



Europäische Union. Europäischer
Fonds für regionale Entwicklung.
Evropská unie. Evropský fond pro
regionální rozvoj.



WISSENSCHAFTLICHER ABSCHLUSSBERICHT

OBJEKTIVIERUNG DER GERUCHSBESCHWERDEN IM ERZGEBIRGSKREIS UND BEZIRK ÚSTÍ – EIN BEITRAG ZUR URSACHENANALYSE UND UNTERSUCHUNG DER GESUNDHEITLICHEN FOLGEN

Förderprogramm: Kooperationsprogramm zur Förderung der grenzübergreifenden Zusammenarbeit zwischen dem Freistaat Sachsen und der Tschechischen Republik 2014-2020

Projektnummer / Antragsnummer: 100274582

Projektlaufzeit: 01.04.2016 – 30.06.2019

Projektpartner:

Technische Universität Dresden (Leadpartner), Forschungsverbund Public Health Sachsen

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V., Leipzig

Český hydrometeorologický ústav, Praha, pobočka Ústí nad Labem

Zdravotní ústav se sídlem, Ústí n.L.

Krajský úřad, Ústí nad Labem

Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz

AUTOREN

Technische Universität Dresden	Luise Heinrich, Jasmin Kadel, Martin Otto, Dr. Anja Zscheppang
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie	Dr. Gunter Löschau, Anja Mannewitz, Martina Straková,
Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V.	Maik Merkel, Prof. Dr. Alfred Wiedensohler
Český hydrometeorologický ústav Praha – pobočka Ústí nad Labem	Helena Plachá, Miroslav Bitter
Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem	Dr. Ivan Beneš, Jan Leníček, Jana Moravcová, Dr. Eva Rychlíková, Jiří Skorkovský, David Šubrt
Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz	Dr. Susanne Bastian

INHALTSVERZEICHNIS

Inhaltsverzeichnis	III
Abkürzungsverzeichnis	VI
Abkürzungen	VI
1 Einleitung.....	1
2 Forschungsstand	4
2.1 Geruchseignisse im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet.....	4
2.2 Studien zur Geruchsbelastung und den gesundheitlichen Folgen im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet	8
2.3 Teilprojekte und Forschungsfragen.....	9
3 Beschreibung des Untersuchungsgebietes.....	11
3.1 Sachsen	11
3.2 Tschechische Republik.....	12
3.3 Mögliche Quellen im Untersuchungsgebiet	12
4 Massnahmen und Messprogramm – Messmethodik und Durchführung.....	14
4.1 Standortcharakterisierung der Messstationen	14
4.1.1 Sondermessstation Deutschneudorf.....	15
4.1.2 Luftgütemessstation Lom (CZ).....	16
4.1.3 Luftgütemessstation Schwartenberg, Annaberg-Buchholz und Ústí nad Labem	18
4.1.4 Qualitätssicherung an den Stationen Deutschneudorf und Lom.....	21
4.2 Teilprojekt 1: Messung der Luftschadstoffe	23
4.2.1 Zeitlicher Ablauf der Messungen.....	23
4.2.2 Kontinuierliche Messungen.....	24
4.2.3 Sondermessungen.....	27
4.3 Teilprojekt 2: Probandenprogramm zur Messung und Dokumentation von Geruchseignissen	45
4.3.1 Dynamische Olfaktometrie DIN 13725.....	45
4.3.2 Geruchsprobandenprogramm	46

4.4	Teilprojekt 3: Einschätzung der Geruchsbelastung und Auswirkungen der Geruchsepisoden und Luftschadstoffe	48
4.4.1	Primärdatenanalysen.....	48
4.4.2	Sekundärdatenanalyse	56
4.4.3	Einfluss der Geruchsbelastung auf die Gesundheit von Kindergartenkindern	59
5	Geruchsmedlungen und Messergebnisse.....	59
5.1	Geruchseignisse und Luftschadstoffe	59
5.1.1	Signifikanten Geruchsmeldungen während der Projektlaufzeit.....	59
5.1.2	Meteorologie und Standardluftschadstoffe an den sächsischen und tschechischen Messstationen	62
5.1.3	UFP und PM ₁ -Ruß.....	75
5.1.4	Windrichtungsabhängige Probenahme.....	79
5.1.5	Passive Probenahmen	85
5.1.6	Volatile organische Verbindungen in der Luft in Lom, Deutschneudorf und Jeřabina	86
5.1.7	PM ₁₀ : Ökotoxikologische Tests.....	93
5.1.8	Mobiles und Stationäres Ionenmobilitätsspektrometer.....	95
5.1.9	Bioaerosole.....	109
5.1.10	Analyse der Geruchsquellen	121
5.2	Teilprojekt 2: Geruchsprobandenprogramm.....	126
5.2.1	Freiwillige Geruchsbeobachter (Probanden).....	126
5.2.2	Meldebögen.....	129
5.2.3	Geruchsmeldungen aus Sicht der Probanden	135
5.2.4	Meldungen über subjektive gesundheitliche Auswirkungen	154
5.2.5	Meldungen der Probanden aus der Region Karlovarský kraj	164
6	Teilprojekt 2: Zusammenführung der ERgebnisse der komplexen Signalanalyse ...	170
6.1	Rückwärtstrajektorien und Luftmassentransport.....	170
6.2	Analyse der Kanisterproben	177
6.3	Auswertung von Messergebnissen in bezug auf die Gesundheit – Auswertung von Geruchsepisoden.....	187

7	Einschätzung der Geruchsbelastung und Auswirkungen der Geruchsepisoden und Luftschadstoffe im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet	188
7.1	Ergebnisse der Primärdatenanalysen	188
7.1.1	Fokusgruppe mit Einwohnern und Fachöffentlichkeit.....	188
7.1.2	Befragungen	190
7.1.3	Fokusgruppen mit Experten.....	207
7.2	Ergebnisse der Sekundärdatenanalysen	209
7.2.1	Auswirkungen von Geruchsereignissen im Erzgebirge.....	209
7.2.2	Auswirkungen von Geruchsereignissen im Bezirk Most und Ústí nad Labem	215
7.3	Abwesenheit von Kindern in Kindergärten.....	221
7.3.1	Beschreibung der beobachteten Kindergruppe	221
7.3.2	Auswertung der Abwesenheit im Kindergarten wegen Erkrankungen der Atemwege.....	222
	Literaturverzeichnis.....	234
	Abbildungsverzeichnis	241
	Tabellenverzeichnis	251
	Anhänge	253
	Abbildungen.....	253
	Tabellen.....	276

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGEN

AGI	All glas impinger
BC	Black Carbon (Ruß)
BN	Böhmischer Nebel
BfUL	Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft
BTX	Benzol/Toluol/Xylol
CFCI	C ₂ -C ₄ chlorfluorierte Verbindungen
ČHMÚ	Tschechische Hydrometeorologische Institut in Prag
ČIŽP	Tschechischen Umweltinspektion/Česká inspekce životního prostředí
CA	Korrespondenzanalyse
CO ₂	Kohlendioxid
DMA	Differentieller Mobilitätsanalysator
DMS	Dimethylsulfid
DMSD	Dimethyldisulfid
DMSO	Dimethylsulfoxid
DND	Deutschneudorf
DNPH	Dinitrophenylhydrazin
EOS	extrahierte organische Stoffe
GC-MS	Gaschromatographie mit Massenspektrometrie-Kopplung
HPLC	Hochleistungsflüssigkeitschromatographie
HQ	Hazard Quotient
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
IMS	Ionenmobilitätsspektrometer
IQR	Interquartilsabstand
ITE	individual threshold estimates
JEŘ	Jeřabina
KBE	koloniebildende Einheiten
LfULG	Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
LOM	Lom bei Most
MAAP	Multi Angle Absorption Photometer

MALDI-TOF MS	Matrix assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry (Matrix-Assistierte Laser-Desorption-Ionisierung mit Flugzeitanalyse)
MCA	multikriterielle Entscheidungsanalyse
MEM	Minimum Essential Medium
MIBK	Methyl-isobutyl-keton
MPSS	Mobility Particle Size Spectrometer (Mobilitäts-Partikelgrößenspektrometer)
NO ₂	Stickstoffdioxid
OAV	OAV (odor activity value) - chemisch nachgewiesene Geruchsintensität, die in Gruchseinheiten ou (odour) angegeben wird – Geruchsaktivitätswert
PBS	phosphatgepufferte Kochsalzlösung
PCA	Hauptkomponentenmethode (Principal Component Analysis)
PM ₁	Particulate Matter (Feinstaub) (Partikel mit Durchmesser < 1,0 µm)
PM _{2,5}	Particulate Matter (Feinstaub) (Partikel mit Durchmesser < 2,5 µm)
PM ₁₀	Particulate Matter (Feinstaub) (Partikel mit Durchmesser < 10,0 µm)
PMF	Positive Matrix Factorization
PNC	Particle number concentration (Partikelanzahlkonzentration)
SO ₂	Stickstoffdioxid
TOL	Toloyl
TROPOS	Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V
TSA	Tryptose soya agar
UFP	Ultra fine particles (Ultrafeinstaub)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VOC	Volatile organic compounds (Flüchtige organische Verbindungen)
WST	Water soluble tetrazolium

1 EINLEITUNG

Luftqualität und Geruchsereignisse

Seit Beginn der neunziger Jahre hat sich die Luftqualität im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet deutlich verbessert. Die EU-Grenzwerte für Schwefeldioxid und Benzol zum Schutz der menschlichen Gesundheit werden an den Messstationen im Erzgebirge dank der Stilllegung oder Modernisierung der Industrieanlagen bzw. des Neubaus technisch-moderner Anlagen eingehalten.

Trotz allem beschwerten sich Anwohner im Erzgebirge immer wieder über starke, unangenehme Gerüche. Diese treten an einzelnen Tagen vor allem im Winter bei Wind aus südöstlicher Richtung häufig verbunden mit Inversionswetterlagen auf. Trotz jahrelanger Bemühungen und verschiedener Untersuchungen konnten den Geruchsereignissen bisher keine Einzelquellen zugeordnet werden. Nur in Einzelfällen gab es direkte Zusammenhänge zwischen Havarien und Reparaturarbeiten an Industrieanlagen im Böhmisches Becken und Geruchsereignissen.

Neben den Industrieanlagen im Böhmisches Becken wird als Quelle der Belastungen auch der Hausbrand in der Region vermutet. Die Wahrnehmungen betroffener Bürger sowie die Meldungen von Behörden haben ebenfalls gezeigt, dass es sich nicht nur um einen, sondern um verschiedene Gerüche handelt.

Notwendigkeit der Messungen

Im Winter 2014/2015 hatte die Beschwerdeanzahl im Erzgebirgskreis erneut deutlich zugenommen. Das Thema war deshalb in Presse und vor Ort wieder vermehrt im Fokus. Um die Untersuchung dieser Problematik zu erleichtern, haben die Behörden beider Länder bereits kurze Meldewege zwischen den einzelnen Behörden eingerichtet und stehen zudem in regelmäßigem Austausch. Möglichkeiten, Geruchsereignisse zu melden, bestehen auch auf tschechischer Seite. Diese werden jedoch wenig in Anspruch genommen. Daher stellt sich die Frage, ob im Böhmisches Becken Geruchsereignissen nicht in dem Ausmaß wahrgenommen werden bzw. welche anderen Gründe es für die geringe Anzahl an Geruchsmeldungen gibt.

Gerüche

Gerüche werden von Menschen bereits bei sehr geringer Geruchsstoffkonzentration wahrgenommen. Die menschliche Nase ist den Methoden der Geruchsanalytik überlegen, was die Messung der Gerüche im Erzgebirge und Vogtland erschwert. Es musste anhand

neuer und innovativer Messungen versucht werden, die Quellen, Inhaltsstoffe sowie deren gesundheitsschädliches Potential zu bestimmen.

OdCom

Dies war Aufgabe des Projektes OdCom („Objektivierung der Geruchsbeschwerden im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet – Ein Beitrag zur Ursachenanalyse und Untersuchung der gesundheitlichen Folgen“), welches im Zeitraum April 2016 bis Juni 2019 das Thema bearbeitete.

In diesem sächsisch-tschechischen grenzübergreifenden Projekt wurden die Geruchsergebnisse objektiviert, das toxische Risiko der Geruchsstoffe, die möglichen Quellen der Geruchsbelastung sowie die Wahrnehmung der Geruchsbelastung und die gesundheitlichen Risiken im grenznahen sächsisch-tschechischen Gebiet einer Analyse unterzogen.

Es wurde ein umfangreiches und innovatives Messprogramm erstellt und durchgeführt. Dieses basierte auf den aktuellen wissenschaftlichen Kenntnissen. Das Messprogramm bestand aus drei Teilstudien. Die Messungen wurden sowohl auf sächsischer Seite als auch in der Tschechischen Republik durchgeführt. In das Projekt wurde die Bevölkerung einbezogen.

Teilstudie 1: Messung von Luftschadstoffen und Geruch

Im Rahmen der Teilstudie 1 wurden Luftschadstoffe, darunter auch ultrafeine Partikel und PM₁-Ruß gemessen. Des Weiteren fanden stationäre und mobile Messungen mit dem Ionmobilitätsspektrometer statt. An ausgewählten Tagen mit Geruchsmeldung wurde die Schadstoffausbreitung untersucht, um auf die Quelle schließen zu können. Ökotoxikologische Tests dienten dem Vergleich der Zytotoxizität an Luftpartikel gebundener organischer Verbindungen. Die Analyse von Bioaerosolen dienten dem Ausschluss, dass berichtete gesundheitliche Folgen beispielsweise auf Bakterien, Pilze oder Sporen zurück zu führen sind. Durch die Analyse von Carbonylverbindungen und flüchtigen organischen Verbindungen wurde versucht, auf die Quelle des Geruches zu schließen.

Teilstudie 2: Probandenprogramm

Die Bevölkerung wurde im Rahmen der Teilstudie 2, dem Probandenprogramm, aktiv (insbesondere in den Herbst- und Wintermonaten) einbezogen. Grundlage für die Datenauswertungen waren die Angaben der Proband/-Innen. Es wurden Tage mit Gerüchen und gesundheitlichen Beschwerden in Meldebögen erfasst. Durch die Verwendung von Kanistern konnte die darin enthaltene Luft auf chemische Stoffe analysiert werden.

Teilstudie 3: Epidemiologische Studie

In Teilstudie 3 wurden subjektive Daten durch qualitative (Diskussionen) und quantitative Methoden (Befragungen der Bevölkerung) erhoben, um Aussagen über die Wahrnehmung von Gerüchen und den empfundenen gesundheitlichen Folgen in der Bevölkerung machen zu können. Erhebliche Beschwerden des Atemwegs- und Herzkreislaufsystems sowie des Gastrointestinaltraktes könnten zu einer Krankenhauseinweisung und im schlimmsten Fall zum Versterben des Patienten führen. Mittels der Daten der Krankenhaus- und Todesursachenstatistik konnte das Risiko der Geruchs- und Luftschadstoffbelastung berechnet werden.

Gliederung des Wissenschaftlichen Abschlussberichtes

Kapitel 2 beschreibt den Forschungsstand und geht dabei auf Geruchsereignisse und bisherige Studien kurz ein.

Kapitel 3 beinhaltet Informationen zum Untersuchungsgebiet.

Kapitel 4 gibt einen Überblick über die Messmethoden. Es beschreibt, was gemessen wurde und wie diese Messungen durchgeführt wurden.

Kapitel 5 stellt die Ergebnisse der Teilstudien 1 und 2 dar.

Kapitel 6 fasst Messergebnisse in einer komplexen Signalanalyse zusammen.

Kapitel 7 widmet sich der Wahrnehmung der Geruchsereignisse und den subjektiven und objektiven Folgen.

Kapitel 8 fasst die wichtigsten Ergebnisse zusammen.

