

**Abteilung 5**

Söbrigener Str. 3a, 01326 Dresden

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

---

Bearbeiter: Annette Pausch, Dr. Andrea Hausmann  
E-Mail: [annette.pausch@smul.sachsen.de](mailto:annette.pausch@smul.sachsen.de)  
Tel.: 0351 2612-5103; Fax: 0351 2612-5199  
Redaktionsschluss: 27.04.2012

## Geruchsbelastung im Erzgebirge und Vogtland

### Erweiterte Untersuchungen 2011

#### Zusammenfassung

Anwohner in Erzgebirge und Vogtland beschwerten sich seit Jahren über starke, unangenehme Gerüche, die immer wieder an einzelnen Tagen bei Süd-Ost Wetterlagen auftreten.

Als eine Quelle der Belastungen werden Industrieanlagen im Böhmisches Becken aber auch der Hausbrand in dieser Region vermutet.

2010 begann eine Messkampagne zur Untersuchung von Luftproben an der Luftmessstation Schwarzenberg /1/. Im Jahr 2011 wurden diese Geruchsprobenahmen verbessert fortgeführt. Zusätzlich konnte im November auch an der Station Klingenthal im Vogtland ein Probenahmesystem aufgebaut werden. Die gewonnenen Luftproben wurden von der TÜV Süd Industrie Service GmbH in München analysiert.

Neben den Luftprobenahmen erfolgte eine Modellierung der Luftmassenbahnen bei Geruchsereignissen durch das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung Leipzig e. V. (IfT), um die Herkunft der geruchsbelasteten Luftmassen zu bestimmen.

Zur näheren Untersuchung des Ferneintrags belasteter Luft wurde erstmals in einer Machbarkeitsstudie ein Ultraleichtflugzeug der FH Düsseldorf, Labor für Umweltmesstechnik mit Messtechnik für Feinstaub und Schwefeldioxid eingesetzt. Fünf Messflüge fanden an Tagen mit zahlreichen Geruchsbeschwerden aus der Bevölkerung statt.

Die Auswertung der Messergebnisse und der Modellierung ergab:

- 2011 wurden alle Grenzwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz der Vegetation gemäß der 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BImSchV) an den Messstationen Schwarzenberg und Klingenthal sicher eingehalten. Bewertet wurden die Luftschadstoffe Schwefeldioxid SO<sub>2</sub>, Stickstoffdioxid NO<sub>2</sub>, Stickoxide NO<sub>x</sub>, Benzol und Feinstaub PM<sub>10</sub>.
- Gerüche sind als Immission messtechnisch sehr schwierig nachzuweisen. Ein kausaler Zusammenhang zwischen Geruchsbeschwerden und analytisch erfassten Schadstoffkomponenten in den gesammelten Luftproben konnte nicht eindeutig gefunden werden. Auffällig häufig wurden aber erhöhte Konzentrationen von Nonanal sowie die Zunahme flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) und Hexafluortetrachlorbutan (HFTCB) bei Beschwerden im Erzgebirge festgestellt. In den

Luftproben aus Klingenthal wurde kaum HFTCB gefunden. Die VOC-Konzentrationen in Klingenthal waren nicht von der Windrichtung abhängig.

- In Beschwerden aus dem Vogtland werden die Gerüche am häufigsten als »Katzendreck« beschrieben. Im Erzgebirge sind die Geruchseindrücke stärker differenziert (vielfache Nennung neben Katzendreck: Industrieabgase, Petrochemie, Lösemittel, Rauchgase, Schwefelwasserstoff). Die abweichenden Geruchseindrücke können zum Einen auf unterschiedliche Quellen schließen lassen. Zum Anderen ist zu bedenken, dass der Begriff »Katzendreck« inzwischen eine »eingebürgerte« Bezeichnung für stark unangenehme Gerüche sein könnte.
- Mittels Trajektorienrechnungen konnte die Herkunft von Luftmassen bestimmt werden. An Tagen mit Geruchsbeschwerden traten gehäuft Wetterlagen mit schwachen südöstlichen Winden auf, bei denen sich Luftmassen vor dem Erzgebirgskamm im Böhmisches Becken stauten. Diese konnten sich mit Schadstoffen aus Industrieanlagen oder Hausbrand anreichern. Über niedrigere Taleinschnitte bzw. beim Auflösen der Inversion oder Zunahme des Windes gelangten diese belasteten Luftmassen in den sächsischen Teil des Erzgebirges und auch ins Vogtland. Damit können aber einzelne Quellen den Geruchsereignissen nicht zugeordnet werden.
- Messflüge mit dem Ultraleichtflugzeug bestätigten die Stauwirkung des Erzgebirges und das Einfließen belasteter Luft in Taleinschnitte.

### Beschwerdelage im Erzgebirge und im Vogtland 2011

Im Jahr 2011 beschwerten sich an insgesamt 88 Tagen Anwohner des Erzgebirges und an 35 Tagen Anwohner des Vogtlandes beim Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) über unangenehme Gerüche (Tabelle 1). An 80 Beschwerdetagen im Erzgebirge herrschten Winde aus südöstlichen Richtungen. In Klingenthal gab es bei Windstille oder bei südöstlichen Winden Geruchsbeschwerden.

Die häufigsten Beschwerden im Erzgebirge kamen aus dem Raum Seiffen, Deutscheinsiedel, Neuhäusern und Olbernhau. Im Vogtland waren die Orte Zwota, Markneukirchen, Klingenthal und Oelsnitz von Geruchsbelästigungen besonders betroffen. Abbildung 18 im Anhang zeigt den Ausschnitt des Höhenreliefs der betroffenen Gebiete.

**Tabelle 1: Beschwerdelage 2011 im Erzgebirge und Vogtland**

Region	Einzelbeschwerden 2011	Beschwerdetage		
		insgesamt	mit mehr als drei Einzelbeschwerde	mit mehr als zehn Einzelbeschwerden
Erzgebirge	385	88	21	12
Vogtland	165	35	11	6

Ingesamt verdichteten sich die Beschwerden von Ende Oktober bis Mitte November. In diesem Zeitraum fallen rund  $\frac{2}{3}$  der Einzelbeschwerden und alle Beschwerdetage mit mehr als 10 Einzelbeschwerden. Während dieser Zeit herrschte eine stabile Hochdruckwetterlage verbunden mit niedrigen Windgeschwindigkeiten aus Süd-Ost und einem vertikal auf wenige hundert Meter eingeschränkten Luftaustausch.

Zusätzlich verständigte am 21.10.2011 UNIPETROL RPA aus Litvinov die sächsischen Behörden über eine geplante Anlagenwartung bis zum 24.10., am 29.10. ging eine Havariemeldung ein. In beiden Fällen kam es später zu gehäuften Beschwerden. Spitzerreiter war der 2. November mit insgesamt 55 Einzelbeschwerden.

Gegenüber den Vorjahren gab es einen deutlichen Zuwachs an Geruchsereignissen (zum Vergleich 2010: 18 Beschwerdetage im Erzgebirge davon zwei Tage mit mehr als 10 Einzelbeschwerden, 8 Beschwerdetage im Vogtland, davon kein Tag mit mehr als 10 Einzelbeschwerden). Schließt man den besonderen Zeitraum von Ende Oktober bis Mitte November 2011 aus, so ergibt sich aber eine ähnliche Beschwerdelage wie in den Vorjahren.

Als Quelle der Geruchsbelastungen werden tschechische Industrieanlagen und auch der Hausbrand im Böhmisches Becken vermutet.

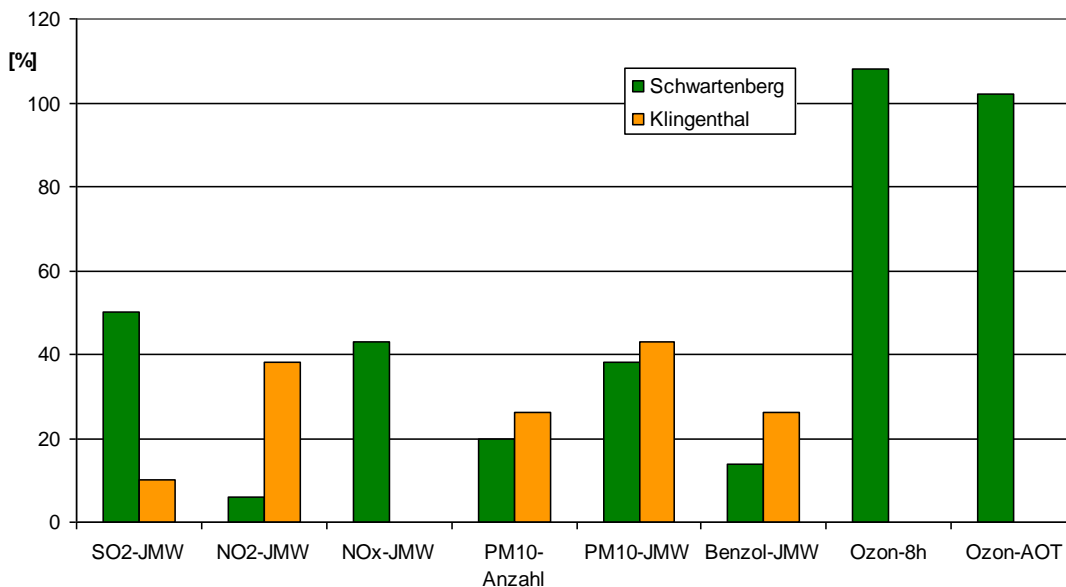
Große industrielle und landwirtschaftliche Anlagen unterliegen ab einer bestimmten Kapazität den Vorschriften der Verordnung über das Europäische Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (European Pollutant Release and Transfer Register, kurz E-PRTR). Setzen sie u. a. Luftschadstoffe

über einer bestimmten Mengenstelle frei, sind diese im Register enthalten. In Nordböhmen gab es 2009 129 registrierte Anlagen, davon vier mit Freisetzungen von NMVOC (flüchtige organische Verbindungen ohne Methan) über der Mengenschwelle von 100 t pro Jahr (Tabelle 2). Die Freisetzungen pro Anlage liegen in der gleichen Größenordnung wie in Sachsen (242 Anlagen, davon 3 mit registrierten NMVOC-Freisetzungen: Dow Olefinverbund GmbH Werk Böhlen → 107 t, BMW Werk Leipzig → 128 t, VW Sachsen GmbH Werk Zwickau 328 t) /2,3/.

