

Abteilung Luft, Lärm und Klima

Söbrigener Str. 3a, 01326 Dresden

Internet: <http://www.smul.sachsen.de/lfulg>

Bearbeiter: Uwe Wolf, Carl Schertel, Wilfried Kückler, Udo Mellentin
E-Mail: uwe.wolf@smul.sachsen.de
Tel.: 0351 26125106; Fax: 0351 2612-5199
Redaktionsschluss: 22.02.2012

Klassifikation der PM₁₀-Überschreitungstage für Zittau 2010

Vorbemerkungen

Die Klassifikation der PM₁₀-Überschreitungstage erfolgt empirisch für die hoch belasteten Messstellen in Sachsen seit 2003 durch einen möglichst umfassenden Vergleich der konkreten lufthygienischen und meteorologischen Situation an der betrachteten Station und der/den zugeordneten Hintergrundstationen. Insbesondere die Differenz zwischen den PM₁₀-Konzentrationen der städtischen und der Hintergrundstationen unter Berücksichtigung der Windrichtung und –stärke im Hintergrund liefern gute Anhaltspunkte, ob der Einfluss von lokalen Quellen oder Ferneintrag größer ist.

In Zittau sind diese notwendigen Informationen nicht ausreichend vorhanden. Insbesondere fehlt eine nahe, von lokalen Quellen unbeeinflusste Hintergrundmessstelle. Zusätzlich erschwerend für eine Interpretation der Messwerte ist die Orographie der Stadt und ihrer näheren Umgebung. Diese führt zu einer deutlichen Abweichung der Luftströmungen in Richtung und Stärke bei bestimmten Großwetterlagen. Da in Zittau 2010 der PM₁₀-Grenzwert von maximal 35 Tagen mit einem Tagesmittel größer 50 µg/m³ erstmalig seit Inkrafttreten des Grenzwertes 2005 überschritten wurde, ist eine Ursachenanalyse trotz dieser ungünstigen Datenlage notwendig.

Um eine plausible Klassifikation der Überschreitungstage durchführen zu können, wurden deshalb zusätzliche Informationen, wie die PM₁₀-Ausbreitungskarten des UBA für Deutschland, die Bodenwetterkarten des DWD und Windkarten von Wetteronline einbezogen. Diese Analyse erfolgte in einer studentischen Belegarbeit (Geographie/ Meteorologie). Gleichzeitig fließen die Erkenntnisse des im Auftrag des LfULG noch laufenden Projektes „Ermittlung der Quellen von Gerüchen und hohen Schadstoffkonzentrationen im Erzgebirge über die Modellierung der Luftmassenbahnen“ des IFT Leipzig in die Betrachtungen ein.

Geographische Lage von Zittau

Zittau ist in die deutsche Mittelgebirgslandschaft einzuordnen und Namensgeber für das angrenzende Zittauer Gebirge, welche sich direkt östlich an das Erzgebirge anschließt. Das Zittauer Gebirge, früher auch *Lausitzer Kamm* (tschech. *Žitavské hory*) genannt, ist der deutsche Teil des sich an der sächsisch-böhmischen Grenze erstreckenden Lausitzer Gebirges im äußersten Südosten Sachsens. Es ist maximal 792,6 m ü. NN hoch und gehört zum Gebirgszug Sudeten.

Die Höhe der Stadt über dem Meeresspiegel beträgt dabei 242 m ü. NN. Zittau ist vorwiegend von Bergen und mittelgebirgsähnlichen Erhöhungen umgeben, die die Stadt wie in einem Kessel einschließen (vgl. Abb. 1). Bei bestimmten Luftströmungen können sich die mitgeführten Schadstoffe darin sammeln.

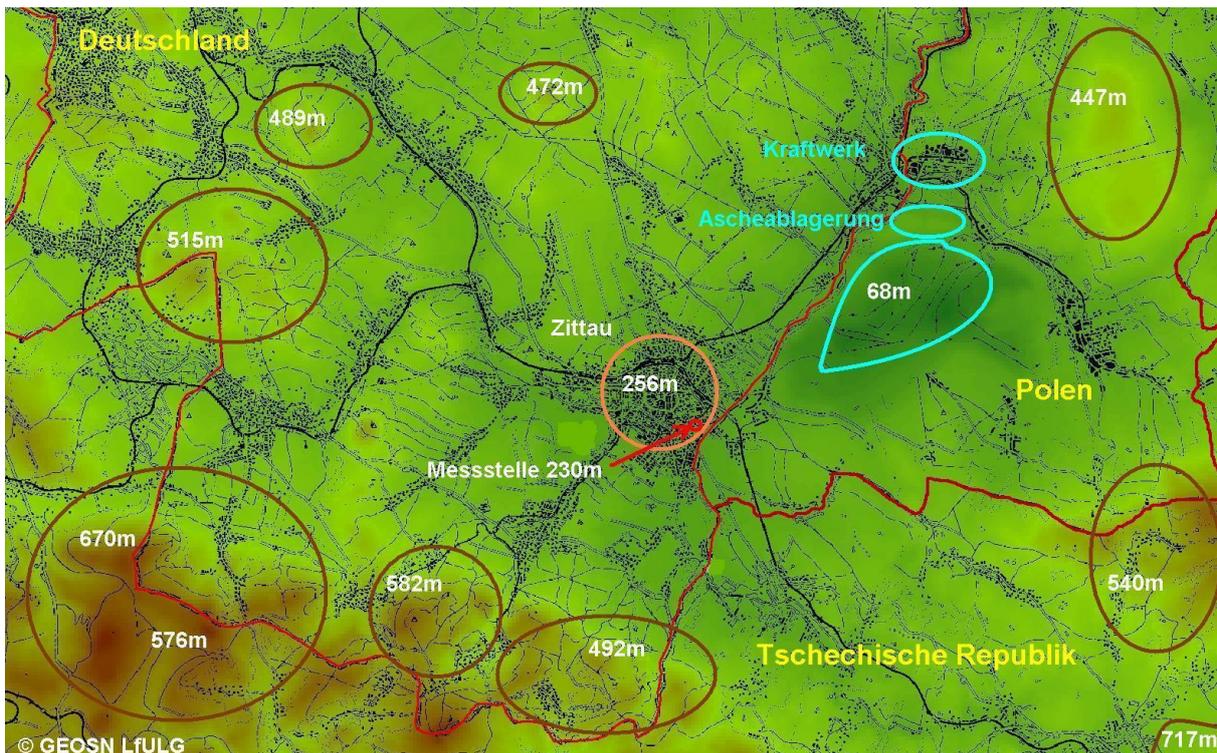


Abb. 1: Talkessel um Zittau

Wie Abb.1 zeigt, ist das vor allem bei einer direkten Nord-Ost-Anströmung und austauscharmen Hochdruckwetterlagen zu erwarten. Bei Windrichtungswechseln wird diese Luftmasse mit einer erhöhten Schadstoffkonzentration fortbewegt. Trifft eine solche „Schadstoffwolke“ auf eine Messstelle, werden dementsprechend höhere Konzentrationen gemessen.

Daher kommt dem in unmittelbarer Nähe zu Zittau und dessen Messstation liegenden Braunkohlenkraftwerk Turow, dem Tagebau und den zugehörigen großflächigen Ascheablagungen eine besondere Bedeutung zu. Die Halden liegen ca. 5,2 km und das Kraftwerk selbst 8,6 km von der Station entfernt, wie in Abb. 2 zu sehen ist. Bei einem vorherrschenden Nordostwind liegen die Stadt Zittau und die Messstation im direkten Einwirkungsbereich dieser Emittenten.

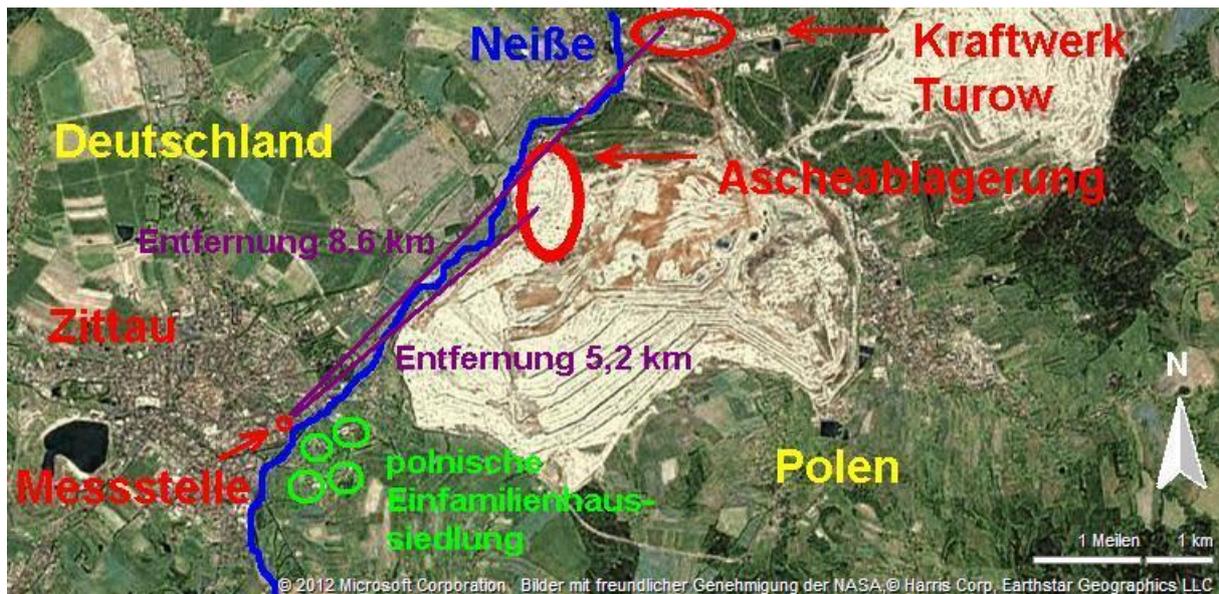


Abb. 2: Zittau und das Kraftwerk Turow

In unmittelbarer Nähe des Messcontainers befindet sich hingegen nur eine Kleingartensiedlung so wie auf der polnischen Seite der Neiße vereinzelte Wohnhäuser einer Einfamilienhaus-siedlung. Auf Grund des Fehlens permanenter Feuerungsanlagen in der Kleingartensiedlung und der großen Entfernung der polnischen Siedlungen, sind diese höchstwahrscheinlich als Hauptverursacher der höheren Konzentrationen im letzten Jahr auszuschließen.

Das Stadtzentrum befindet sich nordwestlich der Messstelle. Die anthropogenen Emissionen können sich insbesondere bei austauscharmen Wetterlagen dort anreichern und bei geringen Windgeschwindigkeiten und umlaufenden Winden einen schwer abschätzbaren Einfluss auf die Messungen an der Messstelle haben. Im Abschnitt Methodik der Klassifikation werden diese Einflüsse ausführlich diskutiert.

2011 wurden an einzelnen Tagen mit hoher oder niedriger PM_{10} -Belastung orientierend die Konzentrationen von Sulfat, Nitrat und Ammonium (Marker für Braunkohlenverbrennung bzw. Ferneintrag) im PM_{10} ermittelt. Danach weisen Tage mit hoher PM_{10} -Belastung hohe Konzentrationen dieser Inhaltsstoff auf (Abb. 3). Diese Untersuchung wird 2012 fortgesetzt.