2 FORSCHUNGSSTAND

Das Kapitel 2 stellt die jährlich auftretenden Geruchsereignisse im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet vor und geht des Weiteren auf das Belästigungs- und krankmachende Potential von Gerüchen allgemein ein. Für einen Überblick über den aktuellen Wissensstand zur Geruchsbelastung werden Ergebnisse bisheriger Studien präsentiert. Im Anschluss wird auf die Teilprojekte und Forschungsfragen des Projektes OdCom eingegangen.

2.1 GERUCHSEREIGNISSE IM SÄCHSISCH-TSCHECHISCHEN GRENZGEBIET

Die Luftqualität im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet hat sich seit Beginn der neunziger Jahre deutlich verbessert. Dennoch kommt es im Erzgebirgskreis, Kreis Mittelsachsen, Vogtlandkreis und vereinzelt im Kreis Sächsische Schweiz-Osterzgebirge nach wie vor immer wieder zu großräumigen Geruchsbelastungen. Diese treten vor allem in den Herbst- und Wintermonaten bei süd-östlichen Windrichtungen, Hochdruck-Wetterlagen über Mitteleuropa und stabilen Luftschichten mit Temperaturumkehrung, so genannten Inversionswetterlagen, auf.

Ursachen dieser Geruchsbeschwerden auf sächsischer Seite sind vermutlich die zahlreichen Anlagen im nordböhmischen Industriegebiet. Zwischen dem Tal des Flusses Eger und dem Becken von Most befinden sich nach Angabe des European Pollutant Release and Transfer Register (E-PRTR) circa 100 berichtspflichtige Industrieanlagen. Aber auch Kleinf Feuerungsanlagen der Wohnhäuser beiderseits der Grenze, die mit Festbrennstoffen (z. B. Holz, Kohle) betrieben werden, tragen zu den Geruchsbelastungen bei. An der Luftgütemessstation auf dem Schwarzenberg lassen sich dann auch kurzzeitig leicht erhöhte Konzentrationen von Standardluftschadstoffen wie Schwefeldioxid und Benzol messen (Abb. 1). Vorgegebene Grenzwerte werden im Allgemeinen aber nicht überschritten.

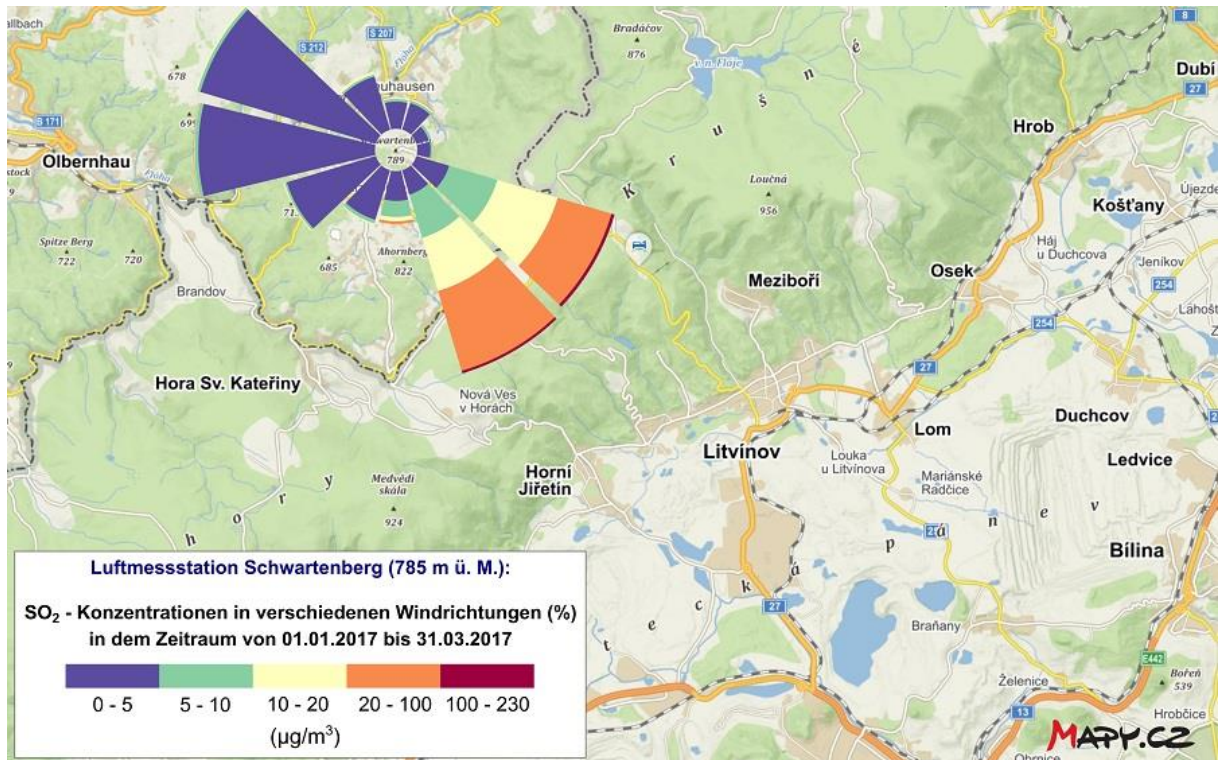


Abb. 1: Häufigkeit der SO₂-Konzentration nach Windrichtung und Konzentration gemessen auf dem Schwartenberg Januar – März 2017. Quelle: ZÚ Ústí.

Es gibt zwei Möglichkeiten, eine Geruchsbeschwerde dem Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) zu melden. Entweder die betroffene Person ruft beim „Geruchstelefon“ an und lässt anschließend den Fragebogen von einem Mitarbeiter des LfULG ausfüllen oder die Person füllt den Fragebogen zur Geruchsbelastung direkt online aus und schickt ihn an das LfULG.

Die Geruchsbelastung erreichte in den Herbst- und Wintermonaten 2014/15 mit 1.304 Beschwerden ihren Höhepunkt. Im folgenden Winterhalbjahr sank die Beschwerdezahl auf 569 Beschwerden. Die Abb. 2 zeigt die Anzahl der Einzelbeschwerden sowie die Beschwerden von September bis April für das Erzgebirge (Erzgebirgskreis, Kreis Mittelsachsen, vereinzelt Sächsische Schweiz - Osterzgebirge) und das Vogtland (Vogtlandkreis). Die **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die räumliche Verteilung der eingehenden Beschwerden auf sächsischer Seite.

Das Erzgebirge war mit 1.154 Geruchsbeschwerden an insgesamt 141 Tagen im Jahr 2014 sowie mit 923 Geruchsbeschwerden an 157 Tagen im Jahr 2015 die am stärksten von Geruchsbelastung betroffene Gegend im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet. Im Vogtland wurde 2014 an 15 Tagen und 2015 an 29 Tagen mindestens ein Geruchsereignis gemeldet. In den Jahren 2010 bis 2016 gab es nach Angaben der Bevölkerung im Erzgebirge an zwei bis 29 Tagen ein Geruchsereignis (Abb. 4). An diesen Tagen gingen mindestens zehn

Geruchsbeschwerden beim LfULG ein. Insbesondere 2014 und 2015 lag diese Anzahl mit 28 bzw. 29 Tagen extrem hoch. Im Vogtland liegt die Anzahl an Tagen mit mindestens zehn Geruchsbeschwerden durchgängig niedriger als im Erzgebirge.

In der Tschechischen Republik werden Geruchsereignisse und Belastungen in der Bevölkerung nicht in dem Maße thematisiert wie im sächsischen Gebiet. Eine zentrale Anlaufstelle, um ein aufgetretenes Geruchsereignis zu melden, gibt es in der Tschechischen Republik nicht. Bürger haben die Möglichkeit, sich beim örtlichen Rathaus, dem Bezirksamt oder der Tschechischen Umweltinspektion (ČIŽP = Česká inspekce životního prostředí) zu melden.

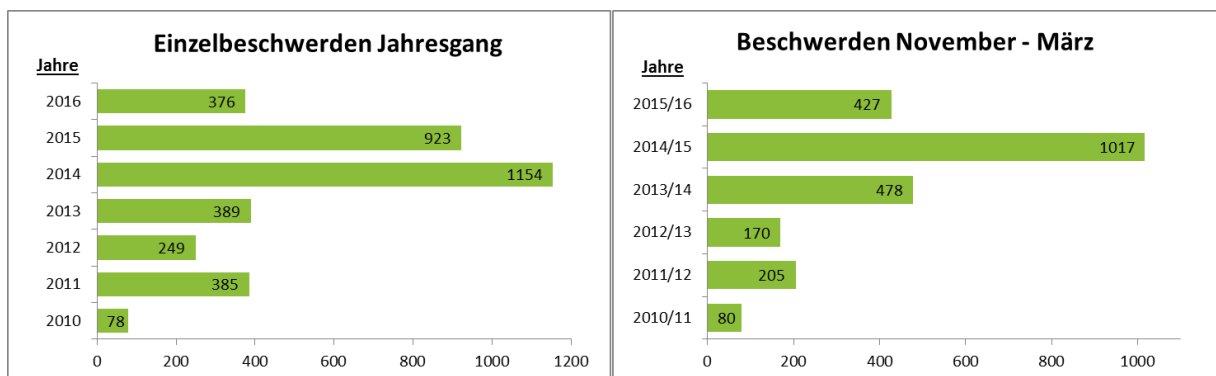


Abb. 2: Anzahl der Geruchsbeschwerden von 2010 bis 2016 und Anzahl der Geruchsbeschwerden von in den Wintermonaten November bis März 2010 bis 2016 in der Erzgebirgsregion.

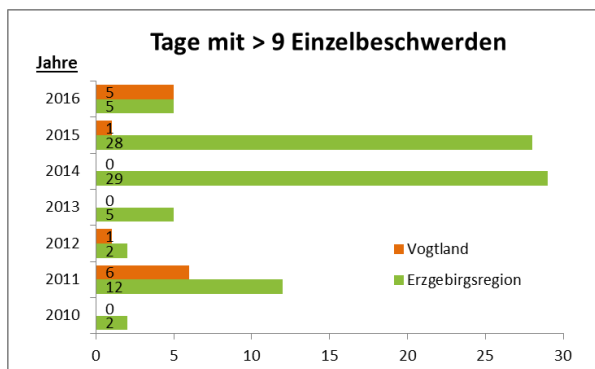


Abb. 3: Anzahl der Beschwerdetage ab 10 Einzelbeschwerden in der Erzgebirgsregion (Gemeinden aus Erzgebirgskreis, Mittelsachsen und Sächsische Schweiz – Osterzgebirge).

Häufig nimmt der Mensch bereits Gerüche wahr, die schon bei geringster Konzentration von Stoffen ausgelöst werden, aber nicht gesundheitsschädlich sind. Unangenehme Ge-

rüche nimmt die Bevölkerung des Erzgebirges und Vogtlandes als Störung des Wohlbefindens und als Ursache für diverse Krankheitssymptome und Erkrankungen wahr. Diese Gerüche führen nach Aussagen der Betroffenen zu allgemeines Unwohlsein, Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und Schwindelgefühl. Die Betroffenen litten während der Geruchsereignisse im Jahr 2015 über Symptome der Atemwege (192-mal genannt), über Magen-Darm-Symptome (227-mal genannt) sowie an Kopfschmerzen (263-mal genannt).

An der Luftmessstation Schwartenberg im Erzgebirge werden die Standardluftschadstoffe gemessen, die in der Europäischen Richtlinie 2008/50/EG über Luftqualität und saubere Luft für Europa festgelegt sind, wie Schwefeldioxid, Stickoxide, Benzol und PM₁₀. Obwohl die Anzahl der Geruchsbeschwerden mit dem Anstieg der Konzentrationen verschiedener Schadstoffe erkennbar einhergeht, werden die gesetzlichen Grenzwerte für die Luftqualität immer eingehalten. Das Vorkommen der Geruchsbeschwerden kann aber nicht allein auf den Anstieg der Konzentrationen dieser Schadstoffe zurückgeführt werden, da deren gemessenen Konzentrationen unterhalb der Geruchsschwellen liegen. Als Ursache für die Gerüche werden eher organisch-chemische Verbindungen angenommen, die in Spurenkonzentration geruchsrelevant auftauchen können, messtechnisch jedoch eher schwierig zu erfassen sind. Weiter deuten die Wahrnehmungen betroffener Bürger darauf hin, dass es sich um verschiedene Gerüche handelt. Neben dem so genannten »Katzendreck« sind dies Gerüche aus der petrochemischen Industrie (Mineralöl, Teer, Kunststoffe), Schwefelwasserstoff, Rauchgase und Gerüche aus der Landwirtschaft.

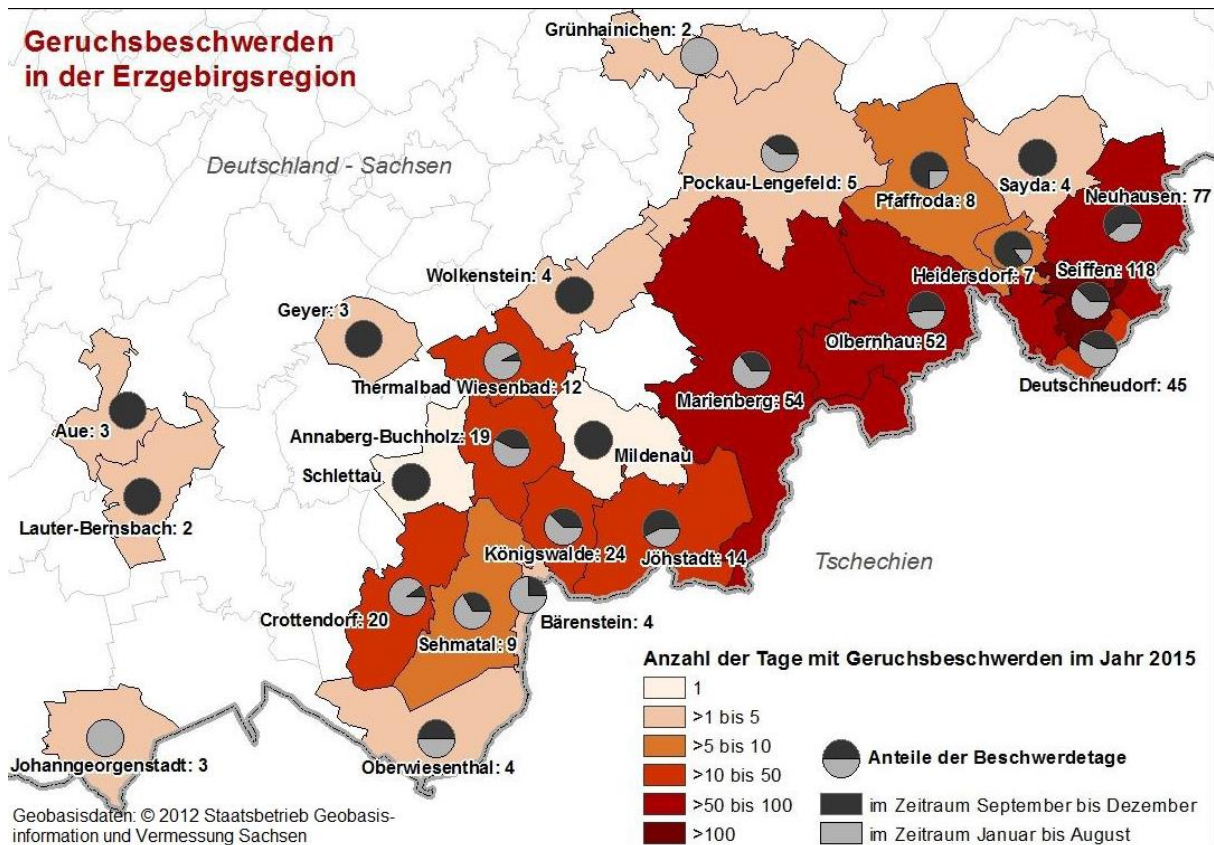


Abb. 4: Geografische Entwicklung der Geruchsbeschwerden auf sächsischer Grenzseite im Jahr 2015.