**Tabelle 2: E-PRTR-Anlagen mit registrierter NMVOC-Freisetzung in die Luft (Berichtsjahr: 2009)**

Name	Ort	NMVOC-Freisetzung in [t/a]	Industriezweig
Sokolovská uhelná	Vřesová, Chodov u Karlových Var	282	Kraftwerk
CHEMOPETROL	Litvinov	379	Chemie
Glanzstoff - Bohemia s.r.o.	Lovosice	1.630	Chemie
Setuza a.s.	Usti nad Labem	153	Lebensmittel

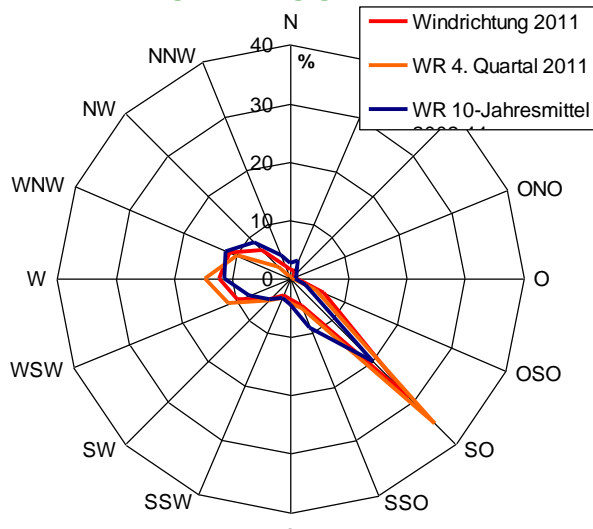
### Einhaltung der gesetzlichen Grenz- und Zielwerte 2011



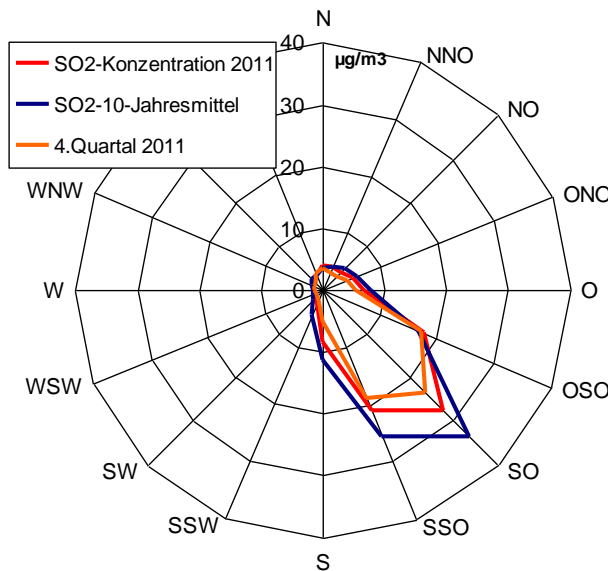
**Abbildung 1: Luftbelastung am Schwartenberg und in Klingenthal 2011 – Ausschöpfung der jeweiligen Grenz- und Zielwerte (in Prozent)**

2011 wurden - wie auch in den Vorjahren - im Erzgebirge und Vogtland die Grenzwerte für Luftschadstoffe gemäß 39. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (39. BIm-SchV) sicher eingehalten. Dies betrifft die Luftschadstoffe Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Feinstaub kleiner 10 Mikrometer (PM<sub>10</sub>), Benzol, Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Stickoxide (NO<sub>x</sub>) und gilt zum Einen für Kurzzeitbelastungen wie Stunden- und Tageswerte und zum Anderen für Langzeitbelastungen in Form von Jahresmittelwerten. Auf dem Schwartenberg wurde zusätzlich der Feinstaub auf Inhaltsstoffe wie Schwermetalle und Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht. Die Ozon-Zielwerte zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Vegetation konnten an den Stationen auf dem Erzgebirgskamm wie auch in den Vorjahren nicht eingehalten werden. Abbildung 1 zeigt prozentual die Ausschöpfung der jeweiligen Grenz – bzw. Zielwerte für die Schadstoffbelastung am Schwartenberg und in Klingenthal (keine Ozonmessung in Klingenthal).

## Windrichtungsabhängige Schadstoffbelastung



**Abbildung 2: Vorherrschende Windrichtung auf dem Schwartenberg im Winterhalbjahr (Angaben in Prozent)**



**Abbildung 3: Windrichtungsabhängige SO<sub>2</sub>-Konzentration im Winterhalbjahr auf dem Schwartenberg**

Vergleicht man die vorherrschende Windrichtungen der Winterhalbjahre der letzten 10 Jahre mit der von 2011, so erkennt man für 2011 eine deutliche Zunahme der Süd-Ost-Wetterlage, insbesondere im 4. Quartal (Abbildung 2, Tabelle 3). Die SO<sub>2</sub>-Konzentrationen bei südöstlicher Windrichtung sanken dagegen gegenüber dem langjährigen Mittel (Abbildung 3, Tabelle 3)

**Tabelle 3: Süd-Ost-Windrichtung in den Winterhalbjahren auf dem Schwartenberg im Vergleich**

	Süd-Ost-Windrichtung in Prozent	SO <sub>2</sub> -Konzentrationen bei Süd-Ost-Windrichtung in µg/m <sup>3</sup>
10-Jahresmittel (2002 bis 2011)	20	34
2011 (Wintermonate)	29	28
4. Quartal 2011	35	24

## Geruchsprobenahme 2011

Aufbauend auf den 2010 gewonnenen Erkenntnissen konnten die Geruchsprobenahmen 2011 verbessert werden. Es wurden 2011 insgesamt 52 Luftproben vom Schwartenberg (zum Vergleich 2010: 42 Proben) und 29 Proben aus Klingenthal auf geruchsrelevante Stoffe untersucht. Weitere 44 Probenahmen dienten zu Qualitätssicherung der Messwerte. Auslöser der Probenahmen waren Geruchsbeschwerden von Anwohnern sowie erhöhte SO<sub>2</sub>- und /oder Benzolkonzentrationen bei stabilen Wetterlagen ( mit Windrichtung ca.115 bis 200°). Zum Vergleich wurden auch bei West- bzw. Nord-West Wetterlagen Proben genommen, um die Hintergrundbelastung zu analysieren.

Die Dauer einer Probenahme betrug 8 Stunden. Die im Probenahmegerät enthaltenden 6 Proberöhrchen reichten damit maximal für 48 Stunden. Danach musste ein Techniker der Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) vor Ort die Geräte neu bestücken.

Technischer Details und Einzelheiten zu den Qualitätssicherungsmaßnahmen der Probenahme, wie Blindwert- und Äquivalenzbestimmungen sowie Auswertung der einzelnen Probenahmen sind im Bericht der BfUL »Geruchsmessungen Erzgebirge 2011« (/4/, siehe Box »Weiterführende Informationen«) verfügbar.

### Ergebnisse der Probenahmen

Insgesamt konnten 38 verschiedene Stoffe identifiziert werden. 5 Stoffe sind als geruchsrelevant einzuschätzen, da diese schon in geringen Konzentrationen vom Menschen wahrgenommen werden können.

Für die 5 geruchsrelevanten Stoffe wurden empirisch die Konzentrationen oberhalb der olfaktometrisch bestimmten Geruchsschwelle abgeschätzt, die über den üblichen Schwankungsbereich der örtlichen Hintergrundbelastung hinausgehen (sog. Ereignisschwellen, /4/). Diese Werte enthält Tabelle 4.

**Tabelle 4: Abgeschätzte Ereignisschwellen für Geruchsstoffe**

Verbindung	Ereignisschwelle	
	Schwartenberg	Klingenthal
Hexanal	>25 µg/m <sup>3</sup>	>25 µg/m <sup>3</sup>
Heptanal	>20 µg/m <sup>3</sup>	>20 µg/m <sup>3</sup>
Octanal	>10 µg/m <sup>3</sup>	>10 µg/m <sup>3</sup>
Nonanal	>15 µg/m <sup>3</sup>	>20 µg/m <sup>3</sup>
Decanal	>20 µg/m <sup>3</sup>	>35 µg/m <sup>3</sup>

### Geruchsproben auf dem Schwartenberg

Anströmung Nord-West bis Nord-Ost: 6 Probenahmen

Anströmung Süd-Ost: 28 Probenahmen bei Geruchsbeschwerden<sup>1</sup>  
16 Probenahmen ohne Beschwerden

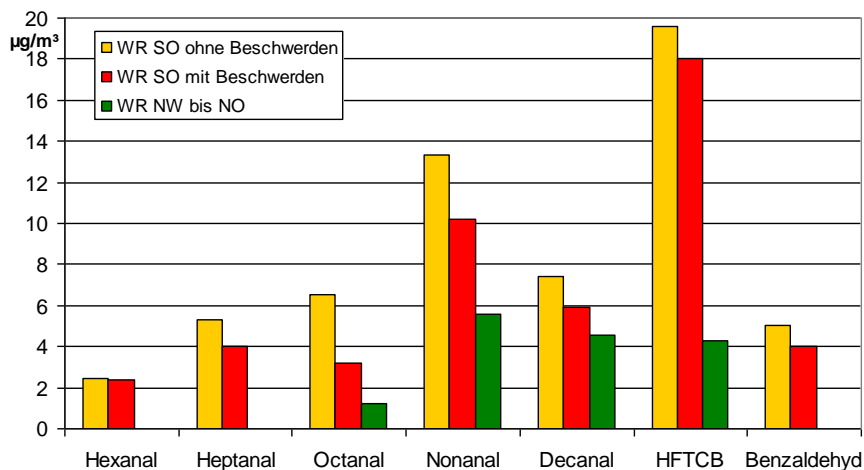
- Im Hintergrund bei Nord-West bis Nord-Ost Wetterlage sind in einigen Proben die geruchsrelevanten Verbindungen Nonanal, Octanal und Decanal in Konzentrationen weit unterhalb der Ereignisschwelle sowie in einer Probe die Verbindung Hexafluortetrachlorbutan (HFTCB) identifiziert worden. Andere Stoffe waren in den Proben nicht nachweisbar.

<sup>1</sup> 2 Probenahmen bei Beschwerden wurden nicht in die windrichtungsabhängige Auswertung einbezogen, aufgrund einer Änderung der Windrichtung während der Probenahme bzw. der Entfernung der einzelnen Beschwerde zum Probenahmeort)

- In den 28 Proben auf Grund von Geruchsbeschwerden konnten nachgewiesen werden:

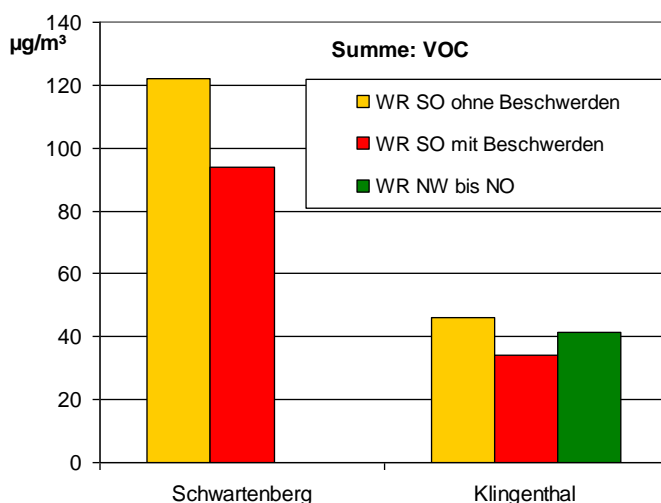
7 Verbindungen in mehr als 50 % der Proben	Benzol, Toluol, Nonanal, Decanal, Benzaldehyd, HFTCB und VOC (flüchtige organische Verbindungen)
zusätzlich 8 Stoffe in mehr als 25 % der Proben	Heptanal, Octanal, Ethylhexanol, Hexamethylcyclotrisiloxan, Octamethylcyclotetrasiloxan, Benzothiazol, BHT und Isomere, Pentadecan

Betrachtet man alle Probenahmen, die bei Windrichtungen aus Ost bis Süd-Ost (auch die, bei denen keine Beschwerden vorlagen), so ändert sich an den nachgewiesenen Verbindungen in den Proben nichts Grundlegendes (Abbildung 4).