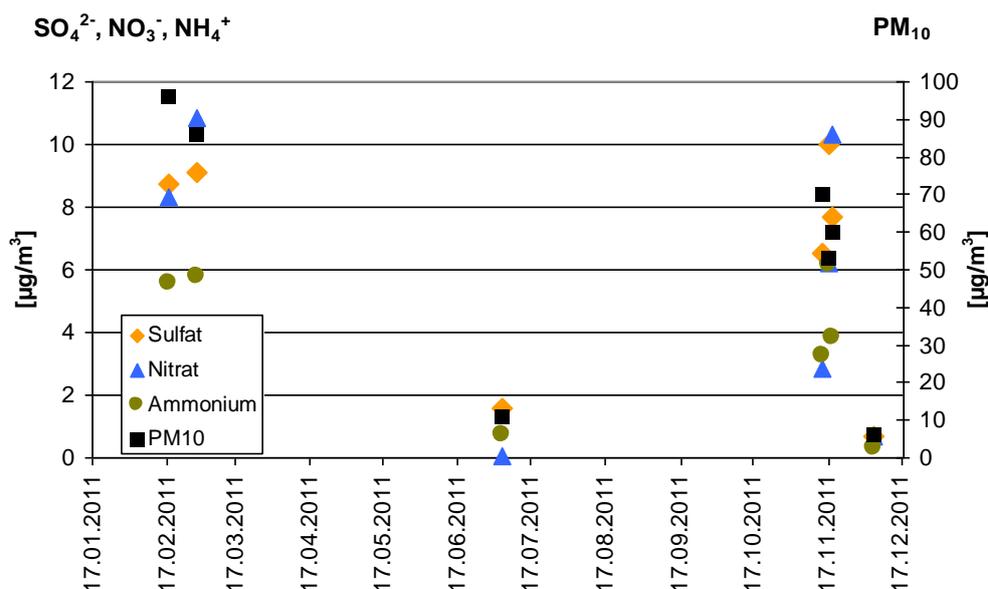


Abb. 3: Erste orientierende Messergebnisse zur Bestimmung der mit Braunkohlenverbrennung/Ferneintrag verbundenen PM₁₀-Inhaltsstoffe

Trend der Jahresmittelwerte und Überschreitungshäufigkeiten

In diesem Abschnitt soll der langjährige Trend der PM₁₀-Konzentrationen und der daraus resultierenden Überschreitungshäufigkeiten untersucht werden. Um die Entwicklung der Zittauer Messwerte interpretieren zu können, werden sie mit den Messwerten anderer hoch belasteter Messstellen verglichen. Für diese Zusammenstellung wurden die qualitativ genaueren HVS-Messungen verwendet.

Tab. 1: Anzahl der Tage mit PM₁₀-Tagesmitteln >50 µg/m³ (HVS; Auswahl)

| Stationen | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Chemnitz Leipziger Str. | - | - | - | 59 | 65 | 27 | 19 | 32 | 34 |
| Chemnitz Nord | 10 | 34 | 12 | 23 | 27 | 12 | - | 7* | 25* |
| Dresden Bergstraße | - | - | - | 42 | 49 | 27 | 21 | 42 | 40 |
| Dresden Nord | 35 | 53 | 32 | 52 | 67 | 17 | - | 37 | 37 |
| Görlitz | 38 | 50 | 26 | 43 | 39 | 26 | 24 | 36 | 48 |
| Leipzig Lützner Str. | 62 | 89 | 49 | 63 | 76 | 40 | 32 | 51 | 49 |
| Leipzig Mitte | 45 | 64 | 32 | 75 | 74 | 39 | 39 | 15* | 41* |
| Plauen Süd | - | - | - | - | 44 | 18 | 6 | 20 | 20 |
| Zittau | - | - | 17 | 31 | 25 | 12 | 11 | 22 | 41 |
| Zwickau | - | - | - | - | - | - | 10 | 18 | 39 |
| Σ Überschreitungen | 190 | 290 | 168 | 388 | 466 | 218 | 162 | 280 | 374 |

* Messungen mit langen Ausfallzeiten

Tab. 1 zeigt einen Überblick über die Überschreitungstage. Abgesehen von den Messstellen mit längeren Ausfallzeiten und von Zittau und Zwickau, liegen die Überschreitungen 2010 in derselben Größenordnung wie im Jahr 2009. Eine deutliche Entspannung der lufthygienischen Situation ist bisher nicht zu verzeichnen. Die Luftbelastung in Leipzig-Mitte wird weiterhin durch rege Bautätigkeit beeinflusst. In Zwickau sind hauptsächlich umfangreiche Baumaßnahmen direkt an der Messstelle für den starken Anstieg der Überschreitungen verantwortlich. Diese Ursache liegt aber in Zittau nicht vor.

Tab. 2: PM₁₀-Jahresmittelwerte 2002 – 2010 (HVS; Auswahl)

| Stationen | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|-------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Chemnitz Leipziger Str. | - | - | - | 34 | 36 | 29 | 28 | 29 | 29 |
| Chemnitz Nord | 25 | 28 | 24 | 27 | 27 | 23 | - | 23 | 25 |
| Dresden Bergstraße | - | - | - | 33 | 36 | 31 | 29 | 31 | 31 |
| Dresden Nord | 32 | 36 | 30 | 34 | 39 | 28 | - | 30 | 30 |
| Görlitz | 29 | 34 | 27 | 32 | 32 | 28 | 27 | 29 | 33 |
| Leipzig Lützner Str. | 36 | 41 | 34 | 36 | 39 | 31 | 31 | 33 | 33 |
| Leipzig Mitte | 32 | 37 | 31 | 38 | 37 | 32 | - | 25 | 32 |
| Plauen Süd | - | - | - | - | 31 | 24 | 23 | 22 | 24 |
| Zittau | - | - | 23 | 27 | 27 | 22 | 22 | 24 | 29 |
| Zwickau | - | - | - | - | - | - | 24 | 25 | 28 |
| Mittel | 30,9 | 35,3 | 28,2 | 32,6 | 33,9 | 27,3 | 26,3 | 27,1 | 29,4 |

* Messungen mit langen Ausfallzeiten

Tab. 2 und Abb. 4 enthalten die PM₁₀-Jahresmittelwerte ausgewählter Messstationen. Es ist zu erkennen, dass der für Sachsen festgestellte Wiederanstieg der Belastung 2010 im Vergleich zu 2009 in Zittau und Görlitz überdurchschnittlich groß war.

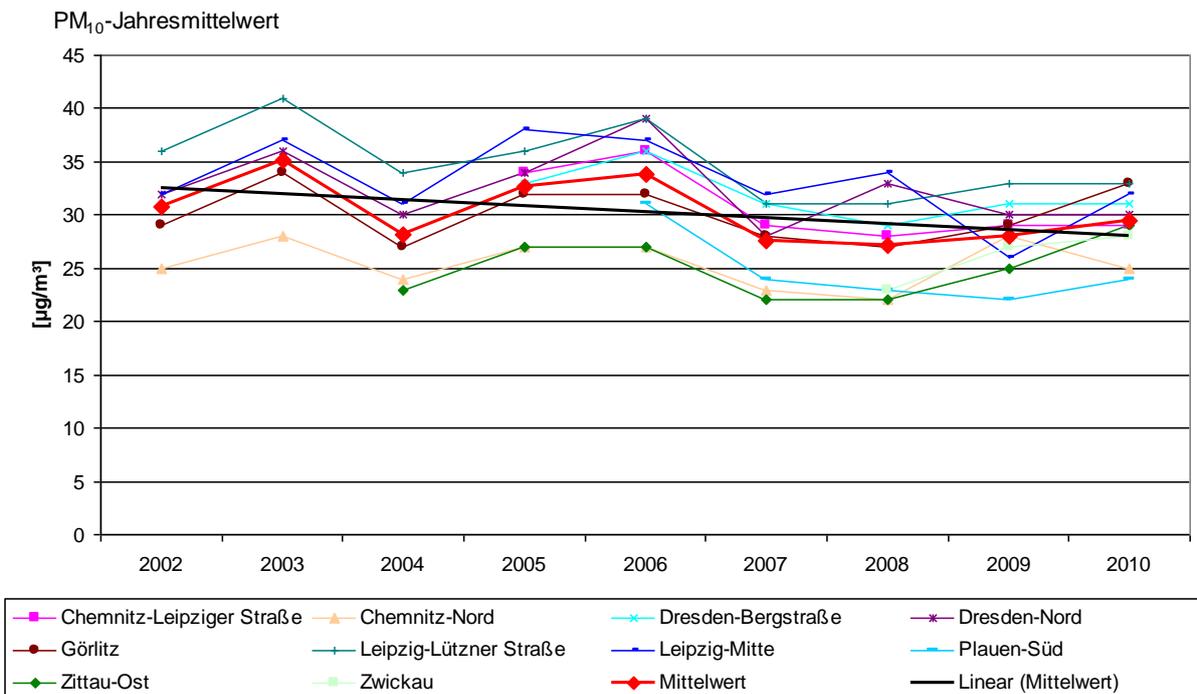


Abb. 4: Jahresmittelwerte 2002 – 2010 (HVS)

Diese in Sachsen beobachtete Entwicklung war hauptsächlich durch die meteorologischen Ausbreitungsbedingungen für die emittierten Luftschadstoffe bedingt (vgl. „Bedeutung des Ferneintrags in Sachsen“ unter http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Fachbeitrag_Klassifikation_2011b.pdf). Da die beiden östlichsten sächsischen Messstellen am stärksten betroffen waren, kommen hier noch weitere Ursachen in Frage. Naheliegend wären Einflüsse der Großemittenten Kraftwerk und Tagebau Turow sowie der östlich und südöstlich liegenden Industriebetriebe. Einige charakteristische PM₁₀-Überschreitungstage in Zittau sollen deshalb näher untersucht werden.

Analyse einzelner typischer PM₁₀-Überschreitungstage in Zittau

Anhand von Beispielepisoden wird gezeigt werden, wie für die Klassifikation Ursachen für PM₁₀-Überschreitungstage vorgegangen wurde. Die erste vom 09.02. bis zum 11.02.2010 ist ein Beispiel für Grenzwertüberschreitungen durch Ferneintrag als überwiegende Ursache. Die zweite vom 18.10.2010 ist typisch für einen hauptsächlich lokal verursachten Überschreitungstag. Manchmal ist es auch nicht möglich, eine eindeutig überwiegende Ursache zu bestimmen. Diese Tage werden dann unter lokal und Ferneintrag klassifiziert.