2.2 STUDIEN ZUR GERUCHSBELASTUNG UND DEN GESUNDHEITLICHEN FOLGEN IM SÄCHSISCH-TSCHECHISCHEN GRENZGEBIET

Seit den 1990er Jahren werden bereits Studien durchgeführt, die 1) die Geruchsereignisse objektivieren und 2) die gesundheitlichen Folgen für die Bewohner/-innen des Erzgebirges und Vogtlandes einschätzen sollen. Die Studien wurden durch das Sächsische Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz und das Sächsische Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft durchgeführt oder durch diese an Dritte als Auftrag vergeben.

Die Studien reichten von umweltmedizinischen Informationen und Aufklärung über die regelmäßig auftretenden Geruchsereignisse bis zur Berechnung der Herkunft der Geruchsereignisse. Studien versuchten geruchsrelevante Stoffe und die genauen Verursacher mittels unterschiedlicher Methoden zu bestimmen.

Im Jahr 2015 wurden Messungen von Mercaptanen durchgeführt, die als Ursache für Geruchsbeschwerden vermutet wurden. Obgleich es teils einen zeitlichen Zusammenhang

zwischen südöstlicher Windrichtung, höherer Schwefeldioxid- und Benzolkonzentration und berichteten Geruchsmeldungen gab, konnten Schwefeldioxid und Benzol nicht als Verursacher für die Geruchsereignisse ausgemacht werden, da deren Konzentration unter der Geruchsschwelle lag (Kath, H. G. et al., 2016).

Mittels der Analyse von Luftmassenbewegung sollte der Ursprung der Geruchsereignisse bestimmt werden. Aufgrund der Vielzahl der Quellen im Böhmisches Becken, durch unterschiedliche Verweildauer der Luftmassen im Böhmisches Becken sowie luftchemische Umwandlungen kann keine genaue Aussage über den einzelnen Industrieort ausgemacht werden (Pausch, A. & Hausmann, A., 27.04.2012).

Von 2002 bis 2004 boten die Landesuntersuchungsanstalt Sachsen in Zusammenarbeit mit den Gesundheitsämtern im Erzgebirge umweltmedizinische Untersuchungen an. Die Bevölkerung konnte bei auffälligem Symptomen (wie Durchfall, Erbrechen) Stuhlproben bei Gesundheitsbehörden abgeben. Konnte keine infektiöse Erkrankung nachgewiesen werden, war eine Geruchsbelastung als Ursache nicht auszuschließen (Böhm, 2015; Hopf, M. et al., 2006). Eine weitere Studie erfasste in den ersten vier Monaten im Jahr 2006 krankheitsbedingte Fehltagen in Kindertageseinrichtungen in Orten mit einer hohen Anzahl an Geruchsmeldungen (Seiffen, Deutschneudorf, Olbernhau, Heidersdorf). Eltern und Erzieher dokumentierten das Auftreten von akuten respiratorischen und Magen-Darm-Erkrankungen bei den Kindern. Ein statistischer Zusammenhang zwischen berichteten Fehltagen und dem Vorliegen einer südöstlichen Windrichtung wurde nicht gefunden (Hopf M. et al., 2006).

Die Studie zur Geruchsbelastung und den gesundheitlichen Folgen, durchgeführt durch die Technische Universität Dresden im Auftrag des Sächsischen Staatsministeriums für Gesundheit und Verbraucherschutz, zeigt, dass Zusammenhänge von Geruchsbelastung und Erkrankung nicht vollständig auszuschließen sind. So besteht ein teilweise höheres Risiko an Tagen der Geruchsbelastung stationär behandelt zu werden. Ein Zusammenhang zwischen ambulanten ärztlichen Behandlungen von AOK-Plus Versicherten und Geruchsbelastung wurde nicht gefunden (Zscheppang, A. et al. 2016).

2.3 TEILPROJEKTE UND FORSCHUNGSFRAGEN

Basierend auf dem aktuellen Wissensstand lässt sich konstatieren, dass ein Zusammenhang zwischen Luft- bzw. Geruchsbelastungen und möglichen gesundheitlichen Auswirkungen sehr komplex ist. Aus diesem Grund nähert sich das Projekt OdCom mit drei verschiedenen Teilprojekten diesem Problemfeld.

- Teilprojekt 1: Messung und Dokumentation von Geruchsereignissen und Luftschadstoffen
- Teilprojekt 2: Probandenprogramm zur Messung und Dokumentation von Geruchsereignissen
- Teilprojekt 3: Einschätzungen der Geruchsbelastung und Auswirkungen der Geruchsepisoden und Luftschadstoffe

Jedes der drei Teilprojekte beantwortet Forschungsfragen, die im Folgenden aufgeführt sind.

Teilprojekt 1: Gerüche und Luftschadstoffe

1. Welche Signalmuster wurden durch das Ionenmobilitätsspektrometer (Geruchsradar) identifiziert?
2. Können Bioaerosole die von der Bevölkerung berichteten Krankheitssymptome erklären oder als eventuelle Ursache für Erkrankungen ausgeschlossen werden?
3. Ist die Zytotoxizität der PM₁₀-Proben ausreichend, um die biologischen Effekte von PM₁₀ charakterisieren zu können?
4. Welche chemischen Stoffe befinden sich in der Luft?

Teilprojekt 2: Probandenprogramm

1. Wann berichten die Probanden Geruchsereignisse?
2. Stehen diese mit Luftschadstoffen und Windrichtung in einem Zusammenhang?
3. Berichten die Probanden in diesem Fall über Krankheitssymptome?
4. Welche Inhaltsstoffe wurden aus den Kanistern extrahiert?

Teilprojekt 3: Epidemiologische Studie

1. Wie nimmt die Bevölkerung die Luftbelastungen im Untersuchungsgebiet wahr?
2. Wie nimmt die Bevölkerung den Einfluss von Luftbelastungen im Untersuchungsgebiet auf die eigene Gesundheit wahr?
3. Gehen Luftschadstoffe und Gerüche mit einem erhöhten gesundheitlichen Risiko einher?
4. Erhöht sich die Zahl der Fehltage in Kindertageseinrichtungen an Tagen mit einer erhöhten Luftschadstoffbelastung und Geruchsereignissen?

3 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETES

3.1 SACHSEN

Das Projektgebiet erstreckt sich entlang der Grenze zwischen Sachsen und der Tschechischen Republik und nimmt eine Fläche von etwa 660 km² ein. Das sächsische Kerngebiet aus denen die meisten Geruchsbeschwerden gemeldet werden, liegt direkt an der Grenze ca. 15 – 20 km weit entfernt von der nordböhmischen Stadt Litvínov. Hierzu zählen vor allem die Gemeinden Seiffen und Olbernhau sowie die umliegenden Gemeinden.

Das sächsische Projektgebiet liegt in den höheren Lagen des Erzgebirgskammes. Die meisten Ortschaften befinden sich zwischen 450 und 650 Meereshöhe. Vor allem in den Herbst- und Wintermonaten können sich Inversionsschichten ausbilden, die die Ausbreitung von Luftschadstoffen beeinflussen. Bei dieser besonderen Witterung kehrt sich der Temperaturgradient der Luftschichten um. Das bedeutet, dass in der Höhe über den Erdboden die Temperaturen wie üblich nicht sinken, sondern steigen. Deutlich zu erkennen ist dieses Phänomen daran, dass im Gebirge strahlende Sonne und blauer Himmel vorherrschen, während die Senken und die Täler dichter Nebel und Smog plagen. Dazwischen ist eine klare Grenze sichtbar – die Inversionsgrenze. Sie verhindert eine vertikale Vermischung der Luftmassen. So bleiben überwiegend Emissionen, wie z.B. aus dem Verkehr, von der Industrie sowie von häuslichen Hausbränden und Heizstellen wie unter einem Deckel innerhalb der Inversionsschicht. Dabei steigen die Konzentrationen von Standardluftschadstoffen an. Während der Inversionswetterlagen steigen auch die Geruchsmeldungen an.

Gerade im sächsischen Teil des Erzgebirges wird der Nebel als böhmischer Nebel, der vom Böhmischen Wind (siehe Text unten) begleitet wird, wahrgenommen. Während einer Inversionswetterlage bildet sich über dem Böhmischen Becken ein Hochdruckgebiet. Die bodennahe Luft besitzt die Tendenz, von dort dem Luftdruckunterschied entsprechend in die umliegenden Gebiete mit tieferem Luftdruck abzufließen.

Das Erzgebirge verhindert das Abfließen der schwereren Kaltluft nach Westnorden. Aber an den Stellen, an denen sich im Erzgebirge Passlagen oder Durchbruchstäler befinden, ist ein Druckausgleich möglich. Dort strömen die Luftmassen als „Böhmischer Wind“ bei einer entsprechenden süd-östlichen Windrichtung in die betroffenen sächsischen Gebiete ein. Meist wird hier dieser Effekt in 700 bis 900 m Höhe, durch eine Inversionsschicht abgegrenzt. Der böhmische Wind beeinflusst gewissermaßen die meisten Gemeinden im sächsischen Teil des Projektgebietes im Hinblick auf Schadstoffeintrag aus südöstlicher Richtung. Die unmittelbar im Projektgebiet befindliche Luftgütemessstation auf dem

Schwartenberg liegt auf 789 Meter Meereshöhe nordöstlich von der Gemeinde Seiffen. Die Messstation befindet sich jedoch oft über der trennenden Inversionsschicht und kann so die Verhältnisse der Luftschadstoffe in den niedriger gelegenen Orten nicht abbilden. Aus dem Grunde wurde in Deutschneudorf eine mobile Messstation eingerichtet.

3.2 TSCHECHISCHE REPUBLIK

Es wird vermutet, dass sich die potentielle Hauptquelle in dem Chempark Zaluži bei Litvinov befindet. Deswegen sind sowohl Gemeinden als auch Luftgüte - und Klimastationen des CHMI westlich und östlich von Zaluži für das Projekt von großem Interesse.

Während die Region am Fuß des Erzgebirges dicht besiedelt ist, findet man im Hangbereich des Erzgebirges nur wenige Gemeinden und Ortschaften. Für eine Objektivierung der Geruchsbeschwerden sind jedoch genau diese Gemeinden wichtig. Da aus dieser Region jedoch keine oder kaum Geruchsbeschwerden verzeichnet werden, ist zu klären, inwieweit Zaluži Einfluss auf die Geruchsbelastung nimmt. Zur Beurteilung der Luftqualität wird die Luftgütemessstation in Lom nahe Litvinov herangezogen. Strategisch gesehen ist diese Messstation gut platziert, denn sie misst den Immissionseffekt von Zaluži, der umliegenden Städte, sowie der in der Nähe vorkommenden Tagebauten und Kohlekraftwerke, von denen eine erhöhte Luftqualitätsbelastung ausgegangen werden kann. Darüber hinaus untersucht die Klimastation in Kadan Luftströmungen bis 900 Meter Höhe mit Hilfe eines sogenannten SODAR. So können Aussagen über die lokalen Windverhältnisse neben den üblichen Schadstoffentwicklung getroffen werden.

3.3 MÖGLICHE QUELLEN IM UNTERSUCHUNGSGEBIET

Die genaue Quelle bzw. Quellen konnten trotz zahlreicher Untersuchungen nicht definiert werden. Mögliche Verursacher im nordböhmischen Industrieviertel sind neben Braunkohlekraftwerken Ledvice, Počeradky und Komořany, die chemische Industrie im Chempark Zaluži.

Viele der Industriebetriebe der Tschechischen Republik liegen im Ústecký Bezirk. In dem ausgedehnten Braunkohlelager bei Most befinden sich unterhalb der Oberfläche die größten Reserven an Braunkohle der Tschechischen Republik. In der Nähe des Projektgebietes befinden sich Lom Bilina, Lom Československé armády und Lom Vršany.

Aber auch im sächsischen Teil des Erzgebirges können verschiedene Quellen eine Rolle spielen, die Situation ist aber wesentlich differenzierter. Wie auch auf der tschechischen

Seite lassen sich zahlreiche Betriebe finden, die je nach Produktionsart der Genehmigungspflicht unterliegen (4. BImSchG – Bundesimmissionsschutzgesetz) und Quellen möglicher Geruchsbelastungen sein können. Insgesamt handelt es sich um 46 Betriebe in elf Gemeinden. Dazu gehören Betriebe mit Tierhaltung und Landwirtschaft, Gasanlagen, Holzverarbeitungsbetriebe, Lackierereien, Wertstoffhöfe, Anlagen und Betriebe, die Erdöl, Kohle und Heizöl verbrennen und verarbeiten, Kunststoffherstellung (Abb. 5).

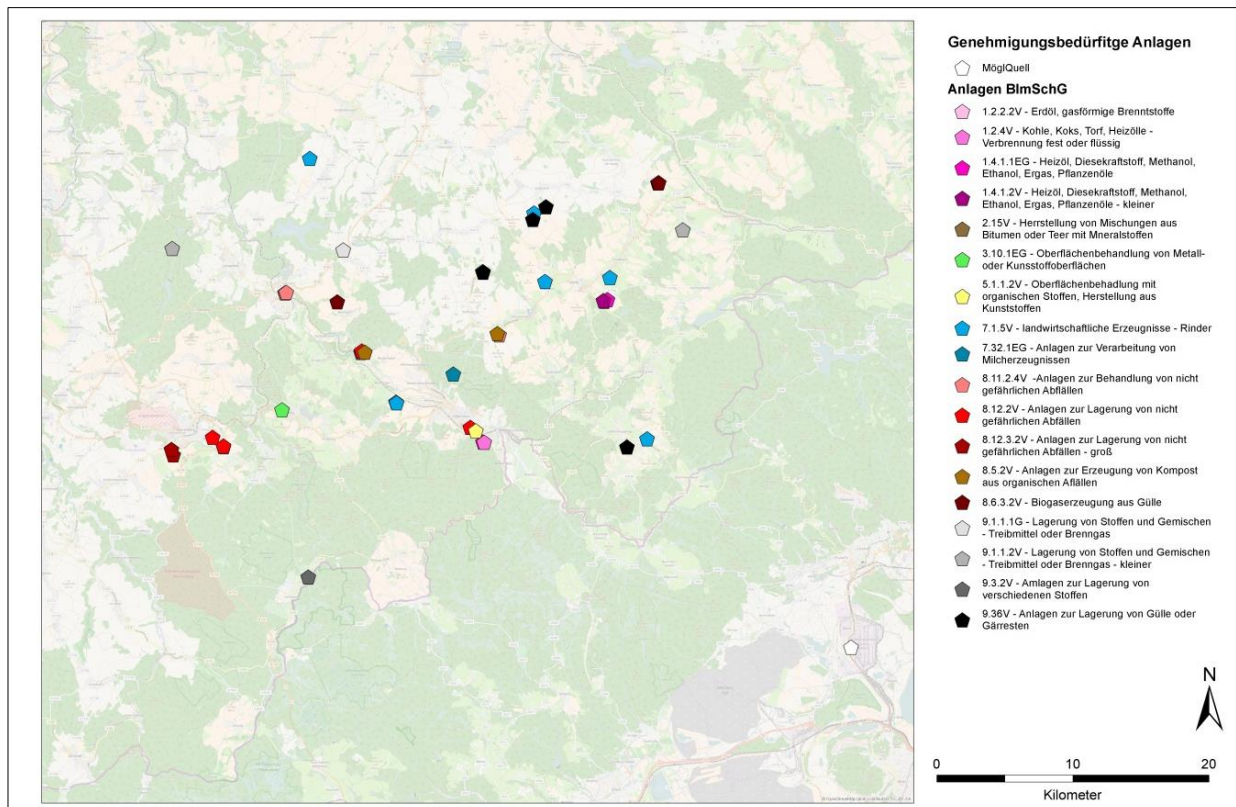


Abb. 5: Genehmigungspflichtige Anlagen auf der sächsischen Seite, die auch als Quellen denkbar wären.