**Abbildung 4: Mittlere Konzentrationen einiger ausgewählter Verbindungen auf dem Schwarzenberg bei unterschiedlichen Bedingungen**

- Bei Geruchsbeschwerden wurde nur bei Nonanal in 6 Fällen die Ereignisschwelle für Geruchsstoffe überschritten. Die Konzentrationen aller anderen geruchsrelevanten Stoffen lagen unter der Ereignisschwelle. Diese Ereignisschwelle wurde aber teilweise bei Proben ohne Beschwerden mit Süd-Ost-Wetterlagen überschritten (5 x bei Nonanal und je 1 x bei Octanal und Decanal).



**Abbildung 5: Mittlere Konzentrationen flüchtiger organischer Verbindungen auf dem Schwarzenberg und in Klingenthal bei unterschiedlichen Windrichtungen und Beschwerdesituationen.**

In Luftproben bei Süd-Ost- Wetterlagen sind deutlich mehr organische Verbindungen nachgewiesen worden, als in Luftproben aus West bis Nord-Wetterlagen. Insbesondere kann man gesichert von einer Zunahme der Konzentrationen von HFTCB und Nonanal ausgehen (Abbildung 4). Auffällig erhöht sind auch die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) im Mittel mit ca. 100 µg/m<sup>3</sup> - im Gegensatz zur Westwetterlage, bei der keine VOC nachgewiesen wurden (

- Abbildung 5).
- Es konnte aber keinen Zusammenhang zwischen Geruchsbeschwerden und den untersuchten geruchsrelevanten Stoffen gefunden werden.

### Geruchsproben in Klingenthal

Anströmung Nord-West: 3 Probenahmen

Anströmung Süd-Ost: 6 Probenahmen bei Geruchsbeschwerden  
20 Probenahmen ohne Beschwerden

Im November 2011 konnte zusätzlich ein Probenahmegerät in Klingenthal aufgestellt werden. Die Anströmung an der Messstelle ist durch die Tallage stark kanalisiert (Abbildung 6). Zusätzlich herrschte in knapp der Hälfte der Zeit Windstille (Windgeschwindigkeit <0.5 m/s).

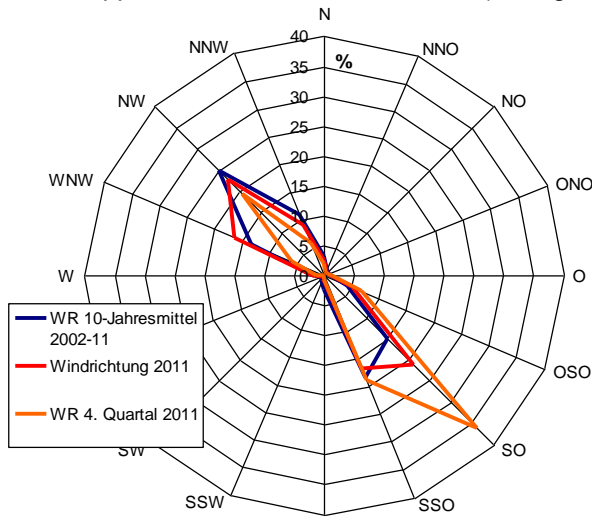


Abbildung 6: Vorherrschende Windrichtung in Klingenthal (Angaben in Prozent)

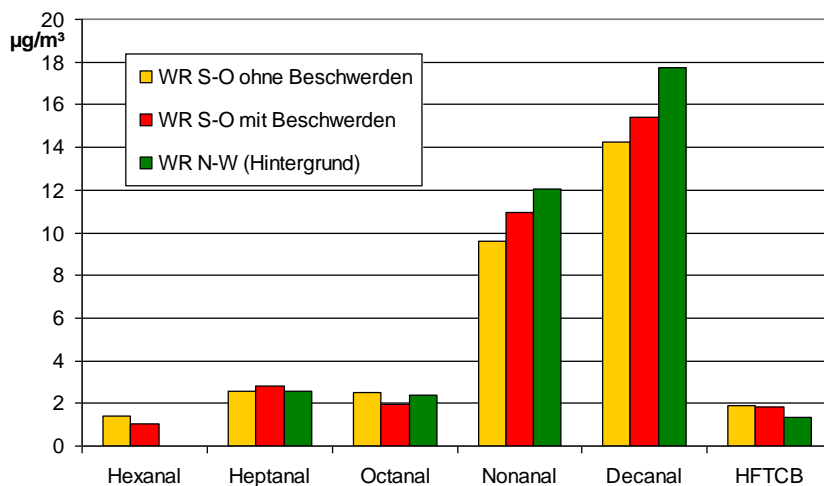


Abbildung 7: Mittlere Konzentrationen einiger ausgewählter Verbindungen in Klingenthal bei unterschiedlichen Bedingungen

- Die Mehrzahl der identifizierten Stoffe traten nur in einzelnen Proben auf. Für konkrete Aussagen reichen hier die Probezahlen nicht.

In Abbildung 7 sind die mittlere Konzentrationen einiger ausgewählter Verbindungen dargestellt, die in der überwiegenden Mehrzahl der Proben identifiziert werden konnten. Ein Unterschied zwischen den Wetterlagen Süd-Ost und Nord-West ist nicht erkennbar. Auch die Süd-Ost Wetterlage mit und ohne Beschwerden unterscheiden sich nicht. Das Gleiche gilt auch für die Konzentration flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) (

- Abbildung 5).
- Eine Ereignisschwelle wurde nur in zwei Fällen bei der Komponente Nonanal überschritten – bei Süd-Ost-Wetterlage einmal mit und einmal ohne Geruchsbeschwerde.
- Mit großer Wahrscheinlichkeit ist davon auszugehen, dass die untersuchten Stoffe nicht für die Geruchsbelastungen (Überwiegende Nennung: Katzendreck, Erdgas, Rauchgas) im Vogtland verantwortlich sind.

## Geruchsrelevante Stoffe

### Nonanal C<sub>9</sub>H<sub>18</sub>O

Nonanal gehört – wie z. B. auch Hexanal, Octanal, Pentanal Decanal zur Gruppe der Aldehyde. Diese Stoffe sind organische Lösungsmittel und werden für vielfältige Zwecke eingesetzt (Lacke, Farben, Dichtmittel, Klebstoffe, Holzwerkstoffe). Nonanal wird wegen seines blumigen citrusartigen Geruchs auch in Arzneimitteln und Duftstoffen verwendet. Der Geruch der einzelnen Aldehyde ist sehr unterschiedlich. Octanal wird z. B. ein ölig-fettiger Geruch zugeschrieben.

Diese Aldehyde haben eine reizende Wirkung auf Augen und Haut. Für Innenräume wurde für die Summe der C<sub>4</sub>-C<sub>11</sub>-Aldehyde ein Richtwert von 0,1 mg/m<sup>3</sup> vorgeschlagen /5/.

Wegen des breiten Einsatzbereiches könnte dieser Stoff sowohl bei seiner Herstellung als auch später bei der Produktion der Bauprodukte freigesetzt werden /5, 6/.

### Hexafluorterachlorbutan (HFTCB)

Dabei handelt es sich um eine Gruppe verschiedener Isomere. Beim Kontakt sind Reizungen von Haut, Augen und Atmungsorganen möglich. Bekannt ist der Einsatz von HFTB in der Wasseranalytik. Außerdem gibt es noch einige ältere Patente, bei denen HFTCB als Lösungsmittel für die Herstellung einzelner elektronischer Bauteile sowie eines Anstrichs zur Termitenabwehr erwähnt wird. Weitere aktuelle Einsatzfälle sind nicht bekannt. Nachfragen beim Großhandel ergaben keine weiteren Hinweise /7/.

### VOC

VOC werden bei der Herstellung und insbesondere nach der Anwendung lösemittelhaltiger Produkte in Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft, Haushalten und Verkehr (Enteisungsmittel für Flugzeuge und Kfz) freigesetzt. Weitere anthropogene Quellen sind Verbrennungsprozesse (Kraftwerke, Heizungen, Verkehr), VOC werden aber auch von Pflanzen freigesetzt. Bis auf wenige Ausnahmen – z. B. gilt Levoglucosan als Marker für die Verbrennung von Holz – können den zahlreichen Quellen keine bestimmten Stoffe zugeordnet werden.

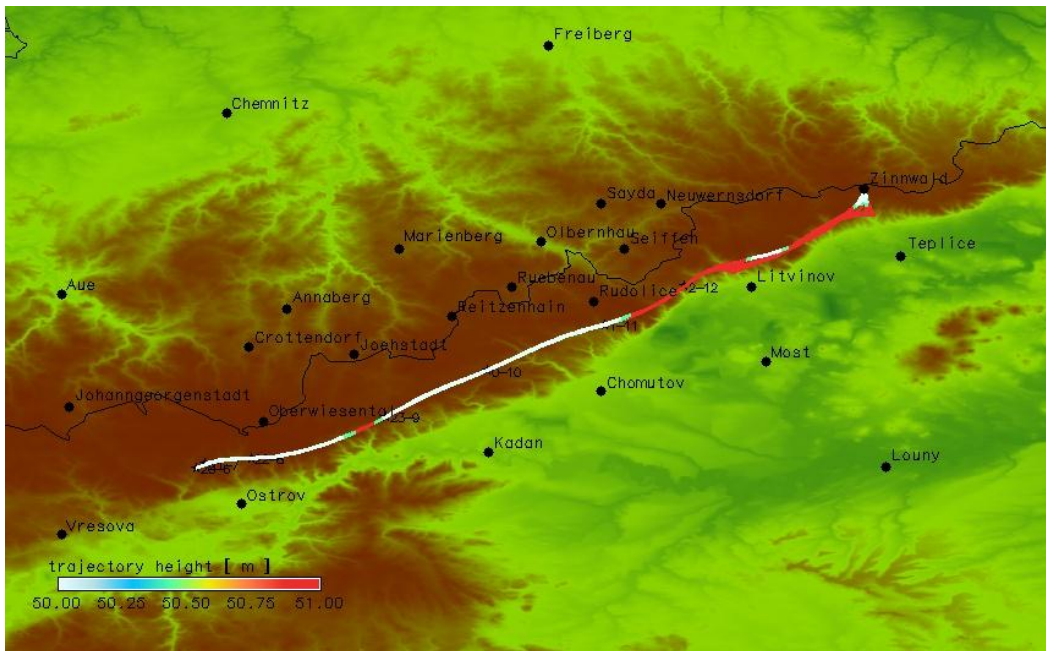
## Modellierung von Luftmassenbahnen bei Geruchsereignissen

Um die Herkunft der geruchsbelasteten Luftmassen und damit möglicher Emissionsquellen zu bestimmen, untersuchte das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung Leipzig e. V. (IfT) die Ausbreitung der Luftschadstoffe mit Hilfe von Computermodellen /8/ (siehe Box »Weiterführende Informationen«).