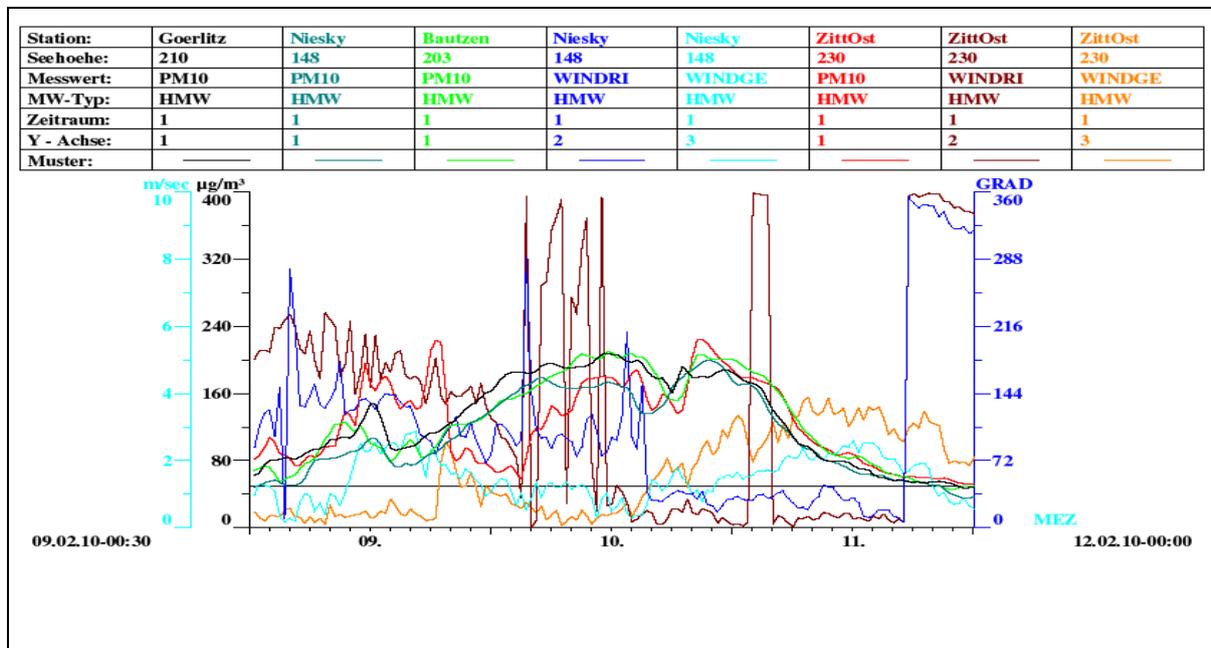


Abb. 5: Verlauf der Episode vom 09. bis 11.02.2010

Die Parameter für eine typische Ferneintrag-Episode zeigt Abb. 5. Beendet wurde die Episode durch ein Niederschlagsereignis, das aber aufgrund der Temperatur an diesem Tag (zwischen -1°C und -5°C) als Schnee niederging. Während der Episode wurden Winde aus den östlichen und nordöstlichen Richtungen mit Geschwindigkeiten zwischen 0,5 und 4 m/s gemessen. Interessant ist der detaillierte Verlauf von Windrichtung und -geschwindigkeit. Kommt der Wind anfänglich aus Süd bis Südost, um im Verlauf des 09. auf Nordost zu drehen, gibt in den Nachmittagstunden des 10.02.2010 eine plötzliche Drehung des Windes auf Nord-Nord-Ost mit allmählich auffrischenden Windgeschwindigkeiten. Der gleichzeitige Verlauf der PM₁₀-Konzentrationen zeigt sehr gut die besonderen Schwierigkeiten bei der Interpretation der Immissionssituation in Zittau. Während die PM₁₀-Konzentrationen in Bautzen, Görlitz und Niesky fast identisch parallel verlaufen, zeigt sich in Zittau ein leicht anderes Bild. Entscheidende Hinweise auf die Ursache der Überschreitung liefert die Hintergrundstation Niesky. Da diese Station sich in einem von Industrie, Gewerbe und Wohngebieten weitgehend entfernten Standort befindet, sind lokale Quellen als Überschreitungsursache auszuschließen. Der ähnliche Konzentrationsverlauf in Bautzen und Görlitz beweist hier für beide Städte, dass als Ursache für die hohen PM₁₀-Konzentrationen hauptsächlich grenzüberschreitende Immissionen verantwortlich sind. In Zittau werden am 09. allerdings noch höhere Konzentrationen vom Mittag bis Abend gemessen, wobei aufgrund der niedrigen Windgeschwindigkeiten ein lokaler Anteil durch die Emissionen der Stadt Zittau nicht pauschal ausgeschlossen werden kann. Daher werden für Zittau die Episodentage einzeln diskutiert.

Am 09.02.2010 sind auf der Wetterkarte der Luftdruckunterschiede (Abb. 9) die Druckverhältnisse mit den Isobaren des Untersuchungstages verzeichnet. Dabei handelt es sich um ein Tiefdruckgebiet im Süden (Balearen) sowie ein Hochdruckgebiet im Nordosten (Russland), welches durch ein ausgeprägtes Hochdruckgebiet über Island noch verstärkt wird. Die daraus resultierenden Windrichtungen sind der Windvektorkarte (Abb. 10) zu entnehmen. Diese zeigt einzelne Windvektoren in 10 Meter Höhe sowie die Windstärke auf. Für den 09. werden im Raum Zittau und der polnisch-tschechischen

Grenzen Windvektoren aus östlicher und südöstlicher Richtung angegeben bei einer Windgeschwindigkeit bis maximal 5 kn, welche die gemessenen Geschwindigkeiten (Abb. 6) von 1 m/s bis 3 m/s (im Durchschnitt 1,5 kn) auch rechnerisch mit einschließt. Nicht zuletzt wird in der UBA-Karte im gesamten Raum Ostsachsen die Erhöhung der Feinstaubkonzentration mit den höchsten Werten an der Südgrenze des Zittauer Raumes sichtbar (Abb. 7).

Berücksichtigt man die Lage der Messstelle, die bei süd- und südöstlichen Windrichtungen nicht die Einträge aus dem Stadtzentrum messen kann, ist es deutlich plausibler, dass die gemessenen Immissionen aus dem Böhmischem Becken herangeführt wurden. Auch wenn ein geringer Anteil stadteigener Emissionen nicht ausgeschlossen werden kann, ist der wesentliche Anteil der PM_{10} -Konzentrationen durch grenzüberschreitende Transporte verursacht.

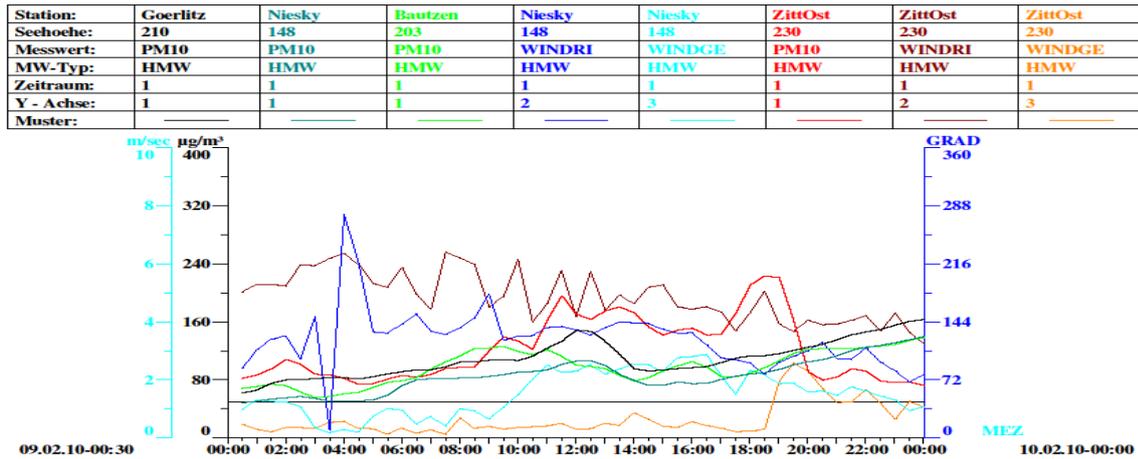


Abb. 6: Untersuchungstag: 09.02.2010

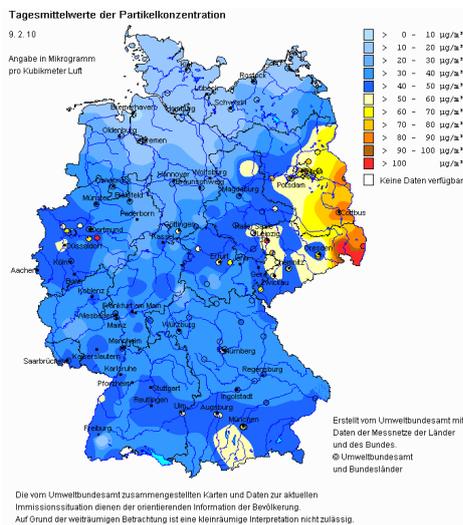


Abb. 7: Verteilung PM_{10} -Konzentration

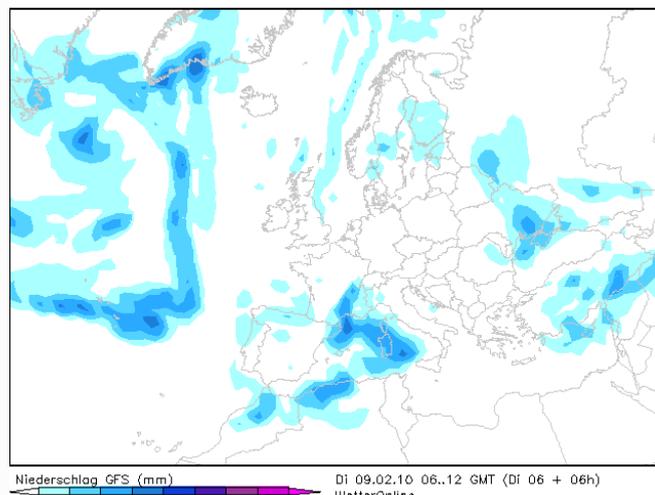
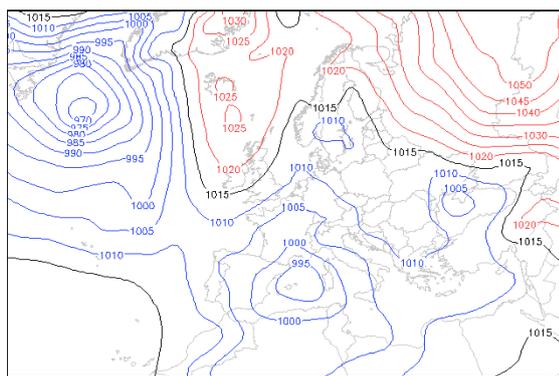
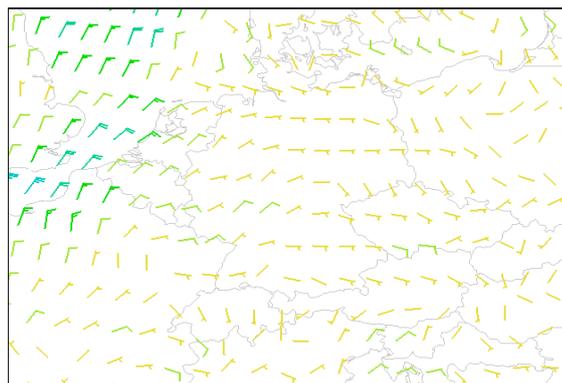


Abb.8: Wetterkarte Niederschlag



Bodendruck GFS (hPa) Di 09.02.10 06 GMT (Di 06 + 00h) WetterOnline

Abb. 9: Wetterkarte Druck



Wind 10m GFS (kn) Di 09.02.10 06 GMT (Di 06 + 00h) WetterOnline

Abb. 10: Windvektor 10 Meter über dem Boden

Am 10.02.2010 setzt sich die austauscharme Wetterlage mit östlichem Wind bei niedrigen Windgeschwindigkeiten zunächst fort. Die Wetterkarte der Luftdruckunterschiede (Abb. 14) zeigt ein Tiefdruckgebiet im Süden (welches nun nach Sizilien weitergewandert ist) sowie ein Hochdruckgebiet im Nordosten (Russland), welches durch ein Hochdruckgebiet über Island/ Schottland noch verstärkt wird. Die daraus resultierenden Windrichtungen sind der zugehörigen Windvektorkarte (Abb. 15) zu entnehmen. Für den 10.02.2010 werden im Raum Zittau und der polnisch- tschechischen Grenzen Windvektoren aus nordöstlicher, östlicher und südöstlicher Richtung bei einer Windgeschwindigkeit bis maximal 5 kn angegeben. Die Niederschlagskarte (Abb. 13) zeigt an, dass an diesem Tag vereinzelt Niederschläge in Deutschland gefallen sind, aber nicht im ostsächsischen Untersuchungsraum.