4 MASSNAHMEN UND MESSPROGRAMM – MESSMETHODIK UND DURCHFÜHRUNG

4.1 STANDORTCHARAKTERISIERUNG DER MESSSTATIONEN

Im folgenden Kapitel werden die Messstationen sowohl für die ortsfesten kontinuierlichen Messungen als auch für die im Projekt eingesetzten Sondermessungen auf sächsischem und tschechischem Gebiet vorgestellt. Die geografische Lage der einzelnen Stationen ist in der Abb. 6 und Tab. 1 dargestellt. Die Karte zeigt das Erzgebirge als Pultscholle, an der sich bei Wind aus Südost Luftmassen aus dem Böhmischem Becken stauen und je nach Wetterlage über den Erzgebirgskamm oder nur durch dessen Täler nach Sachsen gelangen können. In dieser Region befinden sich die sächsischen Luftgütemessstationen Annaberg-Buchholz und Schwarzenberg, sowie die Sondermessstation Deutschneudorf als auch die tschechischen Luftgütemessstationen Lom und Ústí nad Labem – Zentrum. Die beiden Luftgütemessstationen Collmberg und Leipzig-Mitte liegen außerhalb des Projektgebietes und dienen als Vergleichsstationen (siehe Ökotoxikologische Tests).

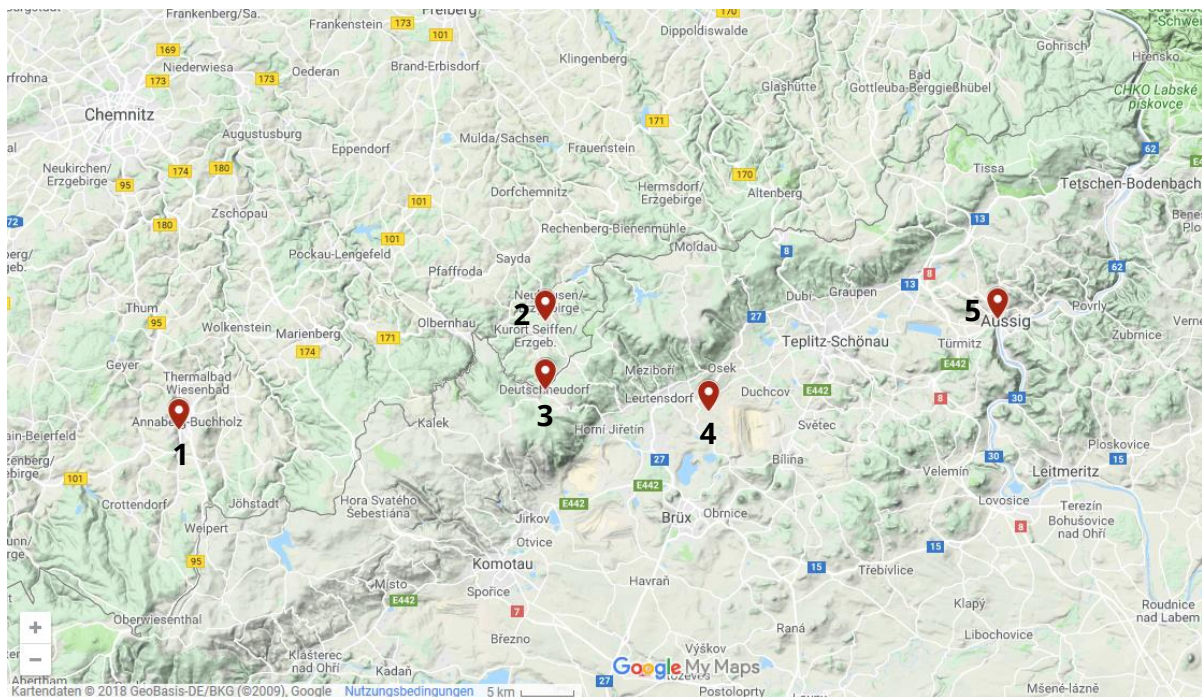


Abb. 6: Geografische Lage der einzelnen Stationen im Projektgebiet auf sächsischer und tschechischer Grenzseite. 1 – Annaberg-Buchholz, 2 – Schwarzenberg, 3 – Deutschneudorf, 4 – Lom, 5 – Ústí nad Labem.

Tab. 1: Messstationen im Projekt OdCom mit Klassifizierung, Meereshöhe und geografischen Koordinaten.

Station	Stationstyp	Höhe	nördliche Breite	östliche
Annaberg-Buchholz	städtischer Hinter-	545 m	50° 34' 15"	12° 59' 50"
Schwartenberg	Höhenstation	785 m	50° 39' 32"	13° 27' 54"
Deutschneudorf	ländlicher Hintergrund	635 m	50° 36' 11"	13° 27' 56"
Collmberg	ländlicher Hintergrund	313 m	51° 18' 13"	13° 0' 33"
Leipzig-Mitte	städtisch / Verkehr	110 m	51° 20' 38"	12° 22' 37"
Lom	ländlicher Hintergrund	265 m	50° 35' 8"	13° 40' 24"
Ústí n. L. Zentrum	städtischer Hinter-	147 m	50° 39' 40"	14° 2' 35"

4.1.1 Sondermessstation Deutschneudorf

Das Leibniz-Institut für Troposphärenforschung e.V. (TROPOS) richtete für das Projekt OdCom eine Sondermessstation in Deutschneudorf ein. Die Messungen erfolgten von Januar 2017 bis März 2019. Die Messstation befindet sich auf dem Festplatz in Deutschneudorf auf 635 m Meereshöhe.

Deutschneudorf ist eine Gemeinde im Erzgebirgskreis mit ca. 1.030 Einwohnern. Sie gehört zur Verwaltungsgemeinschaft Seiffen und befindet sich direkt am Grenzfluss Schweinitz. Es ist eine typische Streusiedlung in der Kammlage des Erzgebirges und liegt direkt an der Grenze zu Tschechien. Die Lage gewährleistet eine freie Anströmung aus süd-östlicher Richtung, wo mögliche zur Geruchsbelastung beitragende Quellen auf tschechischer Seite vermutet werden. Südwestlich bis nördlich von der Messstation gibt es lokale Quellen der Gemeinde Deutschneudorf. Die Gemeinde Seiffen mit ca. 2.200 Einwohnern liegt etwa 5 km nördlich der Messstation. Die Gemeinde Nová Ves v Horách mit 483 Einwohnern in Tschechien mit dem kleinen Ortsteil Mikulovice (93 Einwohner) grenzt direkt auf tschechischer Seite an Deutschneudorf an.

Diese in Abb. 7 dargestellte Sondermessstation kann als ländliche Messstation definiert werden. Sowohl meteorologische Parameter, als auch Ultrafeinstaub, PM₁-Ruß und weitere Sondergrößen werden an dieser Messstation erhoben.



Abb. 7: Sondermessstation in Deutschneudorf. Foto: Anja Mannewitz, LfULG.

4.1.2 Luftgütemessstation Lom (CZ)

Betreiber der Luftgütemessstation in Lom ist das Tschechische Hydrometeorologische Institut in Prag (ČHMÚ) – Außenstelle Ústí nad Labem. Diese Messstation besteht seit 2004 und wird als ländliche Hintergrundstation nach den Anforderungen der **EU-Richtlinien 2008/50/EG** und **2004/107/EG** betrieben. Auf 265 m Meereshöhe steht diese Messstation etwa 1 km südöstlich von Lom entfernt auf ländlichem ebenem Gelände mit Wald-, Feld- und Wiesenanteilen ohne Bebauung.

Lom ist eine Kleinstadt (ca. 3.700 Einwohner) in der Region Ústecký kraj in Tschechien, Bezirk Most und befindet sich zwischen Teplice und Brüx (Most) am Fuß des Erzgebirges. Die Nachbarstädte sind Litvínov, Meziboří, Osek und Duchcov. In unmittelbarer Nähe befinden sich zahlreiche Industrieanlagen und ein Braunkohlelager mit mehreren Kohlekraftwerken.

Die Luftgütemessstation (Abb. 8) wurde durch einen zweiten Messcontainer ergänzt, um die umfangreiche Sondermesstechnik im Projekt OdCom unterzubringen.

In Lom werden sowohl meteorologische Parameter als auch Standardluftschadstoffe, Ultrafeinstaub, PM₁-Ruß und Sondergrößen erhoben.

Grenzwertüberschreitungen gab es nur bei durchschnittlichen 24-Stunden-Konzentrationen von PM_{10} . Der Grenzwert $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ kann laut tschechischer sowie europäischer Vorschriften 35-mal in einem Kalenderjahr überschritten werden. 2016 wurde der Grenzwert 37-mal und 2017 44-mal überschritten. Im Jahr 2018 wurde eine Rekordanzahl der Überschreitungen von 62 erreicht.

In den Jahren 2016 und 2017 gab es keine Überschreitungen des Ozon-Zielwertes $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, bei dem 25 Überschreitungen des höchsten achtstündigen Tagesdurchschnitts erlaubt sind. Das Jahr 2018 war klimatisch außergewöhnlich und die Anzahl der erlaubten Überschreitungen betrug 36. Der Ozon-Zielwert wurde immer wieder auf Messstationen deutscher und tschechischer Betreiber überschritten.

Bei anderen Luftschadstoffen wurden in diesen Jahren die Grenzwerte nicht überschritten.



Abb. 8: Luftgütemessstation in Lom – Tschechien. Foto: Helena Placha, CHMI.

4.1.3 Luftgütemessstation Schwartenberg, Annaberg-Buchholz und Ústí nad Labem

Die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) mit Sitz in Radebeul-Wahnsdorf führt im Auftrag des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie gesetzliche Messungen zur Luftgüteüberwachung in Sachsen durch. Die gesetzliche Grundlage sind die EU-Richtlinien 2008/50/EG und 2004/107/EG. Die Luftgütemessstationen auf dem Schwartenberg und in Annaberg-Buchholz sind zwei von 29 Messstationen aus dem sächsischen Luftgütemessnetz. Die Luftgütemessstation Ústí nad Labem wird wie die Station in Lom vom tschechischen Projektpartner CHMÍ ebenfalls nach EU-Richtlinien betrieben.

Die Luftgütemessstation **Swartenberg** befindet sich auf dem Gipfel des Schwartenberges in 785 m Höhe (Abb. 9). Nach Pausch et al. (2017) ist sie als Höhenmessstation klassifiziert und liegt etwa 8 km nördlich vom Kamm der Pultscholle des Erzgebirges. Sie wird seit 1998 betrieben und befindet sich in der Gemeinde Neuhausen (ca. 2.700 Einwohner) im Süden des Landkreises Mittelsachsen. In unmittelbarer Nähe befindet sich 1,5 km südwestlich der Station der Kurort Seiffen. Diese dem Erzgebirgskreis zugehörige Gemeinde mit ca. 2.200 Einwohnern liegt nahe der Grenze zu Tschechien. Auf dem Schwartenberg werden sowohl meteorologische Parameter, als auch Daten zu Standardluftschadstoffen erhoben. Als grenznahe Station werden hier vor allem grenzüberschreitende Schadstofftransporte überwacht. Es kommt bei den Messungen immer wieder zur Beeinflussung durch das Industriegebiet im Böhmisches Becken bei Süd-Ost-Wetterlage. Es gab keine PM₁₀- und NO₂-Grenz- und Zielwertüberschreitungen seit Beginn der Messung. Es kommt aber immer wieder zu Überschreitungen des Ozon-Zielwertes zum Schutz der menschlichen Gesundheit und zum Schutz der Vegetation (z. B. in den Jahren 2016 und 2018). Die SO₂-Konzentrationen werden in Bezug auf die Grenz- und Zielwerte seit Jahren nicht mehr überschritten.



Abb. 9: Luftgütemesstation auf dem Schwartenberg. Foto: Gunter Löschau, LfULG.

Die Luftgütemesstation in **Annaberg-Buchholz** befindet sich auf sächsischem Gebiet in einer Kleinstadt im Erzgebirgskreis mit ca. 20.000 Einwohnern. Sie liegt auf 545 m Meereshöhe in einem Grünflächen- und Waldgebiet der Stadt, das durch die Bundesstraße B 101 durchschnitten wird. Die in Nordost-West-Richtung verlaufende B101 verbindet Annaberg-Buchholz mit Aue im Westen und Freiberg im Nordosten. Sie wird im Jahresmittel von ca. 17,000 Kfz/Tag befahren. Die in Abb. 10 dargestellte Luftgütemesstation ist als städtische Hintergrundstation klassifiziert (Pausch et al., 2017) und besteht an diesem Ort seit 1994. In Annaberg-Buchholz werden sowohl meteorologische Parameter, als auch Standardluftschadstoffe, Ultrafeinstaub und PM_{10} -Ruß erhoben. In den letzten 5 Jahren wurden keine Grenz- und Zielwertüberschreitungen verzeichnet.



Abb. 10: Luftgütemesstation in Annaberg-Buchholz, Foto: Burkhard Lehmann, LfULG.

Die in Abb. 11 dargestellte Luftgütemesstation **Ústí nad Labem** – Zentrum ist als Station im städtischen Hintergrund klassifiziert und befindet sich in einer Wohn- und Geschäftszone seit dem Jahr 2005. Die Stadt Ústí nad Labem mit ca. 94.000 Einwohnern gehört zur Region Ústí, welche an den Freistaat Sachsen grenzt. Die Luftgütemesstation liegt am Rande des Nordböhmischen Braunkohlereviers. Aufgrund der Lage des Stadtzentrums in einem engen Tal am Zusammenfluss von der Elbe und Bílina kommen hier charakteristische Frühnebel und Inversionen öfters vor, und zwar sowohl im Winter als auch im Sommer. Die Luftgütemesstation liegt auf 147 m Meereshöhe. In Ústí nad Labem werden sowohl meteorologische Parameter, als auch Standardluftschadstoffe, Ultrafeinstaub und PM_{10} -Ruß erhoben.

Grenzwertüberschreitungen gab es nur bei durchschnittlichen 24-Stunden-Konzentrationen von PM_{10} . Der Grenzwert $50 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ kann laut tschechischer sowie europäischer Vorschriften 35mal in einem Kalenderjahr überschritten werden. 2016 gab es keine Überschreitungen, 2017 und 2018 wurde der Grenzwert jedoch 39-mal überschritten.

In den Jahren 2016 und 2017 gab es keine Überschreitungen des Ozon-Zielwertes $120 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, bei dem 25 Überschreitungen des höchsten achtstündigen Tagesdurchschnitts erlaubt sind. Das Jahr 2018 war klimatisch außerordentlich und die Anzahl der erlaubten

Überschreitungen betrug 35. Der Ozon-Zielwert wurde immer wieder auf Messstationen deutscher und tschechischer Betreiber überschritten.

Bei anderen Luftschadstoffen wurden in diesen Jahren die Grenzwerte nicht überschritten.



Abb. 11: Luftgütemesstation in Ústí nad Labem – Zentrum, Tschechien. Foto: Helena Placha, CHMI.

4.1.4 Qualitätssicherung an den Stationen Deutschneudorf und Lom

Mit Errichtung der beiden neuen Messstandorte Deutschneudorf im Erzgebirgskreis und Lom auf tschechischer Seite wurden Messgeräte zur Charakterisierung der Partikelgrößenverteilung sowie des PM₁-Ruß aufgebaut.

Für letztere Messungen werden Rußmonitore des Modells 5012 MAAP (Multi Angle Absorption Photometer) verwendet. Diese sind wartungsarm und liefern kontinuierlich Daten. Hinsichtlich der Qualitätssicherung ist mindestens einmal monatlich die Flussrate zu prüfen. Dokumentationen in Laborbüchern zeigen nur geringe Abweichungen von maximal vier Prozent zum Sollwert von 8 Litern pro Minute. Ein bei Filterwechsel regelmäßig

durchgeführter Test des Nullpunktverhaltens konnte ebenfalls positiv beurteilt werden. Damit zeigt sich die Zuverlässigkeit der Geräte für Langzeitstudien.