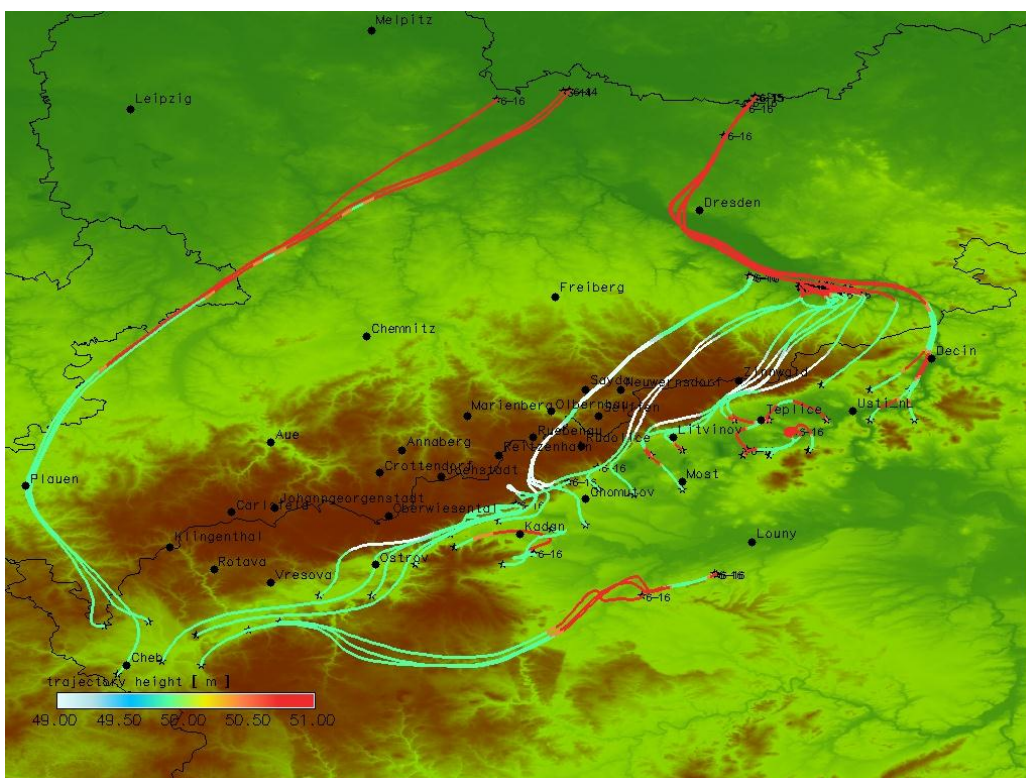
Rückwärtstrajektorie:

Bahn, die eine Luftmasse in einem bestimmten Zeitraum durchlaufen hat. Damit kann u. a. die Herkunft von Luftverunreinigungen eingegrenzt werden.





**Abbildung 8: Rückwärtstrajektorie vom 05. Januar 2010 (Höhe 50 m)** – Die Luftmassen, die am Vormittag zum Zeitpunkt der Geruchsbelastung in Zinnwald ankamen, haben sich die letzten 10 Stunden südlich entlang des Erzgebirgskamms bewegt. In dem Gebiet befinden sich zahlreiche Industrieanlagen und Kraftwerke. Auch Emissionen aus dem Hausbrand können zur Geruchsbelastung beigetragen haben (Tagestemperatur am 05. Januar :  $-10^{\circ}\text{C}$ ).



**Abbildung 9: Vorwärtstrajektorie am 18. Januar 2011 Start 06 Uhr (Höhe 50 m)** – Weitere Verfrachtung der Luftmassen von Orten simulierter diffuser Quellen südlich des Erzgebirgskamms. Einige Luftpakete verbleiben die folgenden 10 Stunden im Böhmischem Becken, andere Luftmassen fließen durch verschiedenen Taleinschnitte nach Sachsen.

Für fast alle Geruchsbeschwerden aus den Jahren 2010 und 2011 wurde ausgehend von den Orten der Beschwerden die Zugbahnen der Luftmassen bestimmt. Der Verlauf dieser Zugbahnen gab Aufschluss darüber, welche Gebiete die Luftmassen die vorangegangenen 10 Stunden in welcher Höhe passiert hatten (Beispiel: Abbildung 8). Die Berechnungen erfolgten auch bei außergewöhnlich hohen SO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf dem Schwarzenberg. Die Trajektorienbahnen wurden anschließend mit der Lage der drei bekannten Industriestandorte Litvínov (östlicher), Kadaň (mittlerer) und Vřesová (westliches Teil des Nordböhmischen Beckens) verglichen.

#### Vorwärtstrajektorien

Verfolgung der Bahn einer Luftmasse von einem bestimmten Punkt an.

Für lokalisierte Quellen z. B. bei Havariefällen wurde der Verlauf der Luftmassen, die sich zum Zeitpunkt des Ereignisses am Havarieort befanden, für die folgenden 10 Stunden modelliert. Des Weiteren wurden simulierte diffuse Quellen untersucht, um z. B. die Auswirkung verteilter Einzelquellen des Hausbrandes (mit heimischer stark schwefelhaltiger Kohle) und typische Strömungsmuster abzubilden (Abbildung 9).

#### Tracerrechnungen

to trace - eine Spur verfolgen

Eine weitere Methode, Luftmassenbewegungen zu simulieren, sind Tracerrechnungen. In diesem Fall wurden im Böhmischem Becken eine Vielzahl fiktiver Punktquellen verteilt, die einen Tracer oder auch Marker kontinuierlich emittierten. Mit dieser Methode ist eine Bewertung des Einflusses unterschiedlicher Quellregionen auf die Konzentrationen am Zielort möglich. Auch die Ausbreitung der Abluffahnen von Industriestandorten und die Stauwirkung des Erzgebirges kann mit Hilfe von Tracern gut sichtbar gemacht werden. Dazu wurden auch zusätzlich SO<sub>2</sub>-Konzentrationen modelliert. Im Gegensatz zu Trajektorien lässt sich aber hier der zeitliche Verlauf der Flugbahn der Luftpakete nur schwer zuordnen. Neben Flächenplots (Abbildung 19, Abbildung 20 im Anhang) und Zeitreihen wurden auch Animationen mit verschiedenen Quellhöhen erstellt.

#### **Ergebnisse:**

- Mittels Trajektorein- und Tracerrechnungen lassen sich Bahnen von Luftmassen gut bestimmen. Durch die Dichte der Industriestandorte im Böhmischem Becken sind Einzelquellen den Geruchsereignissen aber nicht eindeutig zuordenbar.
- Zusätzlich treten Geruchsbelastungen meist bei Schwachwindlagen mit südöstlichen Winden und Inversionen auf. Bei diesen Wettersituationen können sich die Luftmassen vor dem Gebirge stauen. Dieser Stau führt zu einem Schadstoffmix aus verschiedenen Industriequellen und auch des Hausbrandes. Die Luftmassen, die später aus dem Böhmischem Becken über Taleinschnitte oder bei Aufbrechen der Inversion nach Sachsen abfließen, enthalten diesen Schadstoffmix verschiedener Quellen.
- Von den drei Industriegebieten Litvínov, Kadaň, und Vřesová haben Luftmassen am häufigsten den Großraum um Litvínov (>67 %) passiert. Das Einzugsgebiet Großraum Litvínov umfasst aber alleine schon mehr als acht Kraftwerke und Anlagen der Chemieindustrie.

## Messflüge

Ziel des Projektes (Auftragnehmer: FH Düsseldorf, Labor für Umweltmesstechnik) ist die Untersuchung eines grenzüberschreitenden Transports schadstoffbelasteter Luft aus Polen und Tschechien. Neben Ferneintrag von Feinstaub sollen auch  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen in Gebieten mit grenznahen Kraftwerken und chemischen Anlagen u. a. im Böhmischem Becken analysiert werden. 2011 erfolgten als Machbarkeitsstudie die ersten fünf Messflüge. 2012 sind weitere Messflüge mit detaillierten Zielen geplant. Weiterführende Ausführungen – u. a. zur Messtechnik und zu den Flugrouten - sind im Untersuchungsbericht der Fachhochschule Düsseldorf, Bereich Umweltmesstechnik enthalten /9/.

### Erste Ergebnisse:

- Messungen der  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen waren im Böhmischem Becken auf Grund der Wettersituation nicht möglich. An allen Messtagen herrschte eine geschlossene Wolkendecke (Abbildung 10). Für 2012 sind entsprechende Untersuchungen eingeplant.
- Am 24. Oktober konnte der Messflug unterhalb der Wolkendecke erfolgen und ein starker Anstieg der  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen in Nähe von Kraftwerken nachgewiesen werden.
- Die am 3. und 4. November im Vogtland gemeldeten Geruchsbelastungen (Katzendreck), waren bei der Überfliegung des Gebietes an beiden Tagen ebenfalls wahrnehmbar (Mischung aus Braunkohlefeuer und süßlicher Geruch der Petrolchemie /9/).



**Abbildung 10: Geschlossene Wolkendecke über dem Böhmischem Becken am 3. November mit in Taleinschnitten einströmender Luft nach Sachsen (Foto: Fischer, /9/)**

## Beispielhafte Zusammenfassung von Messergebnissen für einzelne Tage

24. Oktober 2011

- 13 Beschwerden im Erzgebirge, keine Beschwerde im Vogtland

<b>Orte mit Beschwerden</b>	Seiffen, Olbernhau, Neuhausen, Pobershau, Haselbach
<b>Zeit der Beschwerden</b>	vormittags
<b>Art der empfundenen Belastung</b>	Industrieabgase, Schwefel
<b>Windrichtung</b>	Süd-Ost
<b>Bedeckungsgrad</b>	Geschlossene Wolkendecke über dem Böhmischem Becken

In Tabelle A1 im Anhang sind die Einzeldaten der Geruchsprobenahmen auf dem Schwarzenberg zusammengefasst. Erhöhte Werte wurden für Nonanal, VOC und HFTCB registriert. Der Ereignisschwellenwert für Nonanal wurde nachmittags bis abends überschritten. In Abbildung 11 ist der Tagesverlauf der kontinuierlich erfassten Schadstoffe  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ , Benzol, Toluol und Xylol abgebildet. Es wurden keine erhöhten Werte an diesem Tag registriert.