Die Messungen ergeben für diesen Tag von hohem Niveau allmählich ansteigende, sehr stark erhöhte Werte in Zittau, Görlitz und Umgebung. Ein Blick auf die Karte des Umweltbundesamtes (Abb. 12) zeigt sehr gut die weitere Ausbreitung der hoch belasteten Luftmassen von Ost nach West. Insgesamt erstrecken sich diese über Thüringen und Hessen bis an den Rhein. Optisch erinnert es an ein „verwehendes Band“, welches nach Osten hin immer stärker an Konzentration zunimmt. Daher ist davon auszugehen, dass bei der vorherrschenden Windrichtung immer noch PM_{10} -Partikel von den östlich gelegenen Emittenten nachgeliefert werden. Da sich gerade in dem östlich gelegenen am höchsten belasteten Gebiet nur wenige örtliche Emittenten liegen, kann der sächsische Anteil an der Konzentrationshöhe vernachlässigt werden. Vor allem die Werte der Hintergrundstation Niesky belegen diese Aussage.

Die Konzentrationswerte erreichen an diesem Tag ihr Maximum und sind auch in ihrer räumlichen Ausdehnung durch sehr hohe Konzentrationen über einen großen geographischen Raum nachzuweisen.

| | | | | | | | | |
|------------|----------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Station: | Goerlitz | Niesky | Bautzen | Niesky | Niesky | ZittOst | ZittOst | ZittOst |
| Seehoehe: | 210 | 148 | 203 | 148 | 148 | 230 | 230 | 230 |
| Messwert: | PM10 | PM10 | PM10 | WINDRI | WINDGE | PM10 | WINDRI | WINDGE |
| MW-Typ: | HMW | HMW | HMW | HMW | HMW | HMW | HMW | HMW |
| Zeitraum: | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Y - Achse: | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Muster: | | | | | | | | |

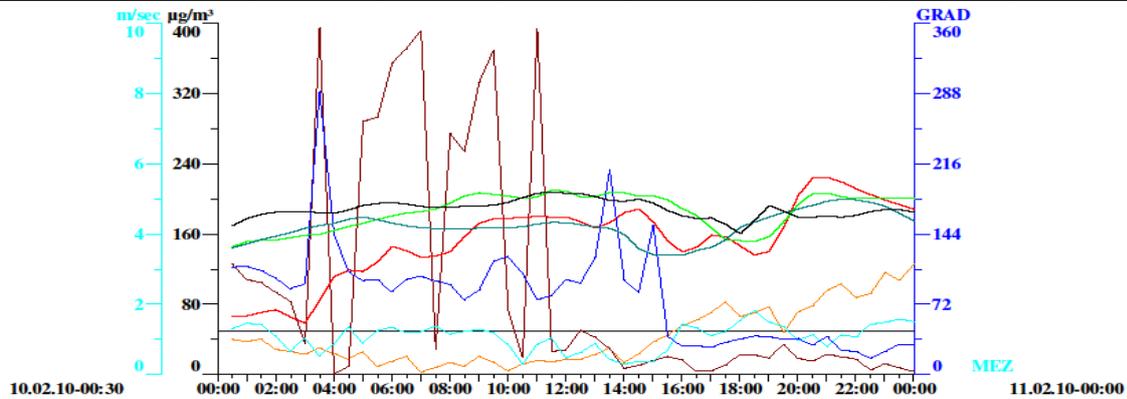


Abb. 11: Untersuchungstag: 10.02.2010

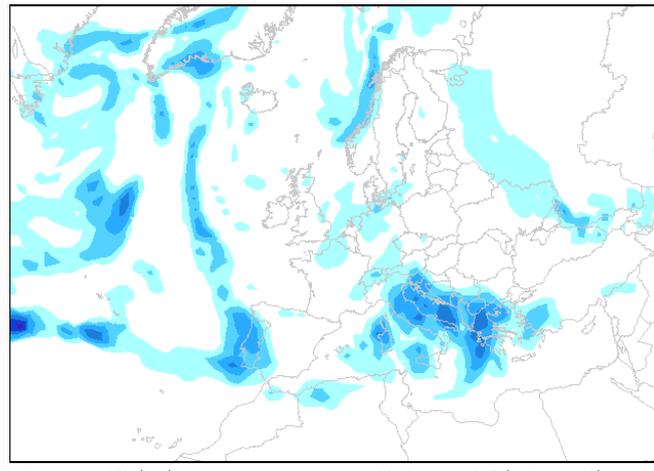
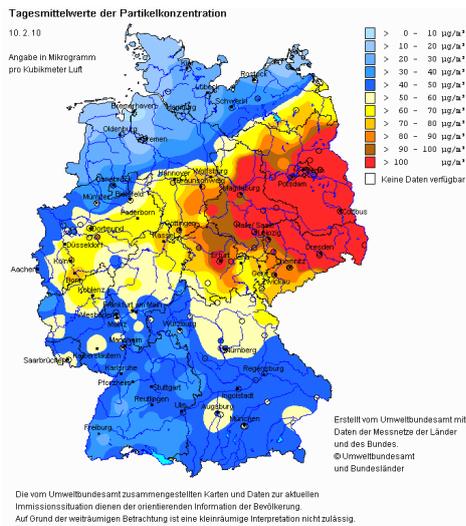


Abb. 12: Verteilung PM₁₀-Konzentration

Abb. 13: Wetterkarte Niederschlag

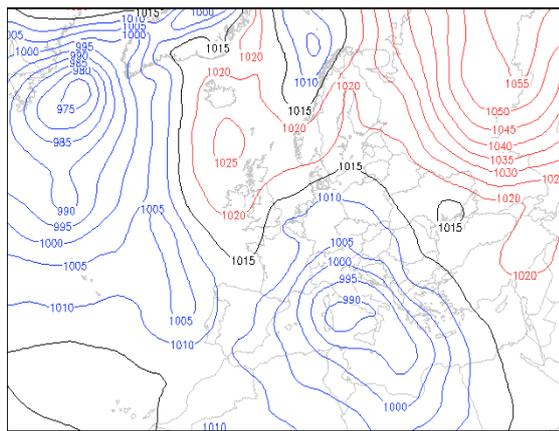


Abb. 14: Wetterkarte Druck

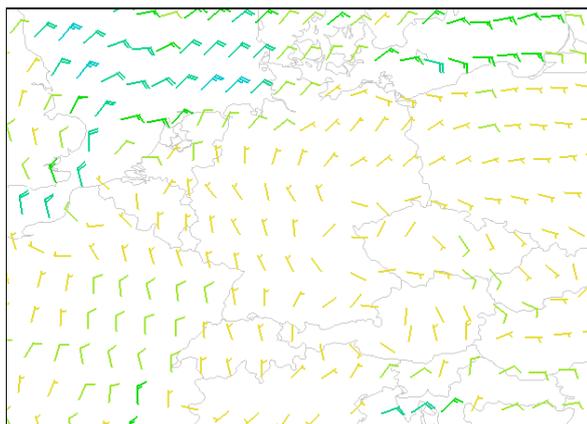


Abb. 15: Windvektor 10 Meter über dem Boden

Der letzte Tag der Überschreitungsepisode durch PM_{10} -Konzentration (Abb.16) ist der 11.02.2010. Der am Vortag gegen 16:00 Uhr auf Nordost umgeschlagene Wind dreht sich im Tagesverlauf weiter auf Nord bis Nordwest. Die Wetterkarte der Luftdruckunterschiede (Abb. 19) zeigt ein Tiefdruckgebiet im Süden (welches sich jetzt über den Balkan und die Adria erstreckt) sowie ein Hochdruckgebiet im Nordosten (Russland), welches durch ein Hochdruckgebiet über Irland/ Schottland noch verstärkt wird. Die daraus resultierenden Windrichtungen sind wieder der Windvektorkarte (Abb. 20) zu entnehmen. Für den 11.02.2010 werden im Raum Zittau und der polnisch-tschechischen Grenze Windvektoren aus nordöstlicher Richtung angegeben bei einer Windgeschwindigkeit bis maximal 10 kn. Aufgrund der sich geänderten Windrichtung und der Hochdrucklage werden die Winde verstärkt aus nordöstlicher Richtung und mit einer höheren Geschwindigkeit als an den Vortagen gemessen. Das bedeutet, dass mögliche Fremdeintragsquellen, welche sich östlich von Zittau befinden, ihre Partikel in eine Windströmung abgeben, welche südöstlich an Zittau „vorbeizieht“. Da lokale Quellen nicht in diesem Maße emittieren, nimmt im Untersuchungsgebiet die PM_{10} -Konzentration ab.

Dementsprechend ist in der Karte des Umweltbundesamtes (Abb. 17) sehr gut die Abdrängung der großflächigen Schadstoffwolke nach Süden zu erkennen. Es zeigt sich für diesen Tag zwar immer noch eine große flächenhafte Ausdehnung über Sachsen, Thüringen, Südbrandenburg und Süddeutschland, jedoch insgesamt mit weniger hohen Konzentrationen. Sehr gut ist die Stauwirkung des Erzgebirges bei den vorherrschenden Winden um Nord zu erkennen. Der ostsächsische Untersuchungsraum hingegen ist nicht mehr mit der höchsten Belastungsstufe ($>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gekennzeichnet, weist aber immer noch sehr erhöhte Werte auf.

Analog ergeben die Messungen für diesen Tag erhöhte Werte in Zittau, welche allerdings von ihrem Höchststand gegen 00.00 Uhr kontinuierlich abnehmen. Der Höchstwert lag zu dem Zeitpunkt bei ca. $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die anderen Stationen im Umland (Hintergrundstation Niesky,) sowie die anderen Stadtstationen (Bautzen, Görlitz) weisen einen fast identischen PM_{10} -Konzentrationsverlauf wie Zittau auf. Deshalb kann im gesamten Untersuchungsgebiet auch für diesen Tag von einem entscheidenden Anteil des Ferneintrags als Ursache der erhöhten PM_{10} -Konzentrationen ausgegangen werden. Die PM_{10} -Konzentrationen ist durchgehend rückläufig, unterschreiten bei den umliegenden Stationen aber erst gegen 24.00 Uhr die $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -Marke, In Zittau selbst bleiben die PM_{10} -Konzentrationen ganz knapp drüber.