Die Bestimmung der Partikelgrößenverteilung erfolgt an beiden Orten mit TROPOS-Mobilitätsspektrometern. Diese wurden zu Projektbeginn neu gebaut und vor Auslieferung im WCCAP-Labor ausführlichen Qualitätssicherungen unterzogen (Wiedensohler et al., 2012; Wiedensohler et als, 2018). Ein wesentlicher Bestandteil bei solchen Untersuchungen ist die Rückführung der Messergebnisse auf Basiseinheiten (Abb. 12).

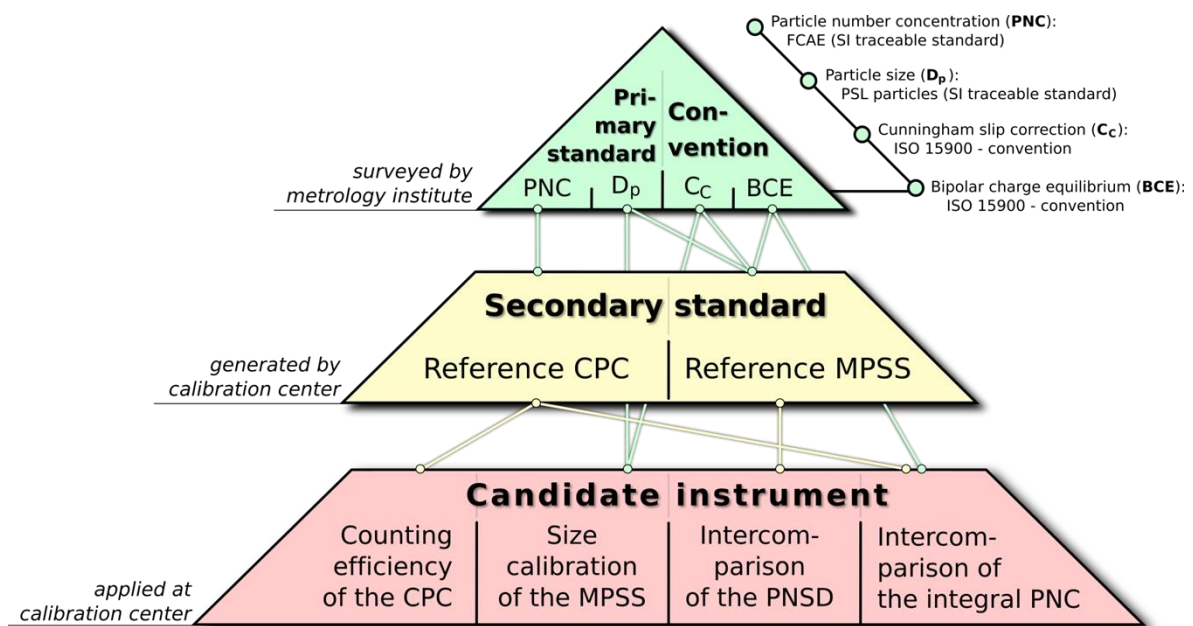


Abb. 12: Schema der Rückführung von Qualitätssicherungsexperimenten auf Primärstandards und Grundsätze.

Während der Projektlaufzeit fanden für beide Messstationen mehrere Vorort-Qualitätssicherungsexperimente mit Referenzgeräten des TROPOS statt. Dabei wurde über einen Zeitraum von mindestens 36 Stunden die Partikelgrößenverteilung sowie für einzelne Experimente auch die Gesamtpartikelanzahl zu einem Referenzpartikelzähler verglichen. Entsprechende Berichte zu den Messungen sind online auf der ECAC-Seite abrufbar (ACTRIS). Die geforderte maximale Abweichung von plus/minus zehn Prozent konnte bei allen Vergleichen eingehalten werden.

4.2 TEILPROJEKT 1: MESSUNG DER LUFTSCHADSTOFFE

4.2.1 Zeitlicher Ablauf der Messungen

Die meteorologischen Parameter, die Standardluftschadstoffe und die Messungen von Feinstaub und PM₁-Ruß wurden über den Projektzeitraum kontinuierlich aufgezeichnet. Die Sondermessungen fanden entweder periodisch über einen bestimmten Zeitraum oder punktuell im Ereignisfall beziehungsweise an einzelnen Tagen statt. Der zeitliche Ablauf aller Messungen ist mit Stations-/Ortsangabe in

Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Zeitlicher Ablauf aller Messungen, die im Projekt OdCom zur Datenauswertung herangezogen wurden.

Messmethode	Art	Zeitraum	Station/Ort
Meteorologie	kontinuierlich	11/16 - 03/19	Schwartenberg Annaberg-Buchholz Ústí nad Labem, Lom
		11/17 - 03/19	Deutschneudorf
Standardluftschadstoffe	kontinuierlich	11/16 - 03/19	Schwartenberg Annaberg-Buchholz Ústí nad Labem, Lom
UFP / Ruß	kontinuierlich	01/17 - 03/19	Deutschneudorf
		12/16 - 03/19	Lom
		01/17 - 03/19	Ústí nad Labem
Bioaerosole	punktuell (Winter und Sommer)	11/16 - 08/18	Deutschneudorf und Lom
PM10 Ökotoxikologische Tests	periodisch (Winter)	02/17 - 03/17	Deutschneudorf und
		02/18 - 03/18	Lom
passive Probenahme	periodisch (Winter)	02/17 - 03/17 11/17 - 03/18	Deutschneudorf und Lom
windrichtungsabhängige Probenahme	periodisch (Winter)	02/17 - 03/17 11/17 - 03/18	Deutschneudorf und Lom
stationäres IMS	periodisch (Winter)	02/17 - 03/17 12/17 - 03/18	Deutschneudorf und Lom
		11/18 - 01/19	
mobiles IMS	punktuell (Winter)	02/17	Erzgebirgskreis und Tschechien
		12/17 - 02/18	
Probandenprogramm mit Kanisterprobenahme	punktuell (Winter und Sommer)	12/16 - 12/18	Erzgebirgskreis und Tschechien
epidemiologische Gesundheitsstudie	periodisch (Winter)	01/18 - 03/18	Erzgebirgskreis und Tschechien

4.2.2 Kontinuierliche Messungen

4.2.2.1 Meteorologie und Standardluftschadstoffe

Um die Immissionsbelastung so gering wie möglich zu halten, wurden strenge Grenz- und Zielwerte für Standardluftschadstoffe festgelegt. Standardluftschadstoffe, die in allen europäischen Ländern gemessen werden, sind u. a. Stickstoffoxide, Feinstaub, Ozon, Benzo(a)pyren, Benzol, Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid, Ruß und Schwermetalle in PM₁₀.

An den Luftgütemessstationen Schwartenberg, Annaberg-Buchholz, Collmburg, Leipzig-Mitte, Lom (CZ) und Ústí nad Labem - Zentrum (CZ) werden nach den EU-Richtlinien 2008/50/EG und 2004/107/EG meteorologische Parameter und Standardluftschadstoffe erhoben. Die Meteorologie wird außerdem an der Sondermessstation in Deutschneudorf erfasst. Die meteorologischen Parameter und die gemessenen Standardluftschadstoffe sind in Tab. 3 zusammengefasst. Abb. 13 zeigt, welcher Standardluftschadstoff an welcher Luftgütemessstation gemessen wird.

Tab. 3: Gemessene meteorologische Parameter und Standardluftschadstoffe an den Luftgütemessstationen auf sächsischer und tschechischer Seite mit eingesetzten Messprinzip bzw. Messgerät.

Parameter	Kürzel	Messwert-einheit	Messprinzip/-gerät
Windrichtung	WINDRI	Grad °	Windfahne/Anemometer
Windgeschwindigkeit	WINDGE	m/sec	2D-/Schalenanemometer
Umgebungstemperatur	TEMP	°C	Temperatursensor
Luftfeuchte	FEUCHT	%	Hygrometer
Luftdruck	DRUCK	hPa	Barogeber
Globalstrahlung	STRAHL	W/m ²	Pyranometer
Stickoxide	NO _x	µg/m ³	Chemilumineszenz
Benzol/Toluol/Xylol	BTX	µg/m ³	Gaschromatografie
Schwefeldioxid	SO ₂	µg/m ³	UV-Fluoreszenz
Feinstaub	PM ₁₀ / PM _{2,5}	µg/m ³	Gravimetrie (HVS)
Ruß (Black Carbon)	BC	µg/m ³	optisches Messverfahren
Ozon	O ₃	µg/m ³	UV-Absorption

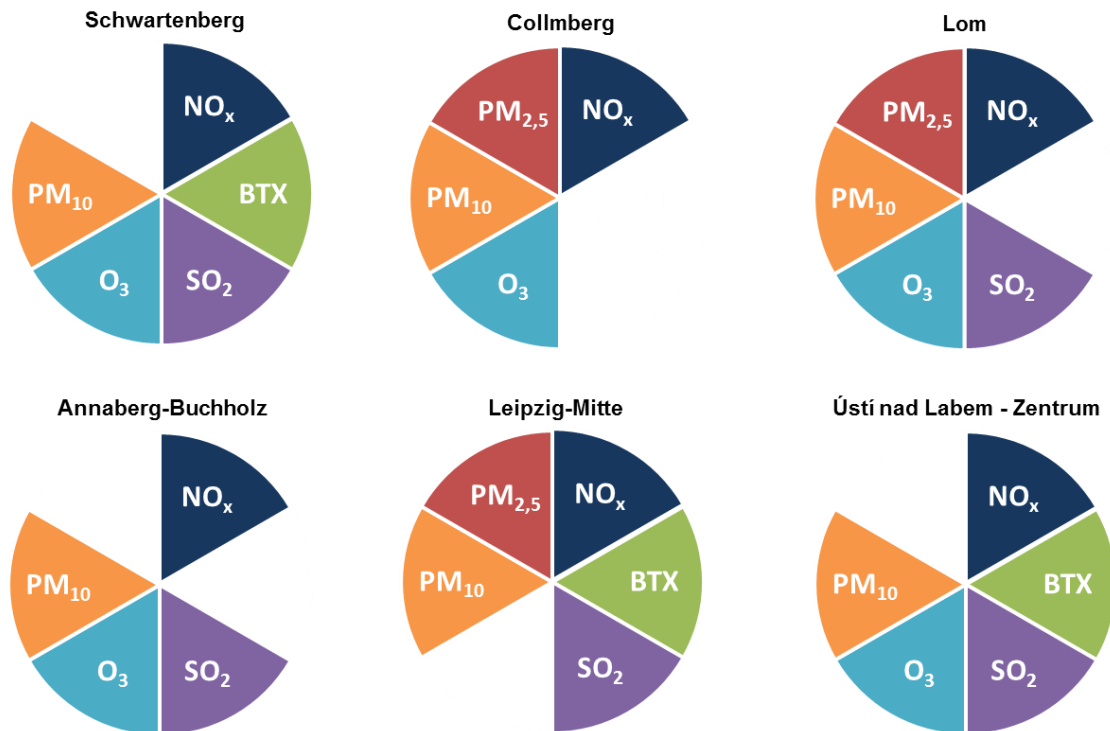


Abb. 13: Gemessene Standardluftschadstoffe an den sächsischen Luftgütemessstationen Schwartenberg, Annaberg-Buchholz, Collmberg und Leipzig-Mitte sowie an den beiden tschechischen Stationen Lom und Ústí nad Labem - Zentrum. Alle Werte in $\mu\text{g}/\text{m}^3$. NO_x: Stickoxide; BTX: Benzol, Toluol, Xylol; SO₂: Schwefeldioxid; O₃: Ozon; PM₁₀: Feinstaub 10 μm ; PM_{2,5}: Feinstaub 2,5 μm ; BC – Black Carbon/Ruß.

4.2.2.2 UFP und PM₁-Ruß

An den beiden Messstandorten Deutschneudorf und Lom wurden mit Projektbeginn Messgeräte zur Charakterisierung der Partikelgrößenverteilung (UFP) sowie zur Bestimmung des PM₁-Ruß installiert (Abb. 14). Diese Parameter werden kontinuierlich in der in Tab. 4 dargestellten zeitlichen Auflösung gemessen. Zudem stehen Messwerte der benachbarten Messstationen Annaberg-Buchholz und Usti nad Labem zum Vergleich zur Verfügung.

Die Verwendung eines Differentiellen Mobilitätsanalysators (DMA) ermöglicht die Klassifizierung von Partikeln und vor allem ultrafeinen Partikeln hinsichtlich ihrer elektrischen Mobilität in einem Größenbereich von wenigen Nanometern bis hin zu einem Mikrometer. In Kombination mit einem Vorabscheider, einem Neutralisator und einem Kondensationspartikelzähler kann eine Partikelanzahlgrößenverteilung bestimmt werden, die den erwähnten Größenbereich zwischen 10 nm und 850 nm abdeckt. Dieses vom TROPOS entwickelte und an den Messstationen eingesetzte Partikelgrößenspektrometer (MPSS) ist speziell für Langzeitstudien geeignet. Zudem wird zyklisch im 5-Minuten-Takt zwischen

der Bestimmung der Partikelgrößenverteilung in Außenluft und der Bestimmung der Partikelgrößenverteilung ohne flüchtige Bestandteile geschalten. Für letztere wird ein Thermodenuer verwendet, welcher mit einer Betriebstemperatur von 300°C arbeitet und die volatilen organischen Verbindungen der Partikel verdampft.

Ruß oder auch schwarzer Kohlenstoff (BC) besitzt die Eigenschaft, elektromagnetische Wellen im sichtbaren Bereich zu absorbieren. Die Bestimmung der Absorption von BC erfolgt mittels kontinuierlicher Sammlung von Partikeln auf einem Glasfaserfilter. Dabei wird die Lichtschwächung von Filter und Partikel mittels einer Kombination von Lichtquelle und Photodetektor bestimmt (Aethalometrie). Die im Projekt verwendeten Rußmonitore des Modells 5012 MAAP rechnen die Absorption von BC über einen intern gespeicherten Umrechnungsfaktor in eine Rußmassenkonzentration um (Petzold & Kramer, 2001).

Tab. 4: Zeitliche Auflösung der kontinuierlichen Messungen von UFP's und Ruß.

Messstation	UFP	UFP mit Thermodenu- der	PM1-Ruß
Deutschneudorf	10 min	10 min	1 min
Lom	10 min	10 min	1 min



Abb. 14: Messgeräte zur Bestimmung der UFP's sowie PM1-Ruß.

4.2.3 Sondermessungen

4.2.3.1 Windrichtungsabhängige Probenahme

Zur Entnahme der Proben wurde ein eigens entwickeltes und hergestelltes Entnahmegerät verwendet (T-Pro 2010). Das Prinzip des Geräts besteht darin, dass gleichzeitig Windgeschwindigkeit sowie Windrichtung gemessen werden und die Luftprobe in einen Entnahmekanal entnommen wird, die der Windrichtung und Windgeschwindigkeit entspricht. Falls die Windgeschwindigkeit niedriger als 0,5 m/s war, bewertet die Software dies als Windstille und der Luftstrom wird in einen Entnahmekanal umgeleitet, der für diese Situation bestimmt ist. Im Falle des Projekts OdCom wurde auf dem Treffen der Partner beschlossen, dass die Luft in drei Entnahmekanälen entnommen wird (+ Entnahmekanal für Windstille). Die Entnahmen erfolgten auf Patronen SUPELCO BPE-DNPH cartridge (SUPELCO 2018), die mit 2,4-Dinitrophenylhydrazin bezogenem Silikagel (Kieselgel) gefüllt sind. Der Durchfluss des Geräts lässt sich von 0,5 bis 6,0 l/Minute einstellen. Die Software legt die gemessene Minutenrichtung und Windgeschwindigkeit sowie die Umschaltungen im Entnahmekanal des Luftstroms fest. Aus dem durchschnittlichen Durchfluss

und Anzahl der Umschaltungen in die einzelnen Kanäle lässt sich danach die Menge der entnommenen Luft in den einzelnen Kanälen bestimmen. Die Entnahmegерäte sind in den Abb. A. 1, Abb. A. 2 und Abb. A. 3 abgebildet.