Die Rücktrajektorien in Abbildung 12 weisen auf das Herkunftsgebiet der Luftmassen. In Abbildung 19 (Anhang) sind die Tracerberechnungen und modellierten  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen für den Vormittags dargestellt. Man erkennt, dass (simulierte) schadstoffbelastete Luft über verschiedene Taleinschnitte nach Sachsen gelangt. Nach dem Modell werden aber keine bedeutenden  $\text{SO}_2$ -Konzentrationen verfrachtet, was durch die Messung auf dem Schwarzenberg auch bestätigt wurde.

Der Messflug registrierte unterhalb der Wolkendecke erhöhte  $\text{PM}_{10}$ -Konzentrationen (Abbildung 13). Für den 24.10.2011 wird angenommen, dass die Ursprung der Geruchsbelastung im Großraum Litvinov liegt. Ob die geplante Anlagenwartung bei UNIPETROL RPA aus Litvinov die Ursache war, ist nicht eindeutig auszumachen. Im Modell gelangten auch über andere Taleinschnitte belastete Luftmassen nach Sachsen, die aber in den betroffenen Gebieten nicht zu Geruchsbeschwerden führten.

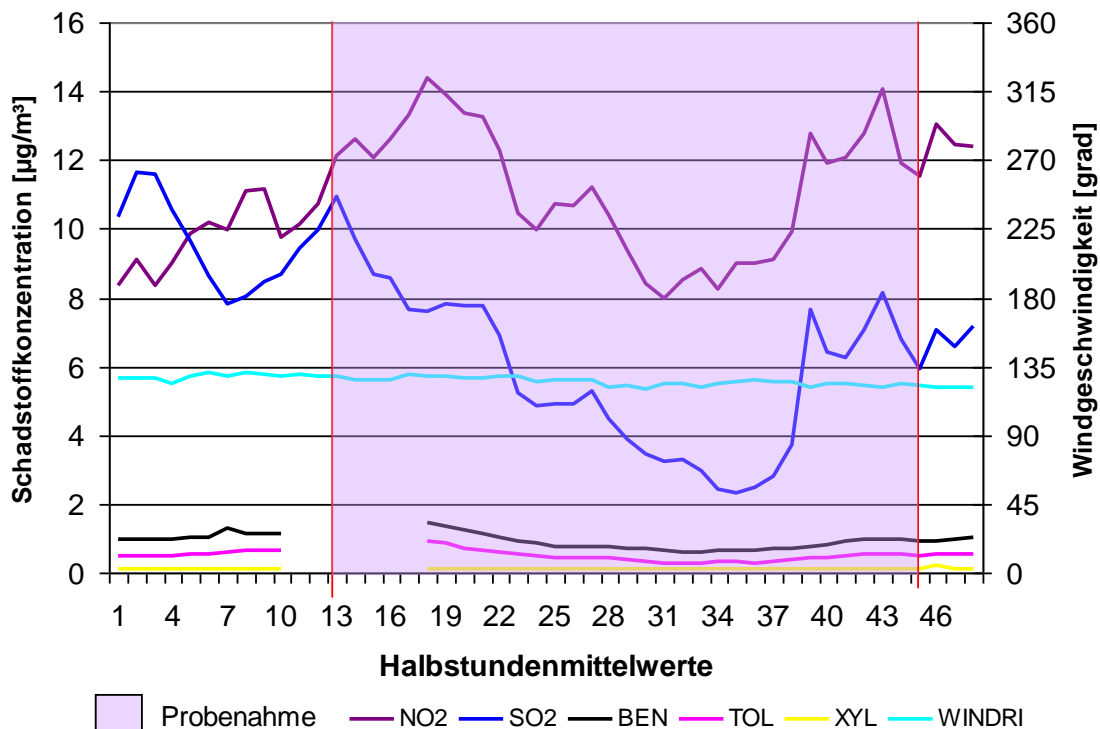
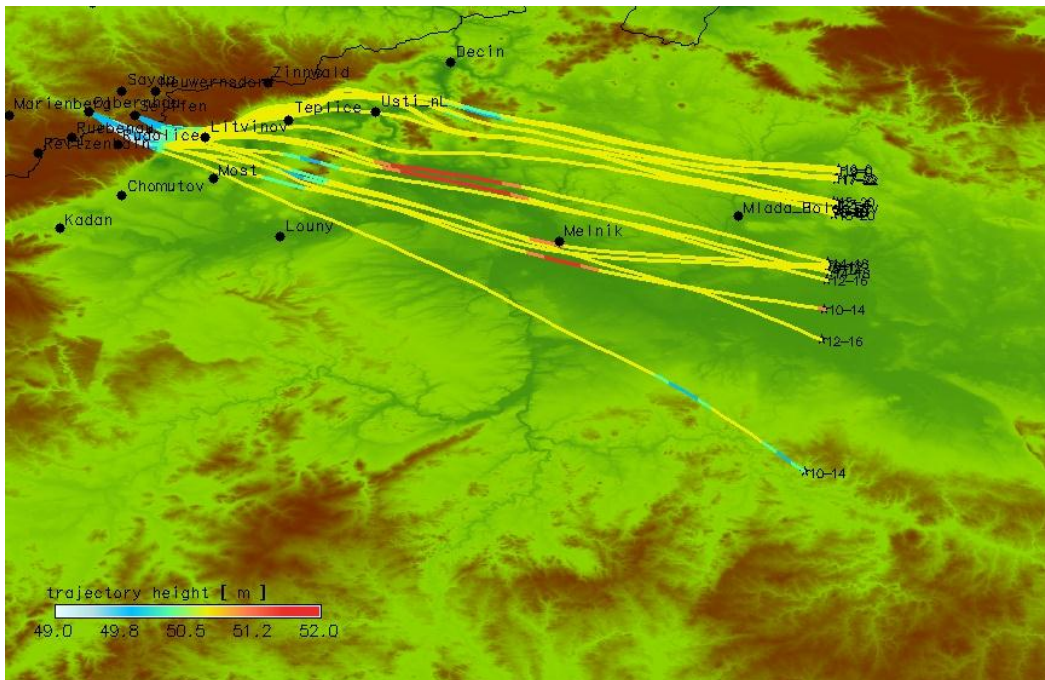
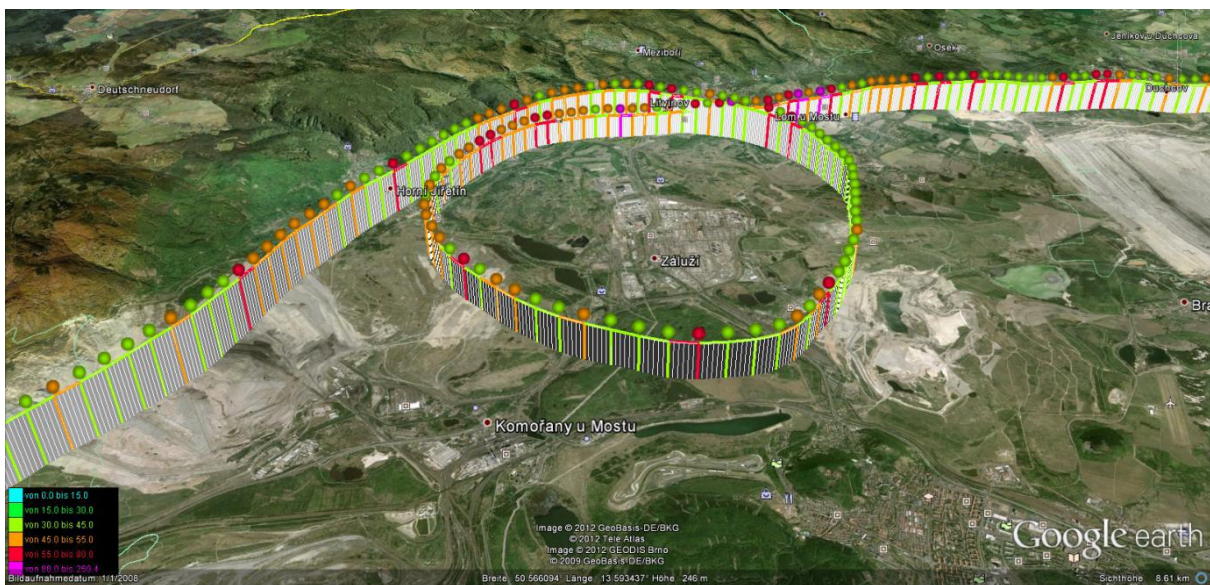


Abbildung 11: Windrichtung,  $\text{SO}_2$ -,  $\text{NO}_2$ -, Benzol-, Toluol- und Xylol-Konzentrationen am 24.10.2011 auf dem Schwarzenberg



**Abbildung 12: Rückwärtstrajektorien am 24.10.2011** - Bevor die aus Süd-Ost herankommenden Luftmassen Seiffen bzw. Olbernhau erreichen, passieren sie bodennah das Böhmisches Becken.



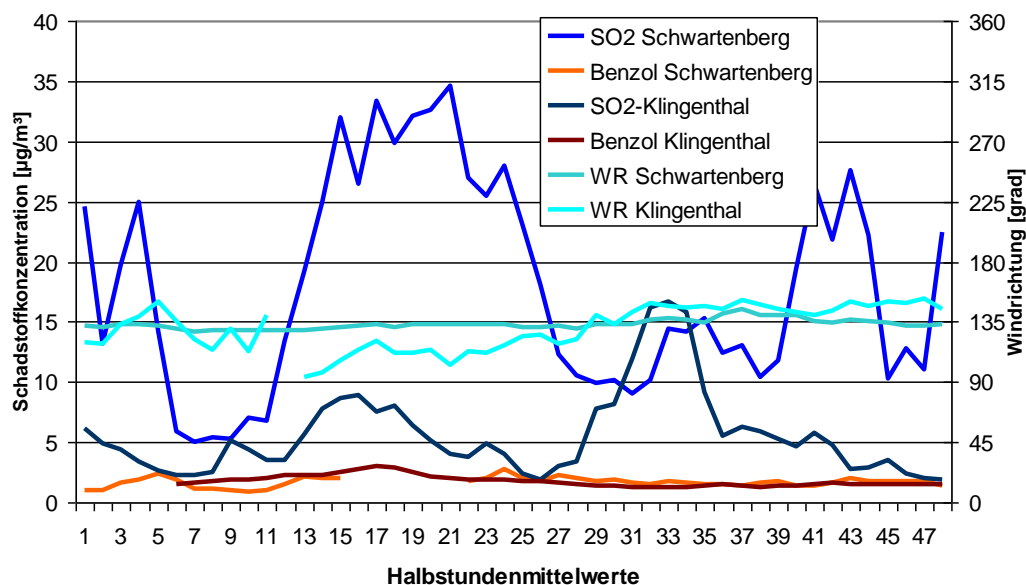
**Abbildung 13: Flugtrack mit  $PM_{10}$ -Konzentrationen über Nordböhmen, Raum Záluží am 24.10.2011** (/9/, Luftbild und Karte: Google earth)

## 02. November 2011

- 34 Beschwerden im Erzgebirge, 21 Beschwerden im Vogtland
- Tag mit den meisten Beschwerden 2011

<b>Orte mit Beschwerden</b>	<u>Erzgebirge:</u> Seiffen, Neuhausen, Olbenhau, Deutschneudorf, Deutscheinsiedel, Annaberg-Buchholz, Neuweinsdorf, Pobershau, Haselbach <u>Vogtland:</u> Zwota, Klingenthal, Markneukirchen, Bad Brambach, Bösenbrunn, OT Schönbrunn, Auerbach, Marieney, Plauen
<b>Zeit der Beschwerden</b>	ganztägig
<b>Art der empfundenen Belastung</b>	Schwefelwasserstoff, Rauchgas, Industriegase, Katzendreck
<b>Windrichtung</b>	Süd-Ost
<b>Windgeschwindigkeit in Klingenthal</b>	1 m/s
<b>Bedeckungsgrad</b>	geschlossene Wolkendecke über dem Böhmischem Becken

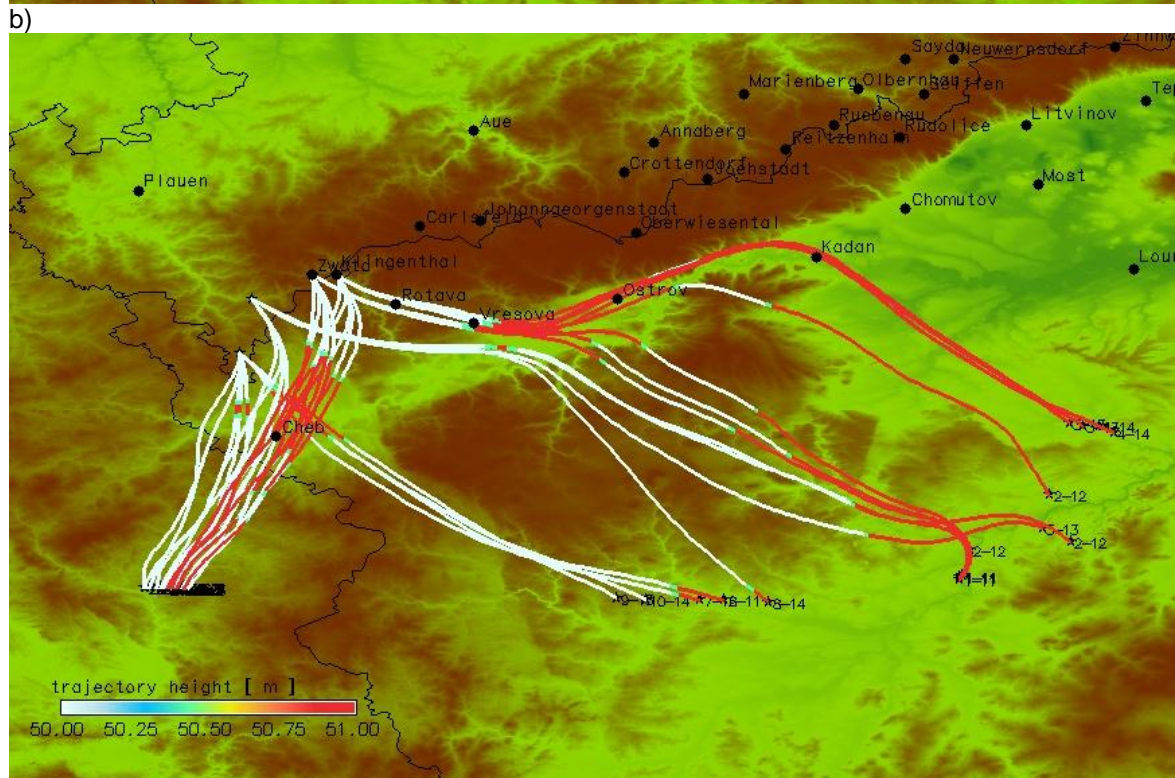
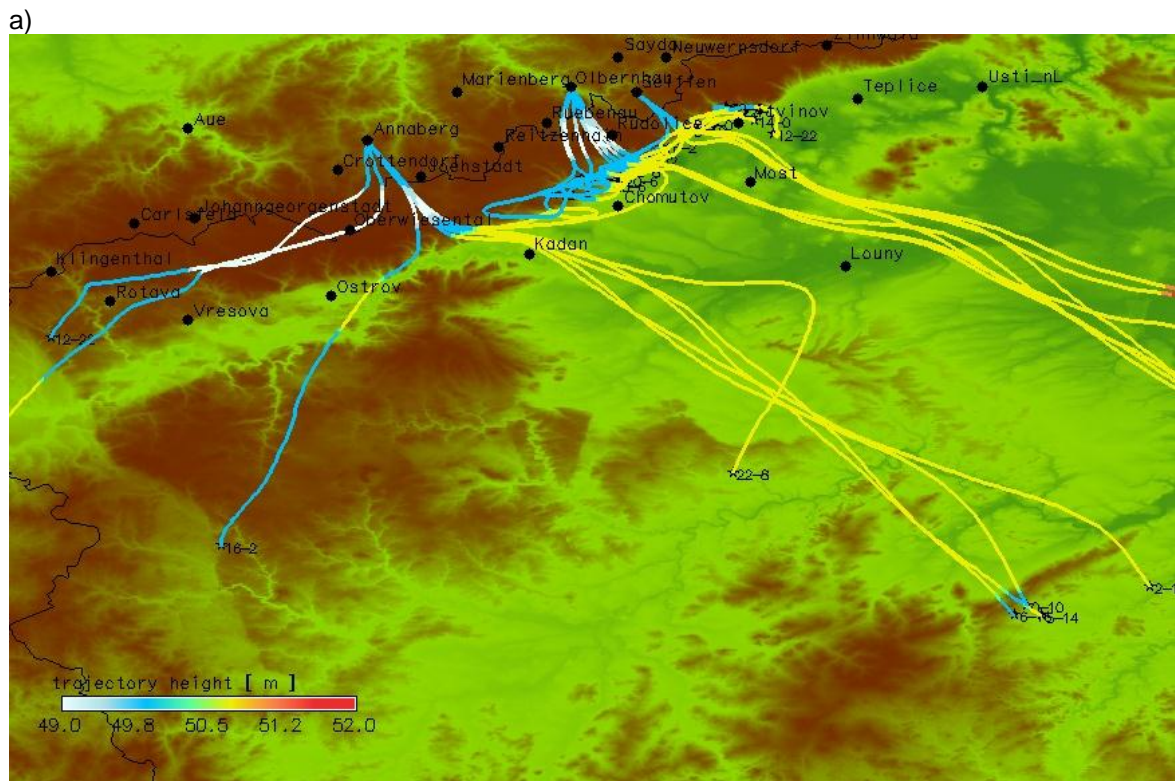
Eine Geruchsprobenahme war an diesem Tag auf Grund eines Softwarefehlers nicht möglich. Wie in Abbildung 14 zu sehen, sind die kontinuierlich gemessenen Luftschadstoffe am 02. November nicht auffällig.



**Abbildung 14: SO<sub>2</sub>- und Benzolkonzentrationen sowie Windrichtung am 02.11.2011 auf dem Schwartenberg und in Klingenthal**

Die Rückwärtstrajektorien in Abbildung 15 a) und b) zeigen unterschiedliche Quellgebiete. Die Orte um den Schwartenberg, wie Seiffen, Neuhausen, Olbenhau, Deutschneudorf, Deutscheinsiedel, werden von Luftmassen aus dem Großraum Litvínov beeinflusst. Dagegen stammen Luftpakete, die Annaberg-Buchholz erreichen, hauptsächlich aus dem Großraum um Kadaň und auch aus südwestlicher Richtung.

Ein Teil der im Lauf des Tages in Klingenthal und Markneukirchen ankommenden Luftmassen passierte die tschechischen Industriegebiete Kadaň und Vřesová. Andere Luftmassen kamen aus südwestlicher Richtung. Bad Brambach, wo es ebenfalls Beschwerden gab, wurde nicht durch die Industriegebiete Kadaň und Vřesová beeinflusst.



**Abbildung 15: Rückwärtstrajektorien am 02.11.2011**  
**(a) Endpunkt der Trajektorienbahnen Erzgebirge, b) Endpunkt der Trajektorienbahnen Vogtland)**

Die Tracersimulationen in Abbildung 20 (Anhang) zeigen, dass sich hohe Schadstoffkonzentrationen nachts und in den Morgenstunden im Böhmischem Becken sammelten. Im Laufe des Tages gelangten diese zum Einen im Bereich von Annaberg-Buchholz bis Neuhausen flächig über den Erzgebirgs-

kamm. Westlich davon bis zum Vogtland strömt am Tag diese schadstoffbelastete Luft durch einzelne Taleinschnitte nach Sachsen. Fotos und  $PM_{10}$ -Flugzeugmessungen vom 03.11.2011 (mit analogen meteorologischen Bedingungen und einer ähnlichen Beschwerdesituation) bestätigen das (Abbildung 16, Abbildung 17). Die Flugzeugmessung wurde im Bereich zwischen abfließender schadstoffbelasteter Luft und der unbelasteten Luft oberhalb der Inversion durchgeführt. In den Tälern konnte aus Sicherheitsgründen nicht gemessen werden. Über dem Tal um Markneukirchen war noch deutlich ein süßlicher, an Petrochemie und Braunkohlefeuer erinnernder Geruch wahrnehmbar.



**Abbildung 16: Klingenthal mit auf den Berghängen aufliegender Bewölkung am 03.11.2011**  
(Foto: Fischer /9/)



**Abbildung 17: Flugtrack mit  $PM_{10}$ -Konzentrationen um Markneukirchen und Klingenthal am 03.11.2011** (/9/, Luftbild und Karte: Google earth)



## Schlussfolgerungen und Ausblick

Zur Untersuchung der Herkunft der Geruchsbelastungen im Erzgebirge und im Vogtland wurden 2011 verschiedene Methoden angewandt. Trotz aller Bemühungen ist es dennoch bisher nicht gelungen, die Ursachen der Geruchsbelastungen eindeutig zu ermitteln.

Trajektorienberechnungen, Tracersimulationen und Flugzeugmessungen bestätigten die Annahme, dass das Erzgebirge und das Vogtland durch Luftmassen aus dem Böhmischem Becken beeinflusst werden. Bei bestimmtem Süd-Ost-Wetterlagen stauen sich die Luftmassen vor dem Erzgebirge und können sich mit Schadstoffen aus zahlreichen Industriestandorten und auch aus diffusen Quellen wie Hausbrand anreichern.

Durch die Vielzahl von möglichen Quellen, durch unterschiedliche Verweilzeiten der Luftmassen im Böhmischem Becken und durch luftchemische Umwandlungen ist ein genauer Ursprung der Belastungen - wie einzelne Industriestandorte – aber nicht nachzuweisen.

Gehäuft treten die Geruchsbeschwerden im Gebiet um Seiffen auf. Dieser Teil des Erzgebirges wird überwiegend durch den Industriestandort um Litvínov (mit Industrieansiedlungen in Litvínov, Lovosice, Most, Trmice, Ustin. L. Teplice, Melnik, Záluží) beeinflusst. Dagegen korrelieren Beschwerden aus dem Vogtland oft mit dem Eintrag von Luftmassen, die die Industriestandorte Kadaň und Vřesová pasierten.

Als Ursache für die Geruchsbelastung werden organisch-chemische Verbindungen in Spurenkonzentrationen<sup>2</sup> vermutet, die aber messtechnisch schwierig zu erfassen sind. Geruchsprobenahmen an der Luftmessstation Schwartenberg zeigen einen deutlichen Konzentrationsanstieg von Nonanal, HFTCB und VOC bei Süd-Ostwetterlagen gegenüber Westwetterlagen. Ein Zusammenhang mit den Beschwerden ist aber nicht zu erkennen. Die Auswertung der Geruchsproben aus Klingenthal ergab keine Unterschiede in den Konzentrationen der Spurenstoffe bei verschiedenen Wetterlagen und Beschwerdesituationen.

Es hat den Anschein, dass die bisher untersuchten Stoffe nicht für die Geruchsbelastungen verantwortlich sind. Die Ursachenanalyse für die Geruchsbeschwerden kann auf der Basis von Luftproben aber nur erfolgreich sein, wenn ein geruchsrelevanter Stoff nachgewiesen werden kann, der nur für eine oder wenige Quellen charakteristisch ist und über mehrere Tage in der Luft stabil bleibt. Dies ist wegen der Vielzahl möglicher Quellen, unvollständiger Kenntnisse über die tatsächlich emittierten Stoffe und die luftchemischen Umwandlungsprozesse sowie die Spezifik der Nachweisverfahren bisher nicht gelungen.

2012 werden die Messflüge im Erzgebirge/Vogtland und im Böhmischem Becken fortgesetzt mit dem Ziel, die Ausbreitung von Luftschadstoffen in der Umgebung von Industrieanlagen messtechnisch zu analysieren.

In Anbetracht der geografischen Bedingungen im Erzgebirge, das Nordböhmisches Becken mit einer Vielzahl von Emittenten grenzt an den steil ansteigenden Südhang des Erzgebirges an, muss insbesondere durch die meteorologischen Bedingungen in den Wintermonaten (häufiger Böhmischer Wind, Inversionen) auch in den nächsten Jahren mit Geruchsereignissen gerechnet werden. Die Anzahl und Häufigkeit der Geruchsereignisse unterliegt in Abhängigkeit der meteorologischen Bedingungen (Tage mit Inversionswetterlagen, Häufigkeit von Südost-Winden) jährlichen Schwankungen. Im Vergleich zu den 80er und 90er Jahren hat die Geruchsbelastung, aber auch der grenzüberschreitende Eintrag klassischer Luftschadstoffe, wie Schwefeldioxid, Staub und Benzol, deutlich abgenommen.

---

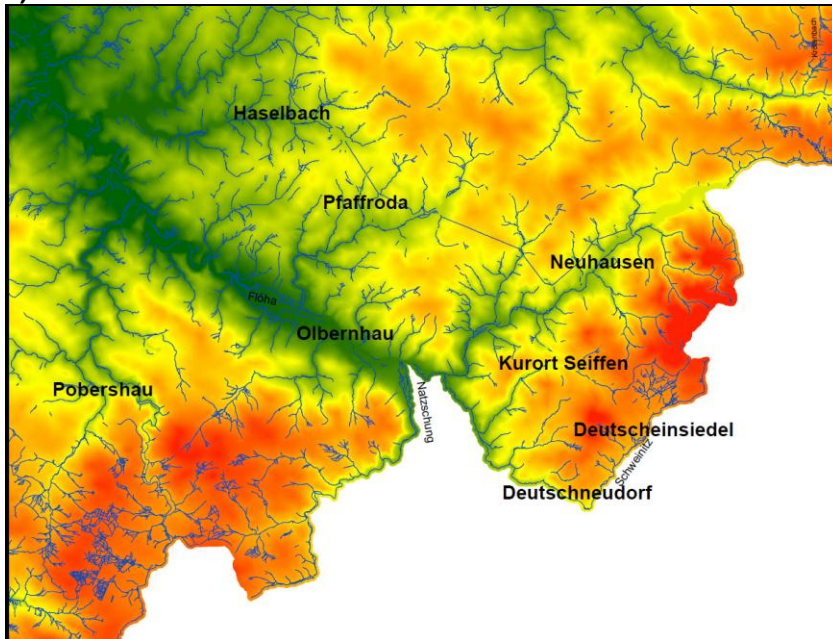
<sup>2</sup> Ein Zusammenhang zwischen der zeitweiligen Geruchsbelastung und gesundheitlichen Beschwerden konnte jedoch bisher nicht nachgewiesen werden (arztpraxisgestützten Gesundheitsbeobachtung, insbesondere von geruchsassoziierten Gesundheitsbeeinträchtigungen im grenznahen mittleren und östlichen Erzgebirge (1998 bis 2002); Auswertung bei über 430 Kindern in Kindergärten der Region in Bezug auf respiratorische Erkrankungen und Magen-Darm-Erkrankungen bei auftretender grenzüberschreitender Luft- und Geruchsbelastung (2006)).

## Literatur

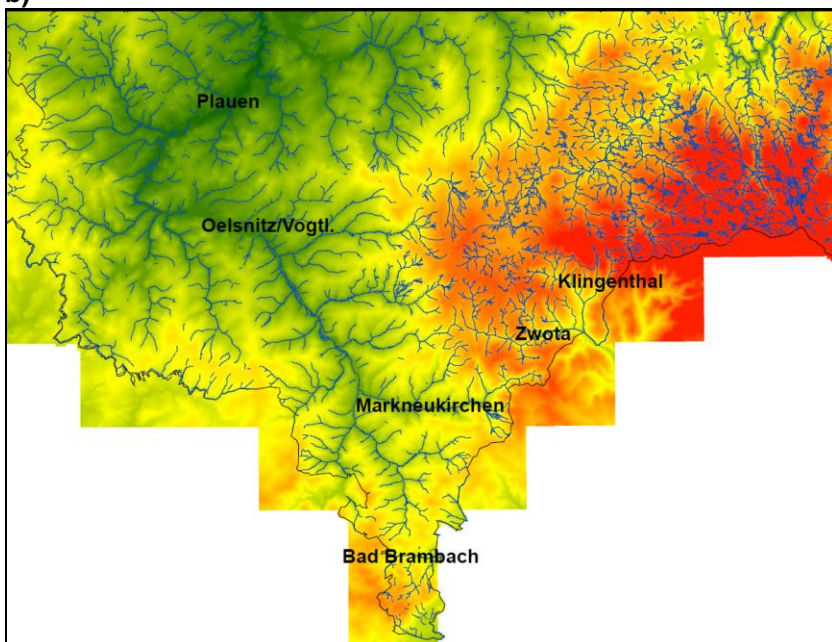
- /1/ [http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Fachbeitrag\\_Geruchsergebnisse-15.03.11.doc.pdf](http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Fachbeitrag_Geruchsergebnisse-15.03.11.doc.pdf), Download 22.03.2012  
Geruchsbelastungen im Erzgebirge - Analyse der Probenahmen von Geruchsstoffen 2010 LfULG
- /2/ E-PRTR: <http://prtr.ec.europa.eu/>, Download am 20.03.2012
- /3/ VO 166/2006/EG: REGULATION (EC) No 166/2006 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 January 2006 concerning the establishment of a European Pollutant Release and Transfer Register and amending Council Directives 91/689/EEC and 96/61/EC, Abl. L 33, 1;  
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2006:033:0001:0017:EN:PDF>
- /4/ Geruchsmessungen im Erzgebirge 2011 Ergebnisbericht, Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
- /5/ [http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/publikationen/ad-hoc/alkanale\\_c4-c11.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/gesundheit/publikationen/ad-hoc/alkanale_c4-c11.pdf), Download am 01.03.2012  
Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz 2009 · 52:650–659  
DOI 10.1007/s00103-009-0860-2, © Springer-Verlag 2009  
Richtwerte für gesättigte azyklische aliphatische C4- bis C11-Aldehyde in der Innenraumluft  
Mitteilungen der Ad-hoc-Arbeitsgruppe Innenraumrichtwerte der Innenraumluftthygiene-Kommission des Umweltbundesamtes und der Obersten Landesgesundheitsbehörden
- /6/ Stoffinformationen: <http://www.enius.de/schadstoffe/nonanal.html>, Download am 01.03.2012
- /7/ [http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty\\_EN\\_CB0480035.htm](http://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB0480035.htm), Download am 27.02.2012
- /8/ Ermittlung der Quellen von Gerüchen und hohen Schadstoffkonzentrationen im Erzgebirge über die Modellierung der Luftmassen, M. Jähn, R. Wolke, B. Sandig, E. Renner IfT, 21.12.2011
- /9/ Flugzeuggestützte Messungen in der Region Sachsen und den grenznahen Gebieten in Polen und der Tschechischen Republik, Prof. Dr. K. Weber, Fachhochschule Düsseldorf, Labor für Umweltmesstechnik, unveröffentlichter Bericht im Auftrag des LfULG, November 2011

## Anhang

a)



b)



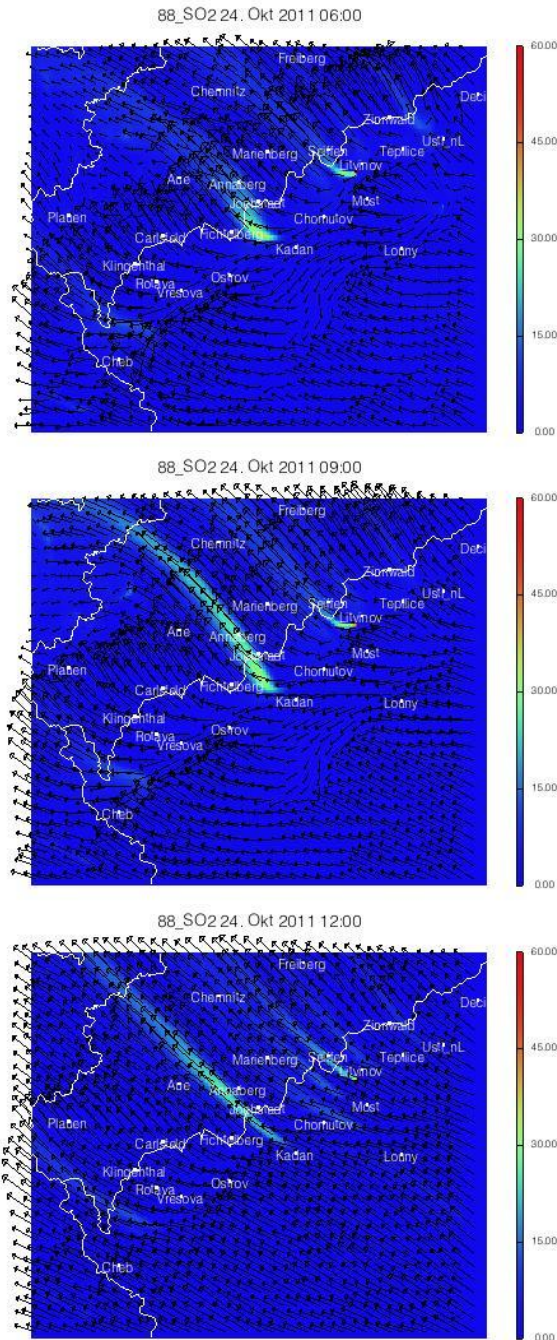
**Abbildung 18: Reliefkarten der Gebietsausschnitte mit den häufigsten Geruchsbeschwerden**  
a) Erzgebirge, b) Vogtland

Herausgeber: LfULG, Geobasisdaten: © 2011, Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN)

Tabelle A1: Messwerte Schwartenberg 24.10.2011

24.10.2011	Probenahmezeitraum	1. Probe	2. Probe
		05:50 bis 13:50 Uhr	14:20 bis 22:20 Uhr
Einheit		µg/m <sup>3</sup>	
Ereignis		Seiffen, Olbernhau, Neuhausen, Pobershau, Haselbach	
Beschwerden		13	
Ergebnis der Geruchspro- benahme	Benzol	3.0	2.2
	Toluol	1.8	.
	Hexanal	.	.
	Heptanal	1.4	2.0
	Octanal	4.3	4.8
	Nonanal	17.2	23.2
	Decanal	3.1	5.9
	Benzaldehyd	3.6	4.5
	Acetophenon	.	.
	Limonen	.	.
	1-Butanol	.	.
	Ethylhexanol	9.4	9.0
	Benzylalkohol	.	.
	6-Methyl-1-octanol	1.8	3.0
	2-Phenoxyethanol	.	.
	Hexamethylcyclotrisiloxan	3.7	.
	Octamethylcyclotetrasiloxan	1.4	1.1
	Decamethylcyclopentasiloxan	.	.
	Naphthalin	1.4	1.5
	Benzothiazol	4.0	1.4
	BHT und Isomere	.	.
	Cyclohexylisocyanat	.	.
	Cyclohexylisothiocyanat	.	.
	Dodecan	.	.
	Pentadecan	3.3	2.0
	Hexadecan	2.3	.
	Summe Hexafluortetrachlorbutan + Isomere	19.4	22.6
Summe VOC´s	94.1	93.2	
Meteorologie	Windrichtung in grad	125.0	124.0
	Windgeschwindigkeit in m/s	9.2	10.8
	Luftfeuchtigkeit in %	96.1	84.0
kontinuierliche Messung	SO <sub>2</sub> in µg/m <sup>3</sup>	7.4	4.6
	Benzol GC in µg/m <sup>3</sup>	1.0	0.8
	Toluol GC in µg/m <sup>3</sup>	0.6	0.4

a)



b)

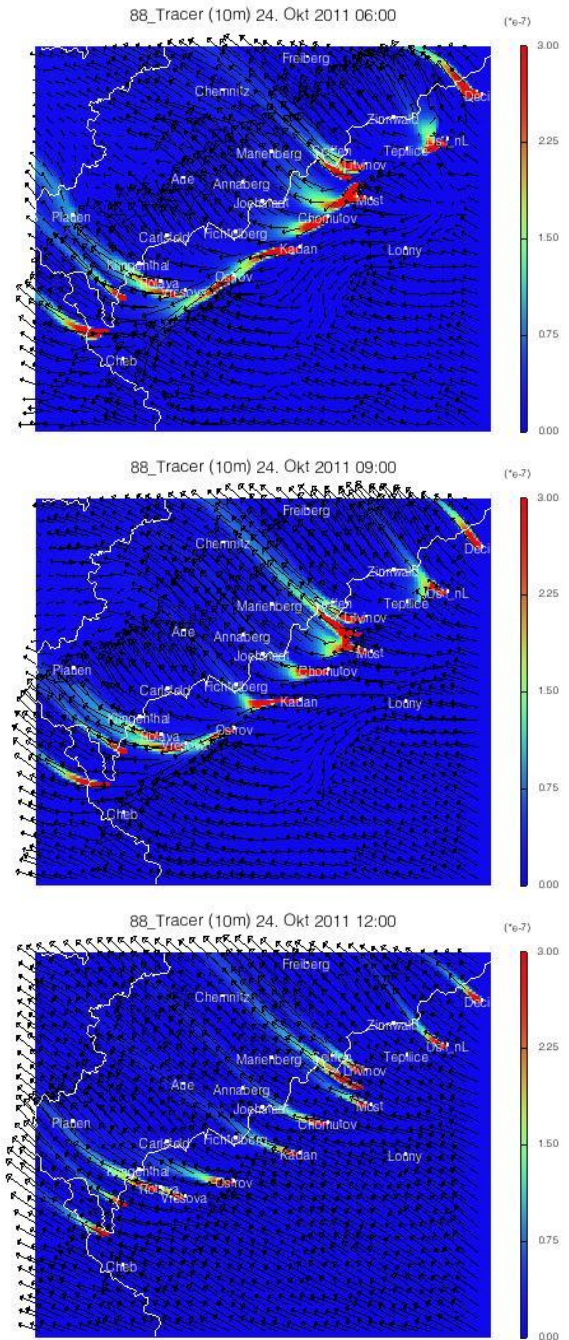
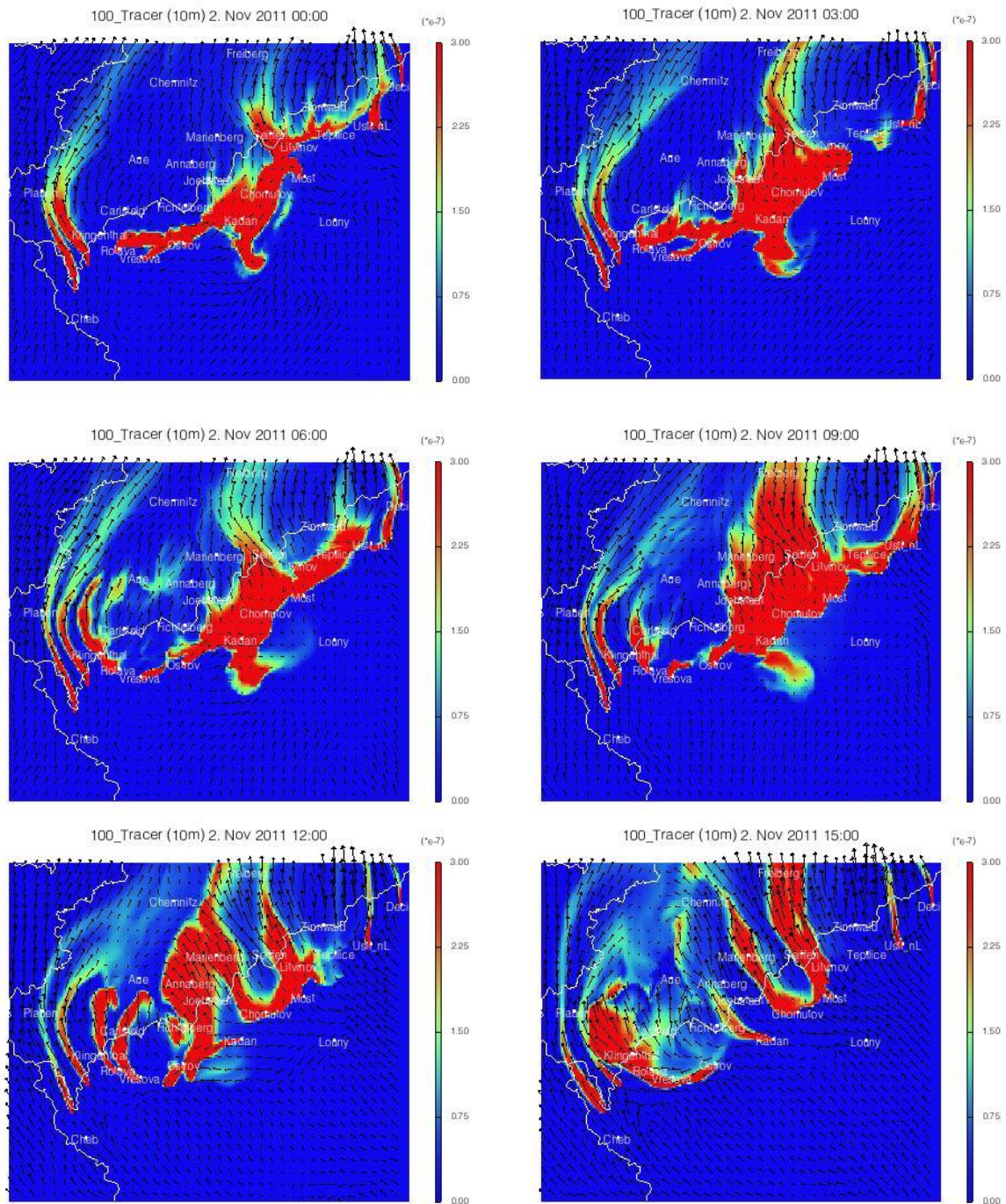


Abbildung 19: a) Modellierung der SO<sub>2</sub>-Konzentration am 24.10.2011 b) Tracersimulationen zur Veranschaulichung der Strömungsverhältnisse inklusive Windfelder



**Abbildung 20: Tracersimulationen und Windfelder am 02.November zur Veranschaulichung der Strömungsverhältnisse**