Einen sehr kleinen Beitrag zum allmählichen Absinken der PM_{10} -Konzentrationen könnten geringe Niederschläge im Raum Sachsen (Abb. 18) geliefert haben. Aufgrund der Temperaturverhältnisse (zw. -5°C und -1°C) sind diese als Schnee gefallen.

| | | | | | | | | |
|------------|----------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Station: | Goerlitz | Niesky | Bautzen | Niesky | Niesky | ZittOst | ZittOst | ZittOst |
| Seehoehe: | 210 | 148 | 203 | 148 | 148 | 230 | 230 | 230 |
| Messwert: | PM10 | PM10 | PM10 | WINDRI | WINDGE | PM10 | WINDRI | WINDGE |
| MW-Typ: | HMW | HMW | HMW | HMW | HMW | HMW | HMW | HMW |
| Zeitraum: | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Y - Achse: | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 |
| Muster: | | | | | | | | |

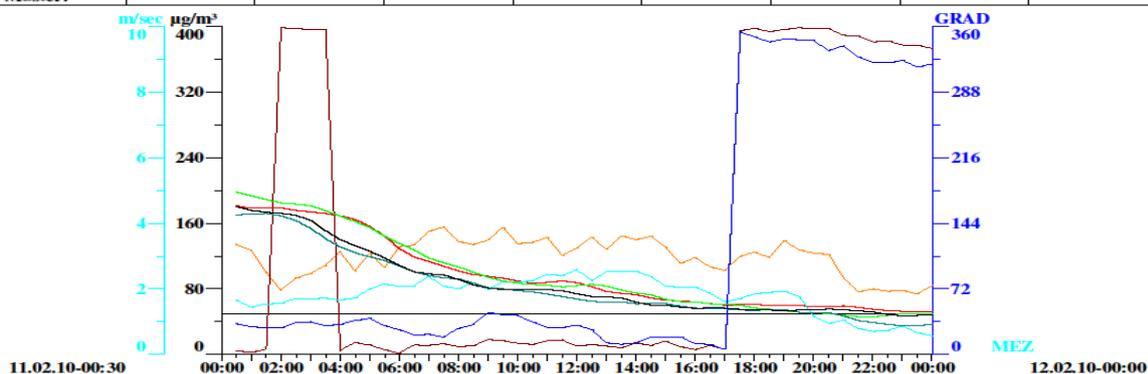


Abb. 16: Untersuchungstag: 11.02.2010

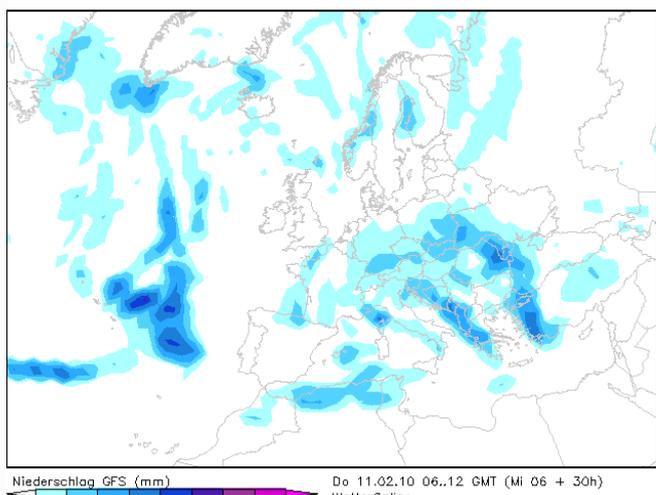
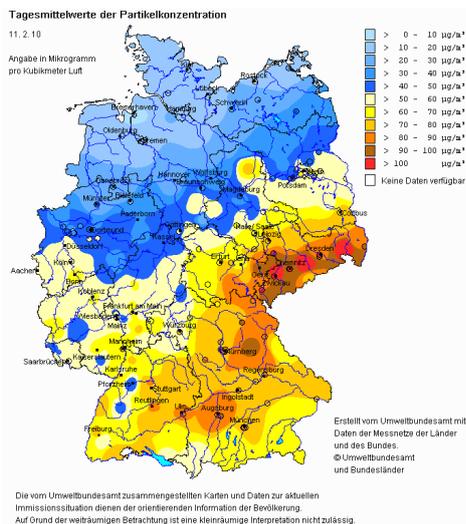


Abb. 17: Verteilung PM₁₀-Konzentration Abb. 18: Wetterkarte Niederschlag

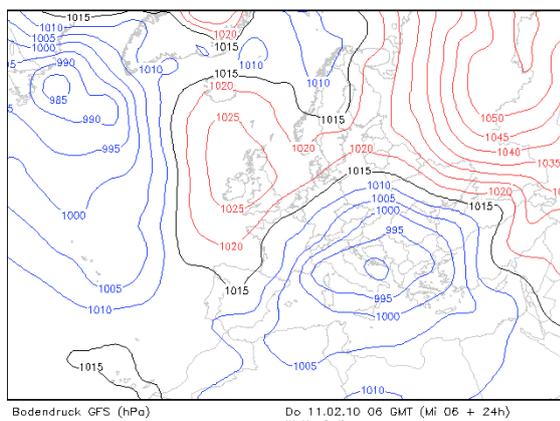


Abb. 19: Wetterkarte Druck

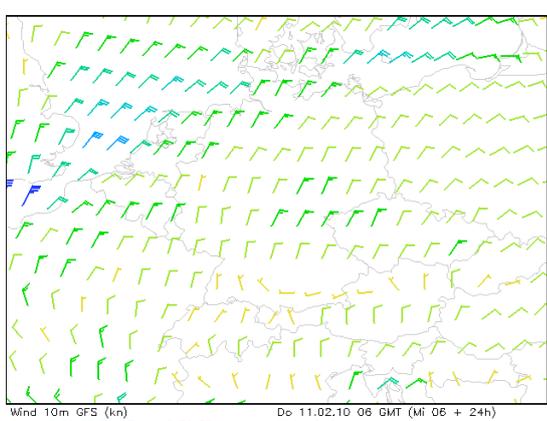


Abb. 20: Windvektor 10 Meter über dem Boden

Das nächste Beispiel vom 18.10.2010 zeigt typische Parameter, die auf eine Überschreitung durch überwiegend lokale Quellen hindeuten.

Die PM₁₀-Konzentrationen (Abb. 21) zeigen 08.00 und 15.00 Uhr zwei signifikante Spitzen. Die Maximalwerte liegen bei ca. 180 µg/m³ am Morgen und ca. 160 µg/m³ am Nachmittag. Hier treffen 3 Ursachen für die Überschreitung zusammen. Die Konzentrationsmaxima werden zu den Hauptverkehrszeiten des Berufsverkehrs erreicht. Die Windrichtung in Zittau dreht in den frühen Morgenstunden von West auf nördliche Richtung, bis sie sich gegen 18:00 Uhr wieder auf Südwesten und Westen ändert. Dabei sind äußerst niedrige Windgeschwindigkeiten zwischen 0 m/s und 1,5 m/s gemessen worden. Durch diese Strömungsverhältnisse erreicht die durch Verkehr, Hausbrand und Kleinverbraucher des Stadtzentrums schadstoffangereicherte Luft in der Messstation. Dabei ist die Lage der Messstation im Südwesten vom Stadtzentrum entscheidend. In Görlitz werden trotz ähnlicher Strömungsverhältnisse keine Grenzwertverletzungen gemessen, da sich die Messstelle im Osten des Zentrums befindet.

Im Umland (Referenzstation Niesky) ist für lokale Ereignisse typisch bei niedrigem Niveau kein Tagesgang erkennbar. Das zeigt die Karte des Umweltbundesamt (Abb. 22) für diesen Tag. Des Weiteren sind bei den Umlandstationen ebenfalls niedrige Windgeschwindigkeiten (zwischen 0,1 m/s und 2 m/s) gemessen worden, wodurch sich auch großräumlich fehlende Transportmöglichkeiten für Feinstäube und Partikel erklären lassen.

Im Untersuchungsgebiet um Zittau gab es keine Niederschläge (Abb. 23).

Auf der Wetterkarte der Luftdruckunterschiede (Abb. 24) ist sowohl ein Hochdruckgebiet über dem Golf von Biskaya und dem Atlantik als auch dem Nordosten Europas (Russland) sowie ein kleinräumlich ausgeprägtes Hochdruckgebiet über Grönland zu erkennen. Hinzu kommt noch ein einflussreiches Tiefdruckgebiet zwischen Island und Norwegen, welches Luftmassen und Strömungen ablenkt.

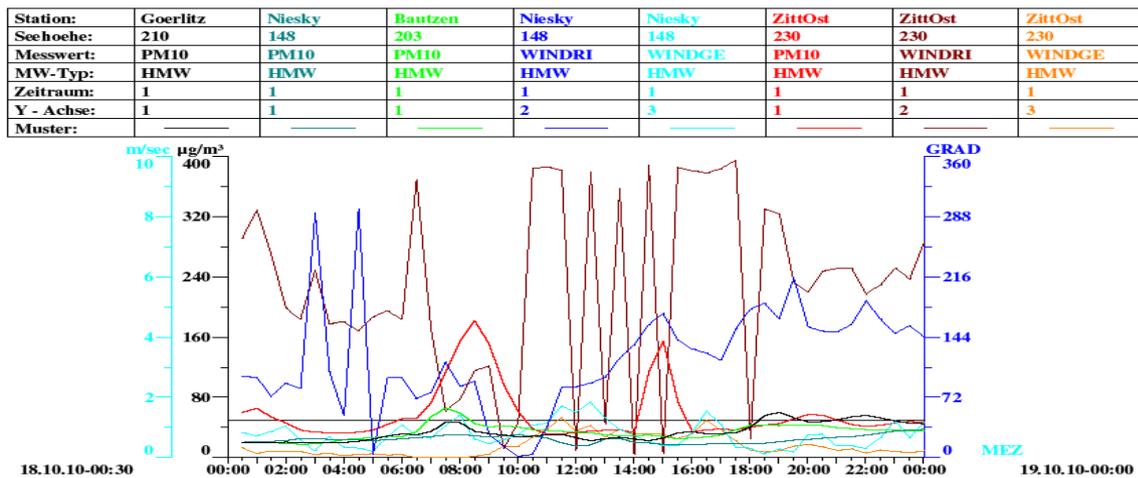


Abb. 21: Untersuchungstag 18.10.2010

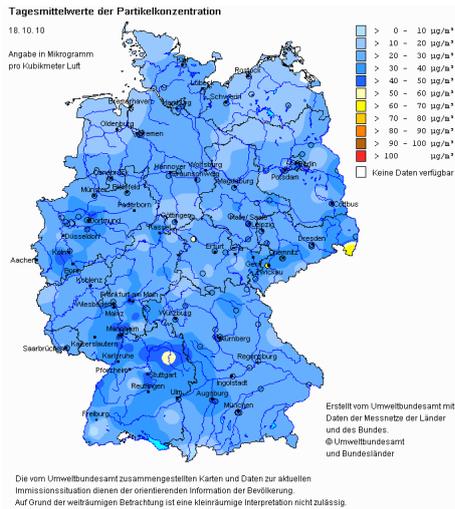


Abb. 22: Verteilung PM₁₀-Konzentration

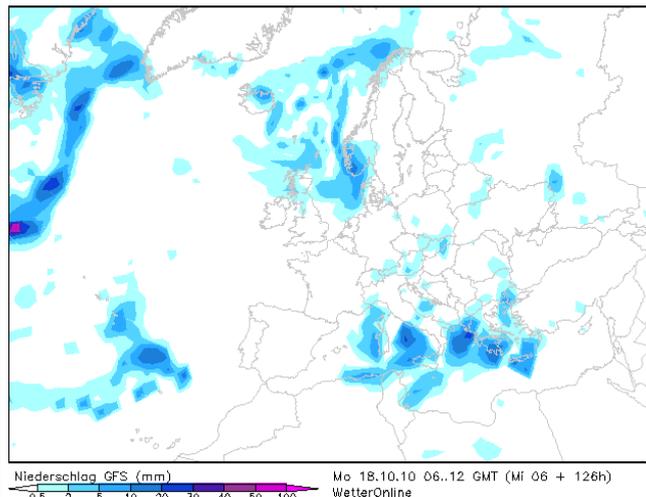


Abb. 23: Wetterkarte Niederschlag

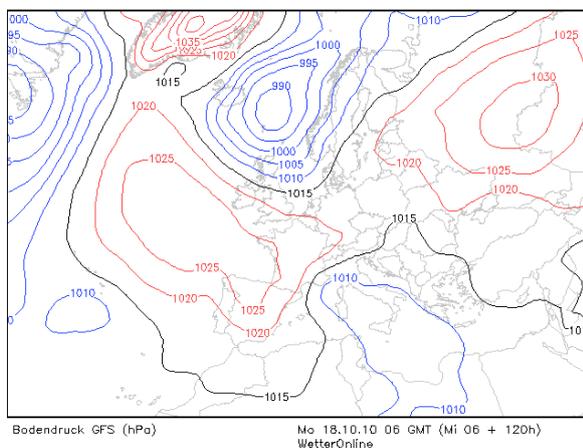


Abb. 24: Wetterkarte Druck

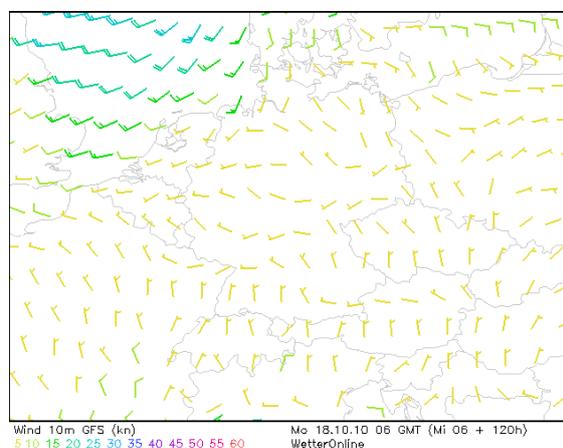


Abb. 25: Windvektor 10 Meter über dem Boden

In einzelnen Fällen kann es auch zum direkten Schadstoffeintrag aus dem Nordböhmischem Industriegebiet kommen. In einem vom LfULG initiierten Projekt „Ermittlung der Quellen von Gerüchen und hohen Schadstoffkonzentrationen im Erzgebirge über die Modellierung der Luftmassenbahnen“, das vom IFT Leipzig realisiert wurde, konnte anhand eines Beispiels vom 03.12.-05.12.2010 mittels Trajektorienberechnung dieser Einfluss nachgewiesen werden. Da Zittau nicht im Untersuchungsgebiet des Projektes lag, wurde diese Berechnung auf Anregung des LfULG zusätzlich durchgeführt und erscheint deshalb nicht im Projektbericht.

Bei dieser Rückwärtstrajektorienberechnung werden ausgehend vom untersuchten Ort, die Zugbahnen der Luftmassen rückwirkend für 10 h in verschiedenen Höhen berechnet. Das erfolgt für mehrere interessierende Stunden am Tag, so dass im Ergebnis ein Trajektorienbündel entsteht. Bewegen sich die Luftmassen über bekannte Quellen, sind Rückschlüsse über die Ursachen erhöhter Konzentrationen am Zielort möglich.

Im unten stehenden Bild sind die Zugbahnen der Luftmassen für Zittau gut zu erkennen. Alle dargestellten Trajektorien begannen im Böhmischem Becken. Die am nördlichsten ankommende Trajektorie zieht dabei noch über das Stadtzentrum, wodurch auch lokale Emissionen zur Messstelle geführt werden, die zweitnördlichste ändert ihre Richtung im Elbtal abrupt, um aus westlicher Richtung nach Zittau zu ziehen. Dieses Beispiel verdeutlicht sehr gut, dass es oftmals nicht möglich ist, einen eindeutigen Verursacher nachzuweisen.

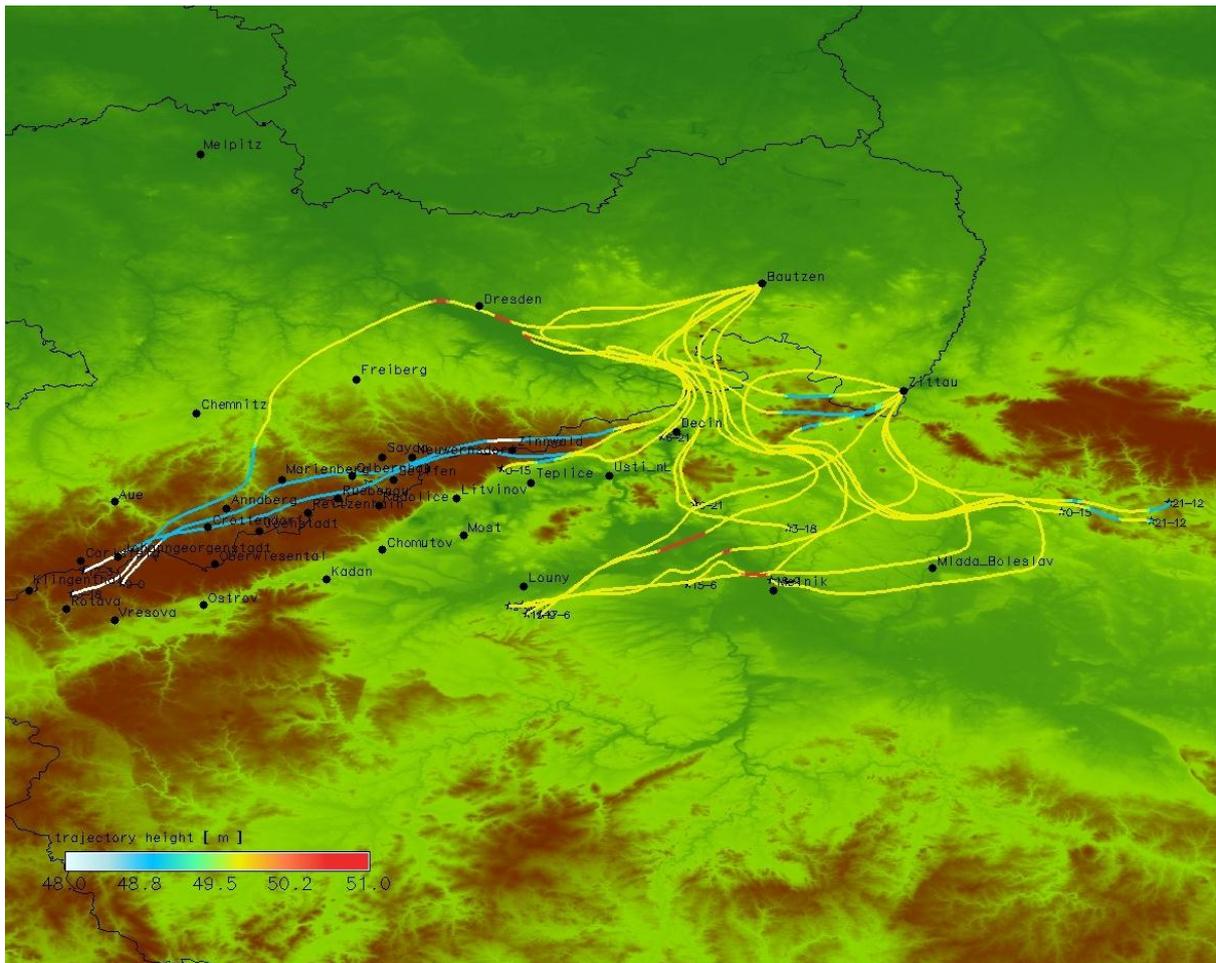


Abb. 25: Rückwärtstrajektorien für Zittau und Bautzen
(Quelle: IFT Leipzig, Dr. Wolke per E-Mail vom 22.12.11)

Ergebnis der Klassifikation

Tab. 3 zeigt die Anzahl der Tage mit Großwetterlagen, die in der Regel für nord- bis südöstliche Strömungen polarer Kaltluft verantwortlich sind, bei denen mit hoher Wahrscheinlichkeit grenzüberschreitende Transporte von Luftschadstoffen erfolgen. Als Untersuchungszeitraum wurden die Monate Januar bis April und Oktober bis Dezember gewählt, in denen mehr als 90 % aller PM_{10} -Tagesgrenzwertüberschreitungen eines Jahres auftreten. Diese Untersuchung ist allerdings nicht umfassend, da solche Luftschadstofftransporte auch bei den häufigen Großwetterlagen „Hoch Mitteleuropa“ und „Brücke Mitteleuropa“ erfolgen können. Bei diesen beiden Wetterlagen sind unterschiedliche Strömungsrichtungen möglich, so dass eine Einzeluntersuchung anhand von Wetterkarten bzw. Trajektorienberechnungen nötig wären. Die Großwetterlage „Nordost antizyklonal“, die ebenfalls zu östlichen Strömungen polarer Kaltluft führten, trat im untersuchten Zeitraum nicht auf.

Zu sehen ist, dass 2010 eine überdurchschnittliche Häufung von Großwetterlagen mit östlichen Strömungen zu verzeichnen war. Dass diese Auswertung nicht umfassend und ausreichend ist, zeigt ein Blick auf das Jahr 2009. Obwohl hier die untersuchten Großwetterlagen kaum auftraten, wurden viele Überschreitungstage verzeichnet. Wie im nächsten Kapitel gezeigt wird, ist auch der prozentuale Anteil der Tage mit überwiegendem Feineintrag nicht klein (Tab. 7). Deshalb wurden für den Zeitraum 2005 bis 2010 den PM_{10} -HVS-Tagesmitteln die Großwetterlagen nach Hess/Brezowsky zugeordnet und die mittleren PM_{10} -Konzentrationen pro Großwetterlage und Jahr über alle untersuchten Messstellen gebildet (Tab. 4). In Tab. 5 wird die zugehörige Anzahl der Tage des Auftretens der jeweiligen Wetterlage dargestellt.

Tab. 3: Großwetterlagen für Jan. - Apr. und Okt. - Dez.

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Hoch Fennoskandien, antizyk. | | | | | 4 | |
| Hoch Fennoskandien, zyk. | | | 5 | | | 15 |
| Hoch Nordfennoskandien, antizyk. | 5 | 5 | | | | |
| Hoch Nordfennoskandien, zyk. | 9 | 5 | | 8 | | 14 |
| Nordost zyklonal | | | | | 4 | |
| Südost antizyk. | 8 | 10 | 12 | 8 | | 4 |
| Südost zyk. | | 6 | | | 3 | |
| Summe | 22 | 26 | 17 | 16 | 11 | 33 |

Tab. 4: Mittelwert der PM_{10} -Konzentrationen der ausgewählten Stationen (ohne Zittau und Görlitz) zu verschiedenen Großwetterlagen (Jan. – Apr. und Okt. – Dez.)

| Großwetterlage | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Süd antizyklonal | 42 | 54 | | 32 | | 25 |
| Hochdruckbrücke Mitteleuropa | 45 | 40 | 39 | 33 | 46 | 38 |
| Hoch Britische Inseln | | 60 | 25 | | 25 | 26 |
| Hoch Fennoskandien antizyklonal | | | | | 31 | |
| Hoch Fennoskandien zyklonal (HFz) | | | 34 | | | 50 |
| Hoch Mitteleuropa (HM) | 38 | 52 | 45 | 52 | 46 | 48 |
| Hoch Nordmeer antizyklonal | 30 | 51 | 32 | 52 | | 39 |
| Hoch Nordmeer-Fennoskandien antizyklonal | 33 | 41 | | | | |
| Hoch Nordmeer-Fennoskandien zyklonal | 66 | 38 | | 32 | | 36 |
| Hoch Nordmeer zyklonal (HNz) | 47 | | | | 34 | 60 |
| Nord antizyklonal | | | | | 22 | 11 |
| Nordost antizyklonal | | | 18 | | | |
| Nordost zyklonal | | | | | 29 | |
| Nordwest antizyklonal | | 34 | 34 | 26 | | 36 |
| Nordwest zyklonal | 22 | 26 | 20 | 19 | 22 | 28 |
| Nord zyklonal | 26 | 21 | | 16 | 17 | 23 |
| Südost antizyklonal (SEa) | 49 | 51 | 42 | 48 | | 43 |
| Südost zyklonal (SEz) | | 48 | | | 33 | |
| Südwest antizyklonal | | | 40 | 31 | 47 | |
| Südwest zyklonal | 38 | 29 | | 32 | 22 | 33 |
| Süd zyklonal | | | | 36 | | |
| Tief Britische Inseln | | | | 30 | | |
| Tief Mitteleuropa | | | 38 | 16 | | |
| Trog Mitteleuropa | 38 | 34 | 27 | 30 | 33 | 21 |
| Trog Westeuropa | 31 | | 43 | 27 | 37 | 40 |
| Unbestimmt (U) | 60 | 40 | 23 | 28 | 26 | 55 |
| West antizyklonal | 48 | 28 | 24 | 33 | | |
| Südliche Westlage | | 32 | 23 | | 23 | 38 |
| Winkelförmige Westlage | | 26 | 37 | 32 | 24 | 30 |
| West zyklonal | 26 | 27 | 20 | 25 | 20 | 17 |

Tab. 5: Anzahl der Großwetterlagen (Jan. – Apr. und Okt. – Dez.)

| Großwetterlage | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|--|------|------|------|------|------|------|
| Süd antizyklonal | 5 | 3 | | 3 | | 5 |
| Hochdruckbrücke Mitteleuropa | 27 | 17 | 46 | 21 | 24 | 26 |
| Hoch Britische Inseln | | 17 | 16 | | 7 | 4 |
| Hoch Fennoskandien antizyklonal | | | | | 4 | |
| Hoch Fennoskandien zyklonal | | | 5 | | | 15 |
| Hoch Mitteleuropa | 14 | 22 | 14 | 11 | 22 | 3 |
| Hoch Nordmeer antizyklonal | 6 | 4 | 4 | 3 | | 8 |
| Hoch Nordmeer-Fennoskandien antizyklonal | 5 | 5 | | | | |
| Hoch Nordmeer-Fennoskandien zyklonal | 9 | 5 | | 8 | | 14 |
| Hoch Nordmeer zyklonal | 6 | | | | 3 | 7 |
| Nord antizyklonal | | | | | 3 | 5 |
| Nordost antizyklonal | | | 3 | | | |
| Nordost zyklonal | | | | | 4 | |
| Nordwest antizyklonal | | 6 | 3 | 8 | | 1 |
| Nordwest zyklonal | 36 | 14 | 21 | 8 | 20 | 9 |
| Nord zyklonal | 5 | 4 | | 8 | 11 | 4 |
| Südost antizyklonal | 8 | 10 | 12 | 8 | | 4 |
| Südost zyklonal | | 6 | | | 3 | |
| Südwest antizyklonal | | | 3 | 7 | 8 | |
| Südwest zyklonal | 18 | 38 | | 9 | 13 | 23 |
| Süd zyklonal | | | | 3 | | |
| Tief Britische Inseln | | | | 3 | | |
| Tief Mitteleuropa | | | 4 | 6 | | |
| Trog Mitteleuropa | 37 | 21 | 16 | 22 | 14 | 19 |
| Trog Westeuropa | 9 | | 5 | 10 | 29 | 17 |
| Unbestimmt | 1 | 1 | 2 | 4 | 3 | 6 |
| West antizyklonal | 5 | 7 | 3 | 17 | | |
| Südliche Westlage | | 9 | 7 | | 12 | 14 |
| Winkelförmige Westlage | | 6 | 5 | 5 | 12 | 8 |
| West zyklonal | 21 | 17 | 43 | 49 | 20 | 20 |

Für die gelb markierten Wetterlagen wurden in Tab. 6 die mittleren Konzentrationen für die einzelnen Messstellen im Jahr 2010 zusammengestellt.

Tab.6: Mittelwert der PM₁₀-Konzentrationen der ausgewählten Stationen für die markierten Großwetterlagen (Jan. – Apr. und Okt. – Dez.) im Jahr 2010

| GWL | Chemnitz Lpz. Str. | Chemnitz Nord | Dresden Bergstr. | Dresden Nord | Görlitz | Leipzig Lützner Str. | Leipzig Mitte | Plauen Süd | Zittau Ost | Zwickau West |
|-----|--------------------|---------------|------------------|--------------|---------|----------------------|---------------|------------|------------|--------------|
| HFz | 51 | 44 | 52 | 50 | 75 | 64 | 55 | 41 | 67 | 45 |
| HM | 50 | 41 | 64 | 61 | 62 | 47 | 38 | 39 | 63 | 44 |
| HNz | 60 | 54 | 70 | 66 | 80 | 68 | 54 | 53 | 68 | 58 |
| SEa | 41 | 35 | 40 | 38 | 94 | 55 | 48 | 39 | 93 | 51 |
| U | 57 | 50 | 64 | 64 | 71 | 57 | 50 | 43 | 73 | 54 |

Auffällig ist, dass bei diesen Wetterlagen, bei denen in übrigen Sachsen ohnehin schon hohe PM₁₀-Konzentrationen auftreten, diese an den Messstellen Zittau und Görlitz fast immer noch einmal deutlich übertroffen werden. Besonders deutlich ist das bei der antizyklonalen Südostwetterlage. Dabei erstreckt sich von Südosteuropa ein Hochdruckrücken über die Ostsee und Südsandinavien zum Nordmeer, manchmal auch bis nach Island und über dem südlichen Ostatlantik liegt ein kräftiges Zentraltief. Dies bedeutet, dass durch das Druckgefälle und leichte Ablenkungen aufgrund der antizyklona-

len Drehrichtung des Hochdruckgebietes (mit dem Uhrzeigersinn) hauptsächlich mit Winden aus Südosten zu rechnen ist. Im Winter ist dies häufig mit kalten Luftmassen verbunden und macht sich im Raum Sachsen als „Böhmischer Wind“ bemerkbar. Randstörungen dieses Tiefs erfassen im Wesentlichen nur Westeuropa und streifen zeitweise das westliche Mitteleuropa. Die hierbei auftretenden Winde haben während des zurückgelegten Weges hauptsächlich Luftmassen aus den südosteuropäischen Ländern wie Bulgarien, Ukraine und der Slowakei überströmt und dabei auch Anteile der dort entstandenen Luftaerosole und -partikel mit aufgenommen. Die erhöhten Konzentrationen werden in dann oft zuerst und am deutlichsten in Sachsen wirksam.

Bei der Wetterlage „Hoch Fennoskandien zyklonal“ sind im Raum Mitteleuropa und somit auch in Sachsen vorwiegend Winde aus östlicher Anströmrichtung zu beobachten. Die Luftmassen strömen auf einem Weg von Russland über Polen, Weißrussland, Tschechien und anderen östlich gelegenen Ländern, in denen sie eine Aerosol- und Partikelfracht aufnehmen konnten, nach Sachsen. Hinzu kommt, dass sich Sachsen währenddessen direkt im Hochdruckgürtelsystem befindet. Daher sind die Windgeschwindigkeiten und auch -richtungen nicht ganz so differenziert ausgeprägt wie in anderen Drucksystemen. Somit sind meist geringe Windgeschwindigkeiten zu beobachten. Ein längerer Verbleib der Luftmassen über Mitteleuropa und Sachsen ist die Folge – mit weiterer Anreicherung von Luftschadstoffen.

Bei dieser Hochdrucklage „Hoch Mitteleuropa“ liegen Mitteleuropa und Sachsen in einem räumlich sehr ausgedehnten Hochdruckgebiet, welches durch meist geringe Windgeschwindigkeiten und wechselnden Windrichtungen aufweist. Anströmende Winde sind daher auch schwer zu erkennen, eine Hauptausrichtung ist typischerweise nicht zu zuordnen.

Für die Großwetterlage „Hoch Nordmeer zyklonal“ lassen sich hauptsächlich Winde aus Osten und Nordosten bestimmen, welche auch eine relativ hohe Geschwindigkeit aufweisen. Die Luftmassen haben dabei die Ukraine überströmt und ziehen danach in einem Bogen über Weißrussland und Polen von Osten und Nordosten über Sachsen hinweg und danach weiter Richtung südliches Deutschland und Mitteleuropa.

Bei Übergangswetterlagen (Unbestimmt) lassen sich noch keine konkreten Windanströmungsrichtungen oder Windstärken charakterisieren, da sowohl das vorhergegangene Druckgebiet als auch das nachfolgende zu schwach ausgeprägt sind, als dass sich verlässliche Angaben machen ließen. Einzelfalluntersuchungen sind erforderlich.

In Tab. 7 wird geprüft wie oft bei Vorliegen der untersuchten Großwetterlagen PM₁₀-Überschreitungen im Jahr 2010 auftraten.

Je nach Messstelle treten zwischen 35 % und 72 % der PM₁₀-Überschreitungstage an den 5 untersuchten Großwetterlagen auf. Trotzdem lässt sich keine Wetterlage finden, für die eine Überschreitung des PM₁₀-Grenzwertes nahezu sicher ist. Andererseits traten 2010 nur bei 13 der 32 möglichen Großwetterlagen PM₁₀-Tagesgüberschreitungen auf (Tab. 8). Da einfache Interpretationen nicht zu finden sind, wurde durch das LfULG ein Projekt beauftragt, das u. a. den Einfluss dieser Wetterlagen auf die Immissionen näher untersuchen soll. Der Abschluss des Projektes ist für Ende 2012 vorgesehen.

Im Ergebnis der Untersuchungen für 2010 in Zittau sind 63 % (26 Tage) der PM₁₀-Tagesgrenzwertüberschreitungen überwiegend dem Ferneintrag zuzuordnen. 17 % (7 Tage) wurden überwiegend durch lokale Quellen verursacht. 20 % (8 Tage) sind nicht einer der beiden Hauptursachen zuordnenbar.

Tab.7: Anteil der PM₁₀-Überschreitungstage (ÜT) während der markierten Großwetterlagen (Jan. – Apr. und Okt. – Dez.) im Jahr 2010

| | HFz | HM | HNz | SEa | U | Summe: | ÜT TEOM | |
|-------------------------|-------------------|------|------|------|-------|--------|------------|------|
| Chemnitz Lpz. Str. | Anz. ÜT | 6 | 2 | 4 | | 3 | 15 | 27 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 4 | 6 | 35 | |
| | in % | 40% | 67 % | 57 % | 0 % | 50 % | 43 % | 56 % |
| Chemnitz Nord | Anz. ÜT | 5 | 1 | 4 | | 3 | 13 | 18 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 4 | 6 | 35 | |
| | in % | 33 % | 33 % | 57 % | 0 % | 50 % | 37 % | 72 % |
| Dresden Bergstr | Anz. ÜT | 6 | 2 | 4 | 1 | 4 | 17 | 36 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 4 | 6 | 35 | |
| | in % | 40 % | 67 % | 57 % | 25 % | 66 % | 49 % | 47 % |
| Dresden Nord | Anz. ÜT | 5 | 2 | 3 | 1 | 4 | 15 | 28 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 4 | 6 | 35 | |
| | in % | 33 % | 66 % | 43 % | 25 % | 67 % | 43 % | 54 % |
| Görlitz | Anz. ÜT | 7 | 2 | 5 | 4 | 4 | 22 | 38 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 4 | 6 | 35 | |
| | in % | 47 % | 67 % | 71 % | 100 % | 67 % | 63 % | 58 % |
| Leipzig Lützner Str. | Anz. ÜT | 5 | 2 | 4 | 1 | 2 | 14 | 40 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 3 | 5 | 33 | |
| | in % | 33 % | 67 % | 57 % | 33 % | 40 % | 42 % | 35 % |
| Leipzig Mitte | Anz. ÜT | 6 | | 4 | 1 | 3 | 14 | 37 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 4 | 6 | 35 | |
| | in % | 40 % | 0 % | 57 % | 25 % | 50 % | 40 % | 37 % |
| Plauen Süd | Anz. ÜT | 3 | | 5 | | 1 | 9 | 22 |
| | Anz. Tage der GWL | 14 | 3 | 7 | 4 | 6 | 34 | |
| | in % | 21 % | 0 % | 71 % | 0 % | 17 % | 26 % | 41 % |
| Zittau Ost | Anz. ÜT | 7 | 2 | 3 | 3 | 2 | 17 | 39 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 4 | 6 | 35 | |
| | in % | 47 % | 67 % | 43 % | 75 % | 33 % | 49 % | 44 % |
| Zwickau West | Anz. ÜT | 5 | 2 | 4 | 1 | 3 | 15 | 29 |
| | Anz. Tage der GWL | 15 | 3 | 7 | 4 | 6 | 35 | |
| | in % | 33 % | 67 % | 57 % | 25 % | 50 % | 43 % | 52 % |

Tab. 8: Zuordnung der PM₁₀-Überschreitungstage 2010 in Zittau

| Datum | PM ₁₀ -Tagesmittel | Großwetterlage | Fern-eintrag | Lokaler Eintrag | Lokal- und Ferneintrag |
|------------|-------------------------------|--------------------------------------|--------------|-----------------|------------------------|
| 03.01.2010 | 51 | Südliche Westlage | | x | |
| 04.01.2010 | 58 | Südliche Westlage | | x | |
| 05.01.2010 | 54 | Südliche Westlage | | | x |
| 06.01.2010 | 67 | Trog Westeuropa | x | | |
| 07.01.2010 | 59 | Trog Westeuropa | | x | |
| 08.01.2010 | 62 | Trog Westeuropa | x | | |
| 12.01.2010 | 174 | Hoch Nordmeer-Fennoskandien zyklonal | x | | |
| 13.01.2010 | 208 | Südost antizyklonal | x | | |
| 15.01.2010 | 59 | Südost antizyklonal | x | | |
| 16.01.2010 | 61 | Südost antizyklonal | x | | |
| 19.01.2010 | 53 | Winkelförmige Westlage | | x | |
| 20.01.2010 | 65 | Hoch Fennoskandien zyklonal | x | | |
| 21.01.2010 | 53 | Hoch Fennoskandien zyklonal | x | | |
| 22.01.2010 | 82 | Hoch Fennoskandien zyklonal | x | | |
| 23.01.2010 | 134 | Hoch Fennoskandien zyklonal | x | | |
| 24.01.2010 | 193 | Hoch Fennoskandien zyklonal | x | | |
| 25.01.2010 | 70 | Hoch Fennoskandien zyklonal | x | | |
| 26.01.2010 | 225 | Hoch Fennoskandien zyklonal | x | | |
| 27.01.2010 | 174 | Unbestimmt | x | | |
| 06.02.2010 | 51 | Winkelförmige Westlage | x | | |
| 09.02.2010 | 102 | Hoch Nordmeer zyklonal | x | | |
| 10.02.2010 | 140 | Hoch Nordmeer zyklonal | x | | |
| 11.02.2010 | 86 | Hoch Nordmeer zyklonal | x | | |
| 15.02.2010 | 52 | Südliche Westlage | | | x |
| 16.02.2010 | 60 | Südliche Westlage | x | | |
| 09.03.2010 | 65 | Hochdruckbrücke Mitteleuropa | | | x |
| 10.03.2010 | 62 | Hochdruckbrücke Mitteleuropa | | | x |
| 11.03.2010 | 58 | Hochdruckbrücke Mitteleuropa | x | | |
| 12.10.2010 | 66 | Hoch Nordmeer zyklonal | | x | |
| 18.10.2010 | 54 | Trog Mitteleuropa | | x | |
| 02.11.2010 | 69 | Trog Westeuropa | x | | |
| 22.11.2010 | 68 | Trog Mitteleuropa | | | x |
| 28.11.2010 | 66 | Trog Westeuropa | | | x |
| 03.12.2010 | 114 | Unbestimmt | x | | |
| 04.12.2010 | 65 | Südwest zyklonal | | | x |
| 06.12.2010 | 70 | Südwest zyklonal | | x | |
| 07.12.2010 | 119 | Südwest zyklonal | x | | |
| 08.12.2010 | 76 | Südwest zyklonal | x | | |
| 22.12.2010 | 55 | Südwest zyklonal | | | x |
| 29.12.2010 | 82 | Hoch Mitteleuropa | x | | |
| 30.12.2010 | 64 | Hoch Mitteleuropa | x | | |
| Gesamt | | | 26 | 7 | 8 |

Anlage

Methodik zur Ermittlung des Ferneintragsanteils

Zur Untersuchung wurden zunächst die PM₁₀-Halbstundenmesswerte mit den zugehörigen meteorologischen Daten, wie Windrichtung und Geschwindigkeit, Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Luftdruck, der zu betrachteten Messstellen zusammengestellt. Gleichzeitig wurden sämtliche Tagesmittelwerte der sächsischen Messstellen in einer Tabelle zusammengestellt, so dass die einzelnen Tage die Zeilen und die Messstellen die Spalten bildeten. Die Tage mit PM₁₀-Konzentrationen >50µg/m³ wurden farblich markiert, wodurch Episoden erhöhter PM₁₀-Konzentrationen einfach ermittelt werden konnten. Gesucht wurde nach Episoden, bei denen besonders viele Stationen gleichzeitig Überschreitungen registriert hatten und Episoden, bei denen an einzelnen Stationen mehrere Tage in Folge Überschreitungen auftraten.

Die Aufbereitung der Daten erfolgt mit Excel-Makros, die graphische Darstellung mit ADVIS. Zunächst wurde für die überschrittenen Tage stationsweise eine Klassifikation der Halbstundenwerte vorgenommen. Dazu wurde die Windrichtung in zwölf Sektoren zu 30° und die Windgeschwindigkeit in sieben Klassen unterteilt. Der Windrichtungssektor 1 (WR1) verläuft dabei von 345° bis 15°, der Sektor 2 (WR2) von 15° bis 45° usw. Die sieben Klassen der Windgeschwindigkeit gehen von Klasse 0 (WG0) 0-0,4m/s, Klasse 1 (WG1) 0,4-1m/s, Klasse 2 (WG2) 1-2m/s ... zu WG5 4-5 m/s und WG6 >=5m/s. Innerhalb der Sektoren bzw. Klassen wurden die Anzahl und der Mittelwert der zugehörigen PM₁₀-Halbstundenmittelwerte bestimmt.

Da die Messstellen in größeren Städten häufig in Straßenschluchten liegen, so dass die Winddaten durch Kanalisationseffekte und geringere Windgeschwindigkeiten wenig aussagekräftig sind, wurden, wo möglich, die PM₁₀-Werte mit meteorologischen Daten nahe gelegener Messstellen mit möglichst freier Anströmung, kombiniert, so Görlitz und Bautzen mit Niesky, Dresden mit Radebeul/Wahnsdorf, Chemnitz, Zwickau, Glauchau und Klingenthal mit Carlsfeld, Freiberg mit Schwartenberg, Plauen-Süd mit Plauen DWD, Leipzig, Delitzsch und Borna mit Collmborg.

Es erfolgte eine erste Grobklassifikation nach Tagen an denen überwiegend Ferntransport (Immissionen, deren Emissionen nicht durch Quellen in oder in unmittelbarer Nähe der betrachteten Kommune verursacht werden) aus den jeweiligen Hauptwindrichtungen Ursache der erhöhten PM₁₀-Konzentrationen war, Tagen, an denen die Überschreitungen lokal erzeugt wurden, und Tagen, die aufgrund mangelnder bzw. widersprüchlicher Daten nicht klassifizierbar sind. Insbesondere Tage hoher PM₁₀-Konzentration mit mittleren bzw. hohen Windgeschwindigkeiten aus einer vorherrschenden Richtung lassen vermuten, dass ein großer Anteil des gemessenen PM₁₀ auf Ferntransport zurückzuführen ist. Dieses Indiz ist aber für eine abschließende Zuordnung allein nicht ausreichend. Um eine fundiertere Aussage treffen zu können, wurde für diese Episoden der Konzentrationsverlauf benachbarter in der Hauptwindrichtung liegender Messstellen, teilweise auch im gesamten Sachsen betrachtet.

Im Gegensatz dazu sind für Tage, an denen die Überschreitungen vor allem lokal erzeugt wurden, drehende Winde geringer Geschwindigkeit (häufig im Winterhalbjahr bei Hochdruckwetterlagen) charakteristisch. Oft ist eine Kombination beider Ursachen für die PM₁₀-Konzentration verantwortlich. Der Versuch einer Abschätzung der jeweiligen Anteile unter Berücksichtigung der Messungen an den Hintergrundmessstellen Schwartenberg und Collmborg ist sehr problematisch. Insbesondere ist der Anteil an grenzüberschreitendem Transport in unmittelbarer Grenznähe nur dann abschätzbar, wenn keine weiteren größeren Emittenten zwischen Grenze und Messstelle liegen.

Für die im Landesinneren liegenden Städte kann dieser Anteil mit dieser Methodik nicht ausgewiesen werden. Notwendig dafür ist eine episodische Ausbreitungsrechnung mit genauer Kenntnis der Emissionen in Sachsen und den umliegenden Staaten, der genauen meteorologischen Verhältnisse einschließlich der Ausbreitungsklassen und Mischungsschichthöhen, der Orographie und der Landnutzung. Abschließend bleibt darauf hinzuweisen, dass die bisherigen empirischen Auswertungen schon auf Grund der beschränkten Zahl an betrachteten Eingangsgrößen und der Komplexität der PM₁₀-Problematik keinen fundierten wissenschaftlichen Hintergrund haben, die getroffenen Zuordnungen aber nach Überzeugung der Autoren mit hoher Wahrscheinlichkeit einer fundierten Überprüfung standhalten würden.