Erste Entnahmekampagne

Ort der Probenahme: Lom Most, Container ČHMÚ GPS: 50.5857931N, 13.6733631E, 362m ü.M.

Ort der Probenahme: Deutschneudorf: Mobilzelle TROPOS GPS: 50.6032525N, 13.4654536E, 767m ü.M.

Der Luftdurchfluss war um 1 l/min ($\pm 0,25$ l/min).

Die Entnahmekanäle wurden wie folgt festgelegt (veranschaulicht auf der Karte, siehe Abb. 15, Abb. 16):

- Lom (17.02.2017 – 28.02.2017): Kanal 1 = 31°-150°; Kanal 2 = 151°-270°; Kanal 3 = 271°-360°; Kanal 4 = Windstille ($< 0,5$ m/s) (Abb. 15,

-
-
-
-
-
-

- Tab. A. 1, Tab. A. 3)

- Deutschneudorf (17.02.2017 – 28.02.2017): Kanal 1 = 0° - 120° ; Kanal 2 = 121° - 240° ; Kanal 3 = 241° - 360° ; Kanal 4 = Windstille ($<0,5$ m/s) (Abb. 16, Tab. A. 2, Tab. A. 4)

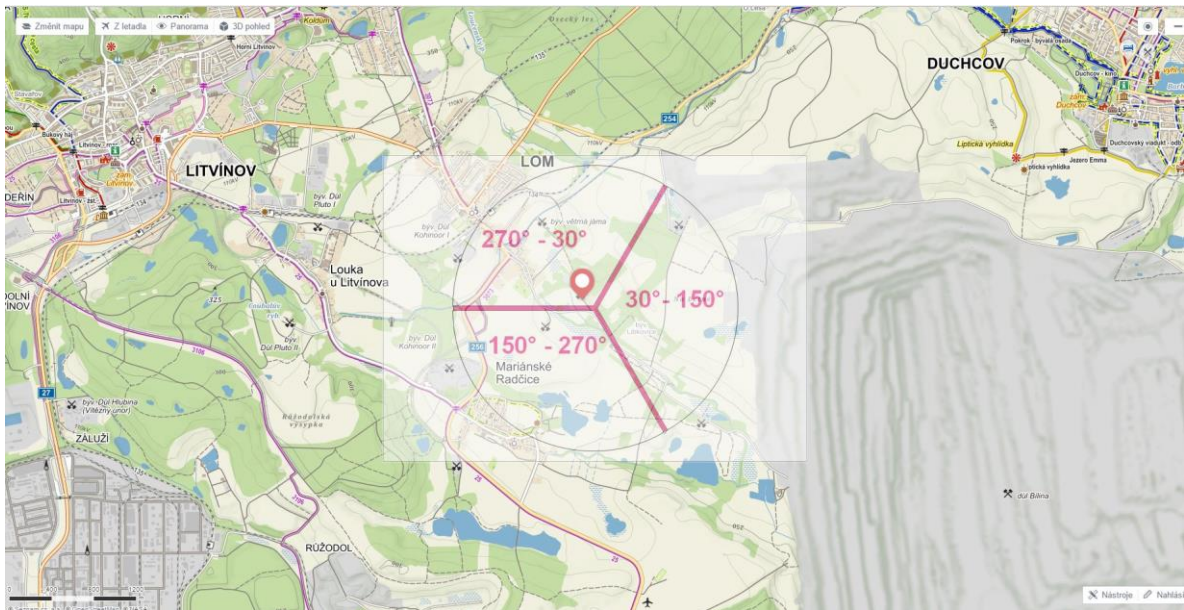


Abb. 15: Lom bei Most. Entnahmesegmente, eingelegt in die Karte (Mapy.cz).

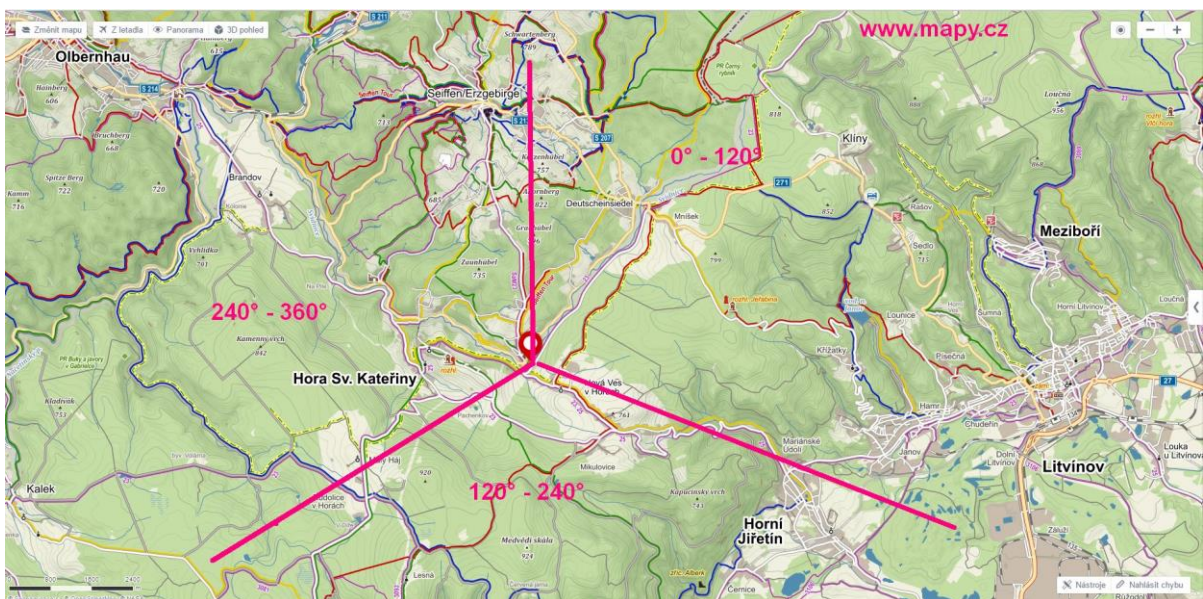


Abb. 16: Deutschneudorf. Entnahmesegmente, eingelegt in die Karte (Mapy.cz).

Die Proben wurden nach der Entnahme im Kühlschrank aufbewahrt.

Nach Auswertung der 1. Entnahmekampagne wurde eine Verlängerung jeder Probenahme in der zweiten Entnahmekampagne auf achttägige Entnahmen für die Dauer von

vier Monaten von November 2017 bis März 2018 bei einer gleichzeitigen Erhöhung des Durchflusses beschlossen. Die Messstellen blieben gleich.

Zweite Entnahmekampagne

Der Luftdurchfluss war 1l/min ($\pm 0,25$) in Lom, 1,25 ($\pm 0,25$) ml/min in Deutschneudorf.

4.2.3.2 Passive Probenahme - Carbonylverbindungen

Zur passiven Probennahme wurden die Entnahmegeräte radiello™ 165 (Sigma-Aldrich 2018 a), gefüllt mit 2,4-DNPH bezogenem Florisil® nach EPA TO-11A (EPA 2014) sowie radiello™ 145 BTEX/VOC kit für eine thermale Desorption (Sigma-Aldrich 2018 b) verwendet. Diese Geräte dienen zur Entnahme und Bestimmung von Carbonylverbindungen sowie zur Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen. Für die Probenahmen wurden Radiello®-Geräte verwendet, die Proben wurden mithilfe der HPLC und GC-MS Methode analysiert. Die Probenahmeorte (Entnahmestellen) im Jahr 2017 waren Lom und Deutschneudorf, 2018 zusätzlich Jeřabina.

1. Entnahmekampagne

- Ort der Probenahme: Lom bei Most (17.02.2017 – 25.02.2017), Container des ČHMÚ GPS: 50.5857931N, 13.6733631E, 362m ü.M. (Tab. A. 5)
- Ort der Probenahme: Deutschneudorf (17.02.2017 – 25.02.2017): Mobiler Container von TROPOS GPS: 50.6032525N, 13.4654536E, 767m ü.M. (Tab. A. 5)

Die Entnahmen wurden im Dublett durchgeführt. Die Entnahmegeräte wurden während der Entnahme täglich kontrolliert und die Proben nach der Entnahme im Kühlschrank aufbewahrt.

Nach Auswertung der 1. Entnahmekampagne wurde die Verlängerung des Zeitraumes für jede Probennahme beschlossen. In einer zweiten Entnahmekampagne wurden achttägige Entnahmen für einen Zeitraum von vier Monaten von November 2017 bis März 2018 genommen. Gleichzeitig wurde die Anzahl an Probenahmeorte für die passiven Entnahmen am Probenahmeort Jeřabina erhöht. Der Probenahmeort Jeřabina liegt im Pass zwischen der Region Litvínov und dem sächsischen Kurort Seiffen. Er wird von keiner umgebenden Bebauung und naher Industrie beeinflusst und bietet eine direkte Aussicht auf das Industriegebiet von Litvínov (Abb. A. 4)

Zweite Entnahmekampagne

- Ort der Probenahme: Lom bei Most, Container des ČHMÚ GPS: 50.5857931N, 13.6733631E, 362m ü.M. (Tab. A. 6, Abb. 17)
- Ort der Probenahme: Deutschneudorf: Mobiler Container von TROPOS GPS: 50.6032525N, 13.4654536E, 767m ü.M. (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Abb. 18)
- Ort der Probenahme: Aussichtsturm Jeřabina GPS: 50.6127167N, 13.5210558E, 777 m ü.M. (Tab. A. 6, Abb. 19)

Die Entnahmen wurden stets im Dublett-Verfahren durchgeführt und die Proben nach der Entnahme im Kühlschrank aufbewahrt.



Abb. 17: Ort der Probenahme Lom Most (Fotos Ivan Beneš).



Abb. 18: Ort der Probenahme Deutschneudorf (Fotos Ivan Beneš).



Abb. 19: Ort der Probenahme Aussichtsturm Jeřabina (Fotos Ivan Beneš).

4.2.3.3 Bestimmung der Carbonylverbindungen in der Luft mit der Methode HPLC-UVD

Mit dieser Methode wird der Gehalt von Aldehyden- und Ketonen in der Luft bestimmt. Es handelt sich bei der Methode um eine Flüssigkeitschromatographie mit einem Detektor (UVD), der im ultravioletten Lichtbereich arbeitet (Radiello, Firmenmanual 2006). Gasförmige Aldehyde und Ketone werden im Sorptionsröhrchen am Silikagel mit gebundenem 2,4-Dinitrophenylhydrazin (2,4-DNPH) abgefangen und durch Derivationsreaktion in entsprechende Hydrazone überführt (Radiello 2016). Nach der Elution mit Acetonitril werden sie mittels HPLC Methode mittels UV-Detektor bestimmt (EPA TO 11A).

Es werden folgende Analyten bestimmt: Formaldehyd, Azetaldehyd, Azeton, Akrolein, Propionaldehyd, Krotonaldehyd, Methakrolein, 2-Butanon, Butyraldehyd, Isobutyraldehyd, Benzaldehyd, Zylohexanon, Isovaleraldehyd, Valeraldehyd, o-Tolulaldehyd, m-Tolulaldehyd, p-Tolulaldehyd, Glutaraldehyd, Hexaldehyd, Dimethylbenzaldehyd, Heptaldehyd, Oktaldehyd, Nonaldehyd und Decylaldehyd (U. S. EPA 1999, SUPELCO Air Monitoring).

Die obere Bestimmungsgrenze ergibt sich aus der Menge der durchgesaugten Luft, der Sorptionskapazität des verwendeten DNPH Röhrchens und dem linearen Bereich des analytischen Systems.

Die untere Bestimmungsgrenze hängt von der Größe des Grundrauschens im Detektor, dem Hintergrundwert und vom Gehalt an störenden Beimischungen in den Sorptionsröhrchen ab.

Störende Einflüsse

Das Ozon vermindert bei der Luftentnahme die Ergiebigkeit der Aldehyde- und Ketone. Das Ozon reagiert mit 2,4-DNPH und kann weiter die entstandenen Hydrazone degradieren (SUPELCO, Air Monitoring). Diese Interferenzart wird durch die Einordnung eines sogenannten Scrubbers (Inhalt 1,5 g Kaliumjodid) vor das Sorptionsröhrchen unterdrückt.

Entnahme und Transport der Probe

Die Entnahmegeschwindigkeit für die aktiven Entnahmen beträgt $1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$. Die abgenommene Probenmenge hängt von der Windrichtung ab und lag in der 1. Entnahmekampagne bei 10^1 - 10^2 Liter, in der 2. Kampagne bei 10^2 - 10^3 Liter.

Die Dauer der Probenahmen bei der Verwendung der passiven Dosimeter Radiello betrug acht Tage.

Die Proben wurden in einer Kühlbox transportiert. Die Stabilität des Analyten im Sorptionsröhrchen beträgt 60 Tage bei $4 \text{ }^\circ\text{C}$ (SUPELCO, Air Monitoring)

4.2.3.4 Identifikation und Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) in der Luft

Die Identifikation und Bestimmung von flüchtigen organischen Verbindungen geschah

- 1) nach den Entnahmen in SilcoCan Kanistern und der Aufkonzentrierung an den Sorbenten (RESTEK Silco Can canisters, 2005).
- 2) mit der Verwendung der Radiello Diffusionsprobenahme (Radiello, 2006)

Gegenstand und Wirksamkeit der Methode

Diese Vorgehensweise ist für die Bestimmung von TOL (Toloyl) in der Luft, der Kohlenwasserstoffe (C5-C12), halogenierten Kohlenwasserstoffen, Estern von Alkoxyalkoholen und Säuren, Alkohole (C1-C10), Aldehyden und Ketonen (C4-C10) Athiole-Merkaptanen (C1-C4) bestimmt. Für die Entnahme von Proben im Verlauf der Geruchsepisoden wird der Entnahmekanister SilcoCan von der Firma Restek mit dem Volume 3 Liter oder 6 Liter verwendet. Die Analyten in der abgenommenen Probe werden aus dem Kanister in einem mit Sorbent gefüllten Röhrchen konzentriert und nach der thermischen Desorption mit dem Messgerät GC-MS bestimmt.

Für die langfristige Probenahme wird ein Diffusionssammler Radiello mit dem Sorbent Carbograf (graffitisierter Kohlenstoff) verwendet Die eingefangenen Analyten werden nach der Desorption mittels der GC-MS Methode bestimmt ().

4.2.3.5 Analyse der Carbonyle aus den windrichtungsabhängigen Probenahmen

Für die Bestimmung von Aldehyden und Ketonen wurde die hochwirksame Flüssigkeitschromatographie mit UV-Detektion gewählt. Die Bestimmungen wurden auf HPLC Agilent 1100 mit Verwendung der chromatographischen Kolonne Ascentis mit Amidfüllung von der Firma Supelco (SUPELCO, Air Monitoring) durchgeführt. Das Prinzip der Methode ist folgendes: Gasförmige Aldehyde und Ketone werden im Sorptionsröhrchen am Silikagel mit gebundenem 2,4-Dinitrophenylhydrazin (2,4-DNPH) abgefangen und mittels Derivationsreaktion in die entsprechenden Hydrazone verwandelt (NIOSH 2016). Nach der Elution mit Acetonitril werden sie mittels der Methode HPLC mit UV-Detektor (EPA TO 11A) bestimmt.

Auf der Grundlage der verwendeten Literatur wurden für die Messung 24 verschiedene Carbonylverbindungen gemessen (Tab. 5).

Tab. 5: Übersicht der analysierten Carbonylverbindungen.

Reihenfolge	Triviale Bezeichnung	Bezeichnung IUPAC
1	Formaldehyd	Methanal
2	Azaldehyd	Ethanal
3	Azeton	Propanon
4	Akrolein	Prop-2-enal
5	Propionaldehyd	Propanal
6	Crotonaldehyd	But-2-enal, Butenal
7	Methakrolein	2-Methylprop-2-enal
8	Methyläthylketon	2-Butanon
9	Butyraldehyd/Isobutyraldehyd	Butanal/2-Methylpropanal
	Benzaldehyd/Zyklohexanon	
10	Benzaldehyd/Zyklohexanon	Benzencarbaldehyd/Zyklohexanon
11	Isovaleraldehyd	3-Methylbutanal
12	Valeraldehyd	Pentanal
13	o-Tolualdehyd	2-Methylbenzaldehyd
14	m/p-Tolualdehyd	3/4 -Methylbenzaldehyd
15	Glutaraldehyd	Pentandial
16	Hexaldehyd	Hexanal
17	Dimethylbenzadehyd	2,5-Dimethylbenzaldehyd
18	Heptaldehyd	Heptanal
19	Oktaldehyd	Oktanal
20	Nonaldehyd	Nonanal

Aus Tab. 5 ist ersichtlich, dass drei Stoffpaare - Butyraldehyd und Isobutyraldehyd, Benzaldehyd und Cyclohexanon, meta- und para-Tolualdehyd - werden als Summe als Summe bestimmt würden. Die übrigen Analyten wurden einzeln bestimmt einzeln bestimmt.

Die Abhängigkeiten bei einer Kalibrierung sind linear, der höchste gewählte Kalibrierungsbereich tritt bei der Mischung Benzaldehyd und Cyclohexanon (0 – 0,8 µg/Probe) auf, der niedrigste bei Methakrolein (0 – 0,2 µg/Probe).

Die Korrelationskoeffizienten bewegen sich im Bereich 0,9996 bis 1,0000.

Die Bestimmungsgrenzen für die einzelnen Carbonyle wurden für das entnommene Luftvolumen 100 l berechnet. Die niedrigste Bestimmungsgrenze wurde für Formaldehyd 0,08 µg/m³, und der höchste Wert für Dekanal 0,58 µg/m³ berechnet.

Solange die entnommene Probenmenge klein war, in Einheiten oder sogar Zehntel Litern vorlag, näherten sich die gemessenen Carbonylmengen der Bestimmungsgrenze. Wurden die Proben anschließend auf 1 m³ umgerechnet, wurde die Konzentrationen der Carbonylverbindungen unreal hoch. Dadurch war die Objektivität und Aussagekraft der Analysen der Carbonylverbindungen nicht mehr gegeben. Aus diesem Grund wurden Entnahmen mit kleinerer Luftmenge aus weiteren Auswertungen ausgeschlossen. Der minimale Umfang der entnommenen Luft wurde bei den zur A bestimmten Proben auf 50 l festgelegt.

4.2.3.6 PM₁₀-Ökotoxikologische Tests

Probenahme

Die PM₁₀-Proben der Messstationen in Lom u Mostu (Tschechische Republik), Deutschneudorf, Collm und Leipzig-Mitte wurden mit HighVolume Sammlern (500 l/min) im Rahmen der Messkampagnen, die im Zeitraum vom 14. Februar 2017 bis 1. März 2017 (1. Kampagne) und vom 17. Februar 2018 bis 13. März 2018 (Lom und Deutschneudorf) bzw. von 3. Februar 2018 bis 4. März 2018 (Leipzig und Collmberg) durchgeführt wurden, gewonnen. Neben den Projektmessstellen in Lom u Mostu, in der Nähe des Containers der ČHMÚ, und in der Gemeinde Deutschneudorf (Ortsteil von Kurort Seiffen), in der Nähe der mobilen Probenahmeeinrichtung des Projektpartners TROPOS, wurden die zwei weiteren Stationen des sächsischen Messnetzes der BfUL Sachsen zum Vergleich ausgewählt:

Leipzig-Mitte als städtische Station mit hoher Verkehrsbelastung und Collm als Hintergrundstation auf dem Bergplateau.

Geographische Daten der Messstellen:

- Lom Container der ČHMÚ: 50°35'08.83" N 13°40'24.21" E, 362 m ü.M.
- Deutschneudorf, Festwiese: 50°36'11.75" N 13°27'55.68" E, 767 m ü.M.
- Leipzig-Mitte: 51°20'38.30" N 12°22'31.47" E, 109 m ü.M.
- Collmberg, Bergplateau, 51°18'14.2"N 13°00'33.7"E, 313 m ü.M.

Die Probenahme und das Wiegen der Filter wurden von den Laboratorien ZÚ UL (1+2), resp. BfUL Radebeul (3+4) durchgeführt. Die Probenahme erfolgte für alle Stationen 24 Stunden während der ersten Kampagne und 48 Stunden (Stationen 1+2) bzw. 2 x 24 Stunden (Stationen 3+4) während der zweiten Kampagne. Die Filter wurden automatisch um 24:00 Uhr gewechselt mit Ausnahme der Station Lom, wo der Filterwechsel manuell in den Vormittagsstunden stattfand. Die äquilibrierten Quarzfilter wurden vor und nach der Exposition gewogen und anschließend der Extraktion zugeführt. Mit den Proben wurden auch „Leerproben“ (field blanks) genommen.

Filterextraktion und Probenaufbereitung

Die Extraktion der ganzen Quarzfaserfilter mit den gesammelten PM₁₀-Partikeln wurde in 70 ml Dichlormethane/ Methanol (93:7 v/v) mittels Ultraschall für 20 min begonnen. Im Anschluss folgte eine weitere Extraktion der Filter in 50 ml desselben Lösungsmittels für 20 min. Beide Extrakte wurden vereint und 50 ml 10 % Dimethylether in Hexan hinzugefügt. Nach Zugabe von 0,5 ml von 10 % 1,2-Propandiol in Methanol wurde der Extrakt unter dem Strom von Stickstoff auf ein kleines Volumen eingedampft, in ein Eppendorf-Gefäß übertragen und anschließend getrocknet (50 µl von 1,2 Propandiol verblieben an der Wand des Gefäßes). Danach wurden 50 µl Dimethylsulfoxid (DMSO) hinzugefügt, um die endgültige Probenmenge für die Zytotoxizitätsuntersuchung zu erhalten.

Bei einigen Tagen standen für Leipzig-Mitte und Collm aufgrund des regulären Messprogramms der BfUL nur jeweils ein Viertel Quarzfaserfilter zur Verfügung. Diese wurden mit entsprechend weniger Lösungsmittel extrahiert (2 x 20 ml Dichlormethane/ Methanol (93:7 v/v) und 20 ml 10 % Dimethylether in Hexan).

Die Menge an DMSO, die zu den extrahierten organischen Stoffen (EOS) der Filterproben gegeben wurde, wurde so gewählt, dass die Konzentration das Volumen der Luftproben widerspiegelte. Das heißt 1 ml der Probe entsprach EOS aus 3 m³ angesaugter Luft. 10 ml dieser Lösung wurden mit 1 ml Zellkulturmedium (MEM mit 10 % fötalem Kälberserum) vermischt. Von dieser Stammlösung wurden vier Konzentrationen für die Zelltests vorbereitet.

Untersuchungen zur Zytotoxizität mittels WST-1 (water soluble tetrazolium)

Für die Zytotoxizitätstests wurde die humane Lungenepithelzelllinie A549 und der WST-1-Assay (Roche, Cat. Nr. 11644807001) verwendet. Der Assay basiert darauf, dass das Tetrazoliumsalz WST-1 durch mitochondriale Dehydrogenasen vitaler Zellen zu Formazan umgewandelt wird, welches mit einem Spektrometer quantifiziert werden kann. An der Reaktion des Tetrazolinium-Salzes zu Formazan wird dementsprechend die Aktivität der lebenden Zellen bestimmt.

Die A549-Zellen wurden in MEM 1x GlutaMAX mit 10 % fötalem Kälberserum bei 37 °C und 5 % CO₂ kultiviert. Vor Durchführung der Tests wurden die Zellen gezählt und in einer Dichte von 75 000 Zellen pro ml auf einer 96well-Zellkulturplatte ausgesät (100 µl pro well > 7500 Zellen pro well). Nach einer 24stündigen Inkubation wurde das Medium entfernt, die Zellen mit phosphatgepufferter Kochsalzlösung (PBS) gewaschen und die PM₁₀-Extrakte in entsprechender Konzentration im Zellkulturmedium zugegeben. Um Effekte des DMSO auszuschließen, wurden zum Vergleich einzelne wells mit 0,1 % DMSO in Medium inkubiert. Als Positivkontrolle wurde zytotoxisches Cadmiumsulfat in drei verschiedenen Konzentrationen verwendet (37,5µM, 75 µM und 150 µM). Alle Proben bzw. Konzentrationen wurden in Triplikaten getestet.

Nach 24stündiger Inkubation der Zellen mit den Extraktproben wurde das Medium entfernt, die Zellen mit PBS gewaschen und das WST-1 Reagens in 10facher Verdünnung in farblosem MEM zu den Zellen gegeben. Nach einer Stunde wurde die Absorption der einzelnen wells bei einer Wellenlänge von 440 nm mittels eines Plattenspektrometers (SpectraMax Multimode Plate Reader) gemessen.

Der Prozentsatz der überlebenden Zellen wurde wie folgt berechnet:

$$\% \text{ lebende Zellen} = \frac{\text{Abs X} - \text{Abs BI}}{\text{Abs NC} - \text{Abs BI}} * 100$$

Abs X – Absorption der getesteten PM10-Extraktprobe

Abs BI – Absorption der Leerprobe (WST-1 Reagens ohne Zellen)

Abs NC – Absorption der Negativkontrolle (Zellen mit Medium)

Für jede Station wurde die Zytotoxizität für 24 h (im Jahr 2017) bzw. für 48 h (im Jahr 2018) einzeln und für den gesamten Probenahmezeitraum berechnet. Darüber hinaus wurde für jede Station der LC30-Wert (= die Konzentration, bei der 30 % der Zellen tot sind) bestimmt.

4.2.3.7 Mobiles und stationäres Ionenmobilitätsspektrometer

Ein Ionenmobilitätsspektrometer (IMS) ist ein Gerät zur chemischen Analyse. Die Einsatzmöglichkeiten sind vielfältig und reichen von der Detektion von Sprengstoffen bis hin zum Aufspüren von Drogen. Hier wird es zur Erfassung von Gerüchen angewendet. Dabei ist es das Ziel, mittels mathematisch auswertbarer Signalmuster verschiedene typische Gerüche wiederzuerkennen. Die hohe Empfindlichkeit der Messtechnik erlaubt das Erkennen von Geruchsmustern in einer Konzentration nahe beziehungsweise bereits unterhalb der menschlichen Geruchsschwelle.

In der umliegenden Luft befinden sich Stoffe und Stoffgemische, die Geruchswahrnehmungen auslösen können. In der Regel bestehen sie aus einer Vielzahl von Einzelsubstanzen, die in ihrer Wirkung kaum quantitativ beschreibbar sind. Das physikalische Messprinzip beruht auf den unterschiedlichen Driftgeschwindigkeiten von (Molekül-)Ionen im elektrischen Feld in der Luft bei Normaldruck. Mit der Driftgeschwindigkeit wird die Zeit gemeint, die die Molekülionen aufgrund ihrer physikalischen und chemischen Eigenschaften benötigen, um am Detektor zu gelangen.

Die zu analysierende Luft wird zunächst in den Reaktionsraum der Messröhre überführt. Mittels eines schwachen Strahlers werden Moleküle ionisiert und durch ein Driftträgergas weitergeleitet. Diese Ionenwolke wird durch das elektrische Feld zum Detektor hin beschleunigt. Am Detektor werden die Ionen wieder neutralisiert und erzeugen dabei ein Stromfluss, welcher verstärkt und in ein Spannungssignal umgewandelt wird. Dabei entstehen bestimmte Signalmuster mit charakteristischem Spektrum. Damit ist es möglich, Gerüche wiederzuerkennen, nachzuverfolgen und zu unterscheiden. Allerdings können diese Geräte und die Methode an sich keine Auskunft darüber geben, um welche Stoffe es sich handelt.

Um wiederkehrende Signalmuster genau bestimmen zu können, war es notwendig, mit Hilfe des mobilen IMS eine eigene Stoffbibliothek anzulegen. Dabei wurden verschiedene Orte und potentielle Quellen auf sächsischer und tschechischer Grenzseite angefahren und die Außenluft eingemessen. Auch Stoffgemische und sekundäre Produkte wurden somit in der Bibliothek erfasst und konnten später gegebenenfalls zugeordnet werden (Abb. 20).

Beim Einsatz der IMS-Geräte wurden gleichzeitig Winddaten erfasst, um anschließend die Geruchsmuster mit Hilfe der Windrichtung lokalisieren zu können. Bei der Auswertung wurde die Dynamik der Geruchsentwicklung in Hinblick auf Tages- und Wochengang analysiert, um darüber hinaus zu erkennen, ob bestimmte Gerüche zu einem bestimmten Zeitpunkt wiederkehrten (Abb. 21).

Es wurden drei IMS-Geräte während der Wintermessperioden eingesetzt. Zwei Geräte wurden im Winter für jeweils mehrere Monate in den stationären Messcontainern in Lom und Deutschneudorf installiert und zeichneten kontinuierlich Signalmuster auf. Im ersten Winter waren die beiden Geräte im Februar und im März 2017 vor Ort installiert und in der zweiten Periode zwischen November 2017 und Ende März 2018. Im November und Dezember 2018 war die letzte Messkampagne. Das dritte IMS Gerät wurde für mobile Messungen mit dem PKW eingesetzt. In der ersten Saison für 3 Wochen im Februar eingesetzt. Und in der zweiten Saison auch wieder für 3 Wochen insgesamt, aber über mehrere Monate hinweg verteilt. Abgezielt auf geeigneten Witterungsbedingungen, d. h. vor allem bei SO Wind wurden sowohl im Beschwerdekerngebiet um Seiffen und Olbernhau als auch in der unmittelbaren Nähe möglicher Quellen Daten gesammelt. Insgesamt erfolgten innerhalb von 6 Wochen 117 mobile Messungen an 86 Orten. Die Windrichtung an den jeweiligen Tagen bestimmte die Fahrtrichtung, um mitunter den Wirkungsbereich der möglichen Quelle in der Windrichtung zu verfolgen und lokale Beeinflussungen im befahrenen Gebiet zu erfassen. Bei den mobilen Messungen war auch ein Geruchstag mit dabei, der 15.02.2018. An diesem Tag gingen 11 Meldungen bei LfULG ein. Die Fahrstrecke wurde so ausgesucht, dass die Signalmuster in Ortschaften aus denen die Meldungen hervorgingen aufgenommen werden konnten.

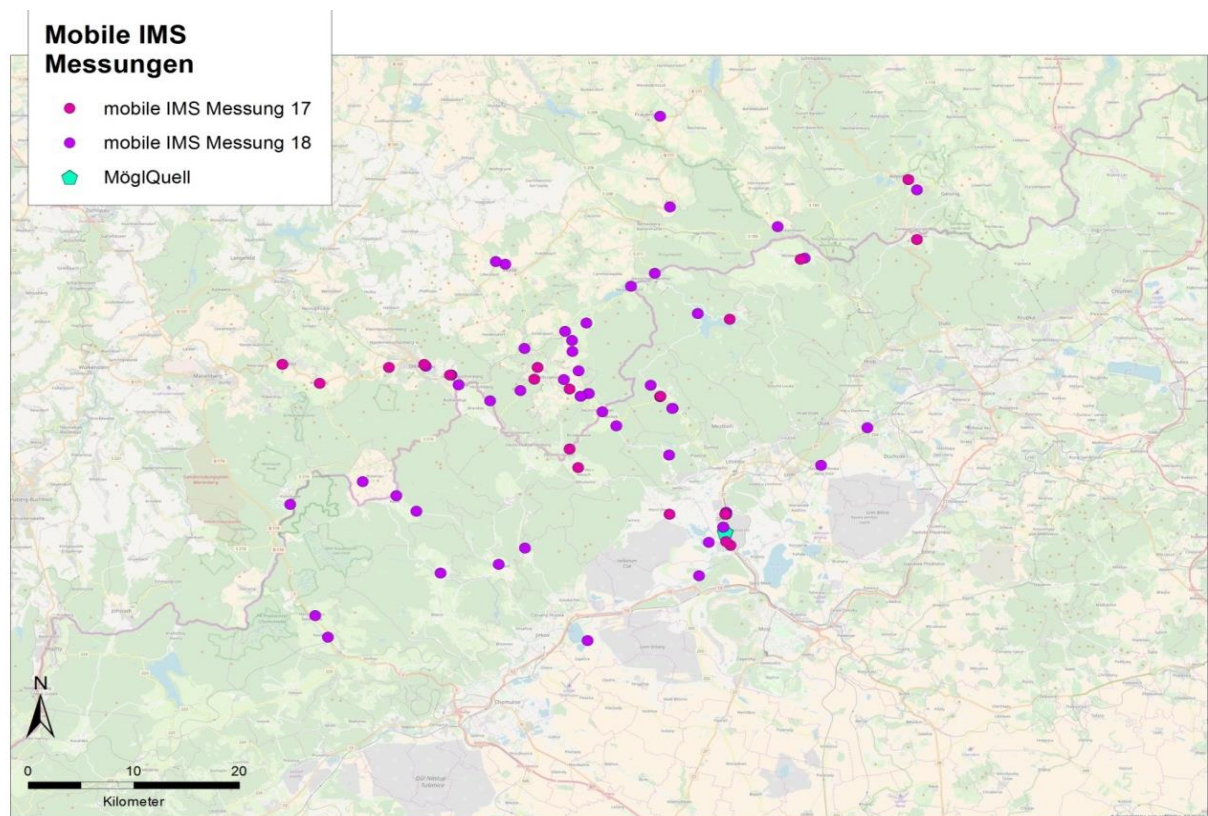


Abb. 20: Karte der Messstandorte bei der mobilen Messung

Bei den Auswertungen sollte der Fokus auf folgende Fragen gerichtet werden:

- Gibt es einen Zusammenhang zwischen den IMS Signalmuster mit den uns bekannten Stoffen?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Signalmustern aus dem mobilen und stationärem Messungen?
- Vergleicht man die Zeiten, in den die Beschwerden auftauchten mit den Stärken der Signalmuster, gibt es einen/mehrere Signalmuster, die auffällig sind?

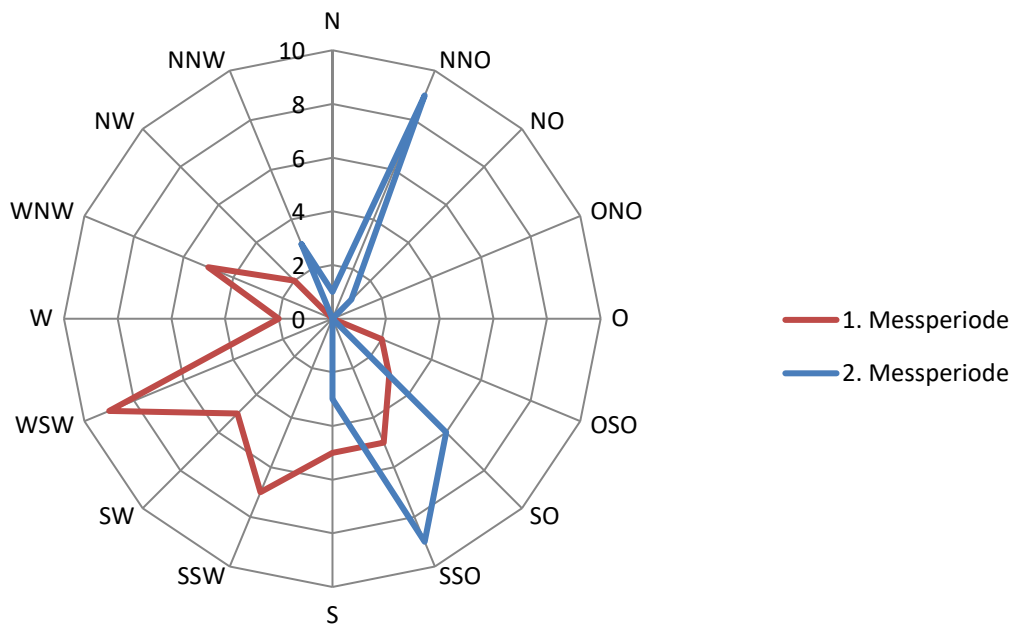


Abb. 21: Darstellung der Windverhältnisse bei den mobilen Messungen.

4.2.3.8 Bioaerosole

Bioaerosole sind ubiquitär über die Luft verbreitete Partikel, denen biologisches Material anheftet. Hierzu zählen u. a. Mikroorganismen wie Bakterien, Schimmelpilze und/oder deren Stoffwechselprodukte. Mikroorganismen-tragenden Partikel sind mit einem Anteil von 25 % des gesamten partikulären Materials in der Luft vertreten (Jones und Harrison, 2004). Lebewesen, Pflanzen, Boden und Gewässer sind Habitate von Mikroorganismen, die über natürliche Emission in die Umwelt entlassen werden. Die natürliche Hintergrundkonzentration hängt neben dem Umweltbereich und den meteorologischen jahreszeitabhängigen Parametern auch von Größe und Form der Partikel ab (Lighthart und Shaffer, 1995; Clauß et al., 2013). Anthropogene Quellen führen zu einer zusätzlichen Emission

von bestimmten Mikroorganismen-tragenden Partikeln. Besonders in der Nähe von Abfallbehandlungs- und Nutzierhaltungsanlagen sind erhöhte Bioaerosolkonzentrationen mit einem partikulären Anteil von bis zu 90 % feststellbar (Aengst, 1984).

Bakterien erreichen eine durchschnittliche Größe von 1 -10 μm und kommen in der Luft als untersuchte Partikelfraktion von 0.65 bis 12 μm AD (aerodynamischer Durchmesser), größtenteils aber $> 7 \mu\text{m}$ AD vor. Aufgrund der Beschaffenheit der Sporen kommen Schimmelpilze im Gegensatz zu Bakterien weitestgehend vereinzelt vor (Clauß, 2015). Mikroorganismen-tragende Partikel sind gesundheitsrelevant in den Partikelgrößenfraktionen $\text{PM}_{2,5}$, PM_4 , PM_{10} und Gesamtstaub. Partikel, besonders aber Partikel kleinerer Fraktionen, können dem Menschen bedeutend werden, sobald es sich um humanpathogene Keime handelt, zumal sehr kleine Partikel sogar bis in die Lunge vordringen können (Sturm, 2012; Fernstrom und Goldblatt, 2013; Projekt UFIREG, 2014).

Seit geraumer Zeit fühlen sich die Menschen im Erzgebirge und Vogtland von Gerüchen belästigt. Diese Gerüche, die aus dem nordböhmischen Industrieviertel gelangen beziehungsweise in Sachsen selbst verursacht werden, nimmt die Bevölkerung als Störung des Wohlbefindens und als Ursache für Erkrankungen wahr. Berichtet wird von allgemeinen Unwohlsein, Kopfschmerzen und Übelkeit, bis hin zu Erbrechen und Durchfall.

Das Ziel ist es, die Bioaerosolkonzentrationen in der Umwelt an den Standorten Deutschnudorf und Lom zu bestimmen und zu bewerten, um deren möglichen Beitrag zu den berichteten Krankheitssymptomen zu klären und diese gegebenenfalls als eventuelle Ursache für Erkrankungen ausschließen zu können.

Zum einen wird die Gesamtbakterienzahl untersucht. Darüber hinaus wird mittels MALDI-TOF MS Analyse und 16S-rRNA Sequenzierung festgestellt, um welche Bakterienarten es sich handelt und ob sie für den Menschen potentiell risikobehaftet sind. Bestimmte Erreger (Staphylokokken, Streptokokken, Enterobakterien sowie Enterokokken) können Entzündungen, Magen-/Darminfekte aber auch Infektionen der Atem- und Harnwege hervorrufen. Außerdem werden Gesamtpilzzahl bzw. Schimmelpilze gemessen. Einige Schimmelpilzarten können in höheren Konzentrationen oder bei längerer Einwirkungszeit Allergien, Infektionen, Husten, Kopfschmerzen oder auch Übelkeit verursachen. Schließlich werden noch Endotoxine, die Zersetzungsprodukte von gram-negativen Bakterien (z. B. *Bacillus cereus*), bestimmt, die in höheren Konzentrationen Atemwegserkrankungen, Fieber oder Entzündungen auslösen können.

Der Messzeitraum pro Winterhalbjahr lag zwischen November und März und beinhaltete sechs oder 7 Messungen je Standort. In den Sommermonaten wurden je zwei Kontrollmessungen durchgeführt. Alle Messungen sind in Tab. 6 zusammengefasst. Messungen

erfolgten bei allen Windrichtungen, jedoch nicht bei jedem Wetter: bei starkem Frost, Regen oder Schneefall waren keine Messungen möglich. Eine mobile Messstation erfasste u. a. die meteorologischen Parameter Temperatur, Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Luftfeuchte, Luftdruck und Globalstrahlung (Abb. 22).

Tab. 6: Zeitlicher Ablauf aller Bioaerosolmessungen und eingesetzte Messtechnik in Lom und Deutschneudorf (DND) während der beiden Wintermessperioden I und II.

Datum	Ort	Jahreszeit	AGI	MAS	Filter	WINDRI	TEMP
22.11.16	LOM	Winter I	X	X	---	O - SO	9.6
28.11.16	LOM	Winter I	X	X	---	W - NNW	0.9
09.12.16	LOM	Winter I	X	X	---	O - NNW	4.8
12.01.17	LOM	Winter I	X	X	---	SW - WSW	3.9
20.02.17	LOM	Winter I	X	X	---	SSW - WSW	7.7
20.03.17	LOM	Winter I	X	X	---	SW - W	12.0
24.07.17	LOM	Sommer I	X	X	X	NO - SO	19.2
01.08.17	LOM	Sommer I	X	X	X	OSO - W	26.3
13.11.16	LOM	Winter II	X	X	---	WSW - NW	4.6
30.11.16	LOM	Winter II	X	X	---	NNO - WNW	2.8
19.12.16	LOM	Winter II	X	X	---	SSW - W	-0.7
05.01.17	LOM	Winter II	X	X	---	SSW - WSW	7.7
30.01.17	LOM	Winter II	X	X	---	WSW - WNW	5.1
20.02.17	LOM	Winter II	X	X	---	N - SSO	1.3
16.07.18	LOM	Sommer II	X	X	X	SSO - NNW	25.3
07.08.18	LOM	Sommer II	X	X	X	ONO - NNW	24.7
26.01.17	DND	Winter I	---	X	---	OSO - SO	-3.9
06.02.17	DND	Winter I	X	X	---	W - NW	0.9
13.02.17	DND	Winter I	X	X	---	OSO - SO	0.9
15.02.17	DND	Winter I	X	X	---	O - OSO	7.3
09.03.17	DND	Winter I	X	X	---	NW - NNW	5.2
13.03.17	DND	Winter I	X	X	---	O - SSW	3.8
23.03.17	DND	Winter I	X	X	---	OSO - SO	3.8
18.07.17	DND	Sommer I	X	X	X	OSO - S	17.9
15.08.17	DND	Sommer I	X	X	X	ONO - SO	21.0

23.11.17	DND	Winter II	X	X	---	N - ONO	5.6
07.12.17	DND	Winter II	X	X	---	ONO - SSO	3.0
12.12.17	DND	Winter II	X	X	---	SW - WNW	1.1
25.01.17	DND	Winter II	X	X	---	NO - O	4.3
05.03.17	DND	Winter II	X	X	---	O - OSO	-2.3
08.03.17	DND	Winter II	X	X	---	WSW - NW	4.8
25.07.08	DND	Sommer II	X	X	X	NNW - ONO	25.3
30.07.18	DND	Sommer II	X	X	X	SSO - W	27.1

Die Bioaerosole wurden aus der Luft in eine Sammellösung oder direkt auf bestimmte Nährböden überführt. Für Bakterien (nach VDI 4252 Blatt 3) und Endotoxine wurden sogenannte Impinger (AGI – *all glas impinger*) eingesetzt. Damit die Sammellösung (0,9 % Natriumchloridlösung für Bakterien und destilliertes Wasser für Endotoxine – je 30 ml) gerade bei Temperaturen im Minusbereich keine Eiskristalle bildet, wurde ein Wärmekryostat während des Impingementverfahrens eingesetzt. Bakterien können auch – wie Pilze – mit Impaktoren (MAS-100 Eco® - MBV AG) direkt auf verschiedene Nährböden gesammelt werden. Im Sommer wurden die Schimmelpilze aber mit Hilfe von bestimmten Kleinfiltergeräten nach VDI 4252 Blatt 2 abgeschieden.



Abb. 22: Messstelle Deutschneudorf (oben) und Steinbruch (unten) mit Messstation und Messtechnik-Nickelmontage im Winter.

Die Aufbereitung der Impingementproben erfolgte im Labor über Filtration der gesamten Sammellösung mit anschließender Kultivierung auf einen Universalnährboden (TSA – Tryptose soya agar). Die direkt beprobten Nährböden der Impaktorproben kamen ohne weitere Aufbereitung in den Brutschrank. Für die Schimmelpilzbestimmung im Sommer wurden die beprobten Filter mittels einer Verdünnungsreihe aufbereitet. Von den Endotoxinproben wurden je 5 ml in sterile Röhrchen überführt und bis zur Analyse (CUP Laboratorien Dr. Freitag) bei -20 °C weggefroren. Tab. A. 7 gibt einen Überblick über die einzelnen Verfahren im Labor.

Nach der kulturellen Anzucht wurden die bakteriellen koloniebildenden Einheiten (KBE) für eine anschließende MALDI-TOF MS Analyse (Ripac Labor) subkultiviert, um die Bakterienflora nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ zu bewerten. Konnten Spezies mittels MALDI-TOF MS Analyse nicht identifiziert werden, folgte eine Clusteranalyse dieser unbekanntes Isolate, um Ähnlichkeiten von Spezies festzustellen. Jeweils ein Isolat stellvertretend für ein Cluster wurde anschließend mittels 16S-rRNA-Sequenzierung identifiziert.

4.3 TEILPROJEKT 2: PROBANDENPROGRAMM ZUR MESSUNG UND DOKUMENTATION VON GERUCHSEREIGNISSEN

4.3.1 Dynamische Olfaktometrie DIN 13725

Im Rahmen dieser Teilstudie des Projektes wurden Freiwillige aus der Bevölkerung in den betroffenen Gebieten gesucht. Ziel ist es, dass sie v. a. in den Wintermonaten die Geruchssituation systematisch verfolgen und dokumentieren.

Die Probanden wurden gemäß der EU DIN 13725 und den gültigen Standards einer olfaktometrischen Prüfung geschult. Vereinfacht gibt diese Norm vor, dass der Raum geruchsfrei und angenehm sein soll, gut gelüftet, aber auch frei von direkter Sonneneinstrahlung und Geräuschquellen. Weiter sollen bei der Zusammenstellung des Probandenpanels darauf sorgfältig geachtet werden, dass die Prüfpersonen mindestens 16 Jahren sind, dass sie eine halbe Stunde vor und während der olfaktometrischen Messung / Prüfung nicht essen, rauchen und trinken (außer Wasser) dürfen. Bei einer Erkältung oder einer Unpässlichkeit, die den Geruchssinn beeinträchtigen würde, sollte der Teilnehmer bei der Prüfung unbedingt ausgeschlossen werden. Die Prüfung erfolgt dann an mindestens 3 Messkampagnen an verschiedenen Tagen mit einer Unterbrechung von jeweils mindestens einem Tag zwischen den Kampagnen. Die Probanden müssen eine Viertelstunde vor Beginn der Prüfung im Riechraum anwesend sein, damit sie sich an die Gerüche in der Umgebung des Messraums gewöhnen können. Während der Prüfung werden mindestens 10 einzelne Schwellenschätzungen ITE (individual threshold estimates) mit dem Referenzgas erhoben. Als Referenzgas werