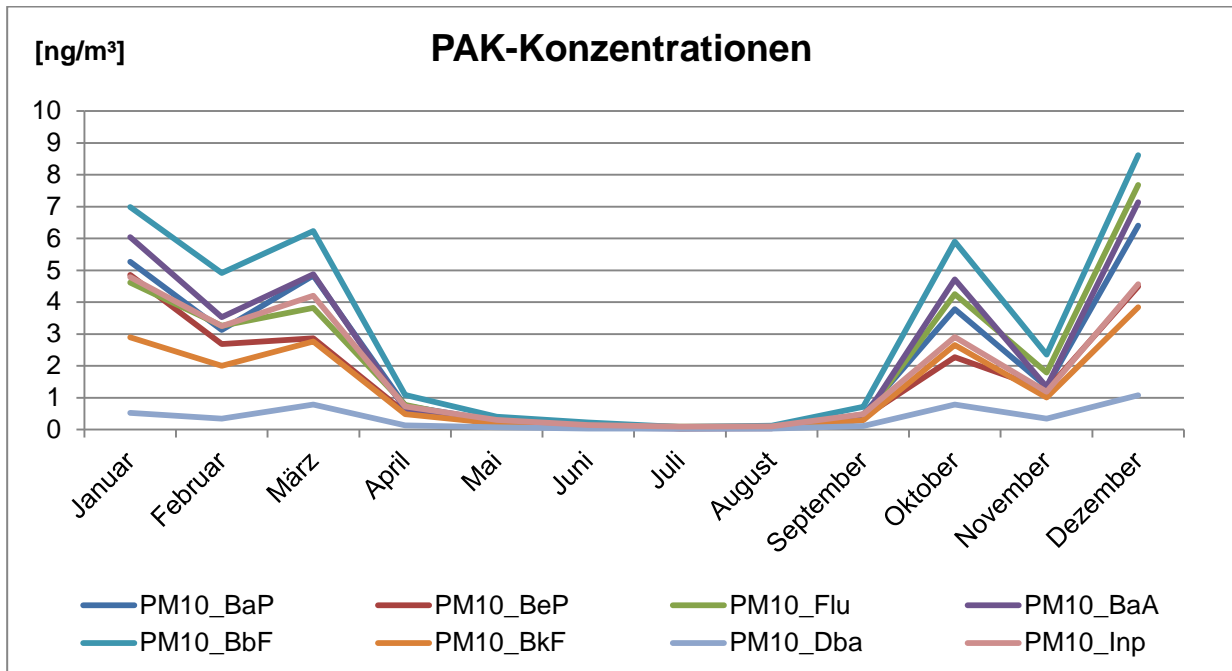


Abbildung 22: Jahresverlauf der PAK-Konzentrationen in Hirschfelde

6 Fazit

In Hirschfelde wurden die Grenz- und Zielwerte für Feinstaub PM_{10} und seine Inhaltsstoffe Arsen, Nickel und Cadmium sowie für Staubniederschlag und seine Inhaltsstoffe Blei, Arsen und Cadmium sicher eingehalten.

Der Zielwert für Benzo(a)Pyren im Feinstaub PM_{10} in Hirschfelde/Ortsteil Drausendorf wurde überschritten. Zu dieser Zielwertüberschreitung haben hauptsächlich sieben Tage mit Konzentrationen $>10 \text{ ng/m}^3$ beigetragen.

Überregionaler Eintrag kann als Ursache weitgehend ausgeschlossen werden. In Betracht kommen dagegen eine oder mehrere in der Umgebung des Messortes befindliche Kleinf Feuerungsanlagen für Holzbrennstoffe und/oder offene Grünschnittverbrennung.

7 Literaturverzeichnis

- E-PRTR (2014). European Pollutant Release and Transfer Register. <http://prtr.ec.europa.eu/#/home>; abgerufen am 10.10.2016.
- EHRlich, C.; NOLL, G.; KALKOFF, W.-D.; RICHTER, S. (2016). Experimentelle Untersuchungen zur Emissionsermittlung von Luftschadstoffen bei der offenen Verbrennung von Biomasse (Grünschnitt); Immissionschutz 3 (2016) 112 – 118.
- Geobasisdaten Sachsen, S. G. (2015). Geobasisdaten: Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen.
- SCHREIBER, U. (2015). Luftschadstoff- und Treibhausgasemissionen in Sachsen, Jahresbericht 2012; Herausgeber: LfULG; <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/13414>
- WOLF, U. (2014). Staubbiederschlags- und Feinstaubmessung Hirschfelde. Herausgeber: LfULG. https://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Anlage__Fachbeitrag_Hirschfelde_28_04_2014.pdf
- PAUSCH, A.; LÖSCHAU, G.; FRANKE, J. (2016). Luftqualität in Sachsen, Jahresbericht 2015, Herausgeber: LfULG. <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26647>
- WOJEWÓDZKI Inspektorat OCHRONY ŚRODOWISKA WE WROCŁAWIU (2016): Dane pomiarowe dla parametru benzo(a)piren w PM10 w roku 2015 r. http://air.wroclaw.pios.gov.pl/dane-pomiarowe/manualne/parametr/bap_pm10/stacje/1541-1470-1005-861/roczny/2015; abgerufen am 11.11.2016.
- STRUSCHKA, M.; KILGUS, D.; SPRINGMANN, M.; BAUMBACH, G. (2008): Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung, Herausgeber: Umweltbundesamt - <http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/short/k3677.pdf>

8 Anhang

Tabelle 6: Messwerte der Staubkonzentration 2013 [g/d·m²]

	MP1	MP2	MP3
Januar	0,12	0,03	0,08
Februar	0,05	0,02	0,05
März	0,07	0,03	0,19
April	0,11	0,07	0,14
Mai	0,12	0,10	0,12
Juni	0,10	0,08	0,14
Juli	0,06	0,04	0,08
August	0,12	0,08	0,40
September	0,09	0,05	0,27
Oktober	0,11	0,06	0,07
November	0,04	0,02	0,04
Dezember	0,06	0,05	0,04
Jahresmittel	0,09	0,05	0,13

Tabelle 7: Messwerte der Staubkonzentration 2015 [g/d·m²]

	MP1	MP2	MP3	MP4
September 2014	0,12	0,06	0,07	0,07
Oktober 2014	0,06	0,05	0,05	0,05
November 2014	0,05	0,03	0,05	0,05
Dezember 2014	0,02	0,01	0,03	0,02
Januar	0,06	0,03	0,03	0,05
Februar	0,03	0,01	0,02	0,02
März	0,02	0,01	0,02	0,03
April	0,02	0,01	0,04	0,03
Mai	0,06	0,06	0,08	0,08
Juni	0,04	0,04	0,03	0,05
Juli	0,01	0,03	0,04	0,06
August	0,05	0,04	0,05	0,05
September	0,04	0,04	0,03	0,04
Oktober	0,13	0,05	0,12	0,07
November	0,04	0,02	0,01	0,03
Dezember	0,03	0,01	0,02	0,03
Jahresmittel	0,04	0,03	0,04	0,04

Tabelle 8: Messwerte der Bleikonzentration 2013 [$\mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$]

	MP1	MP2	MP3
Januar	9,7	7,5	9,8
Februar	17,5	8,4	17,9
März	11,9	4,8	13,4
April	13,3	8,6	11,1
Mai	15,8	8,3	9,9
Juni	7,5	5,7	5,8
Juli	7,1	6,5	6,8
August	9,3	8,3	6,3
September	6,8	4,1	7,2
Oktober	13,4	7,3	5,2
November	4,9	2,8	2,9
Dezember	12,9	13,8	26,8
Jahresmittel	10,8	7,2	10,3

Tabelle 9: Messwerte der Bleikonzentration 2015 [$\mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$]

	MP1	MP2	MP3	MP4
September 2014	21,2	29,0	7,0	16,5
Oktober 2014	5,4	4,9	5,9	10,3
November 2014	6,0	14,9	5,9	6,4
Dezember 2014	3,3	3,6	5,4	7,8
Januar	4,9	4,6	5,0	7,0
Februar	1,7	1,3	2,3	3,3
März	2,3	1,2	1,6	4,6
April	1,4	0,8	2,6	4,3
Mai	5,3	2,3	2,7	8,2
Juni	5,3	3,7	2,6	9,0
Juli	0,2	1,3	2,3	5,8
August	4,4	3,4	4,6	7,9
September	4,3	2,1	4,2	11,2
Oktober	6,9	3,2	3,4	6,1
November	18,7	2,7	2,7	23,7
Dezember	1,9	1,1	0,8	2,4
Jahresmittel	4,8	2,3	2,9	7,8

Tabelle 10: Messwerte der Cadmiumkonzentration 2013 [$\mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$]

	MP1	MP2	MP3
Januar	0,22	0,15	0,18
Februar	0,79	0,18	0,38
März	0,19	0,12	0,28
April	0,17	0,20	0,17
Mai	0,36	0,23	0,27
Juni	0,17	0,16	0,17
Juli	0,11	0,07	0,13
August	0,17	0,09	0,23
September	0,13	0,13	0,20
Oktober	0,37	0,10	0,09
November	0,10	0,06	0,07
Dezember	0,06	0,05	0,04
Jahresmittel	0,24	0,13	0,19

Tabelle 11: Messwerte der Cadmiumkonzentration 2015 [$\mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$]

	MP1	MP2	MP3	MP4
September 2014	0,15	0,46	0,18	0,16
Oktober 2014	0,15	0,18	0,14	0,27
November 2014	0,09	0,08	0,10	0,16
Dezember 2014	0,08	0,07	0,07	0,13
Januar	0,14	0,10	0,10	0,29
Februar	0,05	0,05	0,04	0,11
März	0,10	0,04	0,06	0,19
April	0,07	0,04	0,06	0,13
Mai	0,09	0,06	0,08	0,21
Juni	0,09	0,06	0,07	0,17
Juli	0,01	0,02	0,05	0,08
August	0,14	0,13	0,20	0,22
September	0,07	0,04	0,06	0,14
Oktober	0,09	0,08	0,16	0,11
November	0,14	0,12	0,13	0,26
Dezember	0,05	0,03	0,01	0,06
Jahresmittel	0,09	0,06	0,08	0,17

Tabelle 12: Messwerte der Zinkkonzentration 2013 [$\mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$]

	MP1	MP2	MP3
Januar	51,6	36,3	29,0
Februar	193,6	23,9	89,3
März	51,3	21,6	52,2
April	86,0	54,1	48,1
Mai	92,0	83,7	101,1
Juni	74,4	61,7	86,1
Juli	49,4	27,5	43,0
August	63,4	44,2	57,1
September	39,0	23,4	49,2
Oktober	65,2	36,7	42,5
November	56,2	17,1	21,6
Dezember	54,5	26,0	31,3
Jahresmittel	73,0	38,0	54,2

Tabelle 13: Messwerte der Zinkkonzentration 2015 [$\mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$]

	MP1	MP2	MP3	MP4
September 2014	55,1	411,9	146,7	44,6
Oktober 2014	40,7	33,4	118,0	44,3
November 2014	36,5	19,1	105,5	26,8
Dezember 2014	35,8	21,1	179,6	24,7
Januar	21,1	47,7	144,6	32,0
Februar	117,5	26,9	138,1	17,8
März	18,5	3,0	101,9	18,6
April	17,1	7,4	125,5	25,2
Mai	36,1	16,4	70,2	28,5
Juni	115,7	18,9	99,4	35,7
Juli	3,2	11,4	86,8	13,2
August	23,1	15,4	93,3	20,0
September	25,4	10,5	78,4	19,2
Oktober	20,0	16,0	43,6	23,1
November	40,1	23,3	238,6	50,2
Dezember	24,8	12,6	17,4	14,6
Jahresmittel	38,6	17,4	103,1	24,9

Tabelle 14: Messwerte der Arsenkonzentration 2013 [$\mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$]

	MP1	MP2	MP3
Januar	5,70	2,11	3,89
Februar	1,63	0,60	1,55
März	2,45	1,10	9,28
April	4,03	1,57	6,08
Mai	6,03	3,95	5,68
Juni	2,58	2,03	13,40
Juli	1,14	0,53	1,30
August	2,95	1,45	4,48
September	3,25	1,03	12,63
Oktober	4,61	2,28	1,54
November	0,97	0,44	0,81
Dezember	1,34	0,98	0,63
Jahresmittel	3,06	1,51	5,11

Tabelle 15: Messwerte der Arsenkonzentration 2015 [$\mu\text{g}/\text{d}\cdot\text{m}^2$]

	MP1	MP2	MP3	MP4
September 2014	5,06	2,14	1,33	2,39
Oktober 2014	1,63	1,05	0,94	1,31
November 2014	1,34	0,69	1,05	1,31
Dezember 2014	0,24	0,25	0,58	0,37
Januar	1,80	0,90	0,86	1,62
Februar	0,62	0,22	0,26	0,47
März	0,86	0,19	0,62	1,05
April	0,38	0,18	1,20	0,45
Mai	0,68	0,38	0,68	0,86
Juni	0,82	0,44	0,51	0,54
Juli	0,46	0,27	0,49	0,67
August	1,09	0,75	0,92	1,06
September	0,88	0,56	0,74	0,70
Oktober	1,87	0,99	0,89	1,19
November	1,51	0,39	0,42	0,95
Dezember	0,68	0,27	0,28	0,48
Jahresmittel	0,97	0,46	0,66	0,84

Tabelle 16: Messwerte PAK im PM₁₀ 2015 [ng/m³]

	BaP	BeP	Flu	BaA	BbF	BkF	DbA	Inp
Januar	5,27	4,85	4,61	6,04	6,99	2,90	0,52	4,78
Februar	3,12	2,68	3,25	3,53	4,91	2,00	0,34	3,25
März	4,83	2,87	3,82	4,88	6,24	2,77	0,78	4,20
April	0,74	0,53	0,78	0,64	1,08	0,48	0,13	0,73
Mai	0,28	0,20	0,18	0,17	0,41	0,19	0,08	0,30
Juni	0,12	0,10	0,13	0,07	0,22	0,10	0,03	0,15
Juli	0,05	0,04	0,09	0,03	0,08	0,04	0,03	0,09
August	0,07	0,04	0,09	0,04	0,12	0,05	0,03	0,10
September	0,48	0,39	0,35	0,32	0,72	0,29	0,11	0,49
Oktober	3,78	2,27	4,25	4,71	5,90	2,65	0,78	2,90
November	1,35	1,25	1,79	1,33	2,36	1,01	0,34	1,19
Dezember	6,41	4,49	7,68	7,13	8,62	3,84	1,08	4,57
Jahresmittel	2,21	1,64	2,25	2,41	3,14	1,36	0,35	1,89

Tabelle 17: Benzo(a)pyren-Quellen in der Umgebung von Sachsen

Produktionsstätte	Menge	Produktionszweig	Land
Fabryka Urządzeń Mechanicznych "CHOFUM" w Chocianowie S.A.	582 kg	Metallproduktion	Polen
PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A., Oddział Elektrownia Turów	276 kg	Energieerzeugung	Polen
ArcelorMittal Ostrava a.s.	66,2 kg	Metallproduktion	Tschechien
Jihomoravská armaturka spol.s r.o.	426 kg	Metallproduktion	Tschechien
Provozovna Třinec	312 kg	Metallproduktion	Tschechien

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-0
Telefax: +49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Uwe Wolf, Klara Perchermeier; Dr. Andrea Hausmann
Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Klima, Luftqualität

Redaktion:

Uwe Wolf
Abteilung Klima, Luft, Lärm, Strahlen/Referat Klima, Luftqualität
Söbrigener Str. 3a, 01326 Dresden
Telefon: +49 351 2612-5106
Telefax: +49 351 2612-5199
E-Mail: uwe.wolf@smul.sachsen.de

Titelfoto:

Messstation für die Feinstaubmessung in Drausendorf (Kath, H.-G.)

Redaktionsschluss:

21.12.2016

Hinweis:

Die Broschüre steht nicht als Printmedium zur Verfügung, kann aber als PDF-Datei unter <https://publikationen.sachsen.de/bdb/> heruntergeladen werden.

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben.

Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinahme des Herausgebers zu Gunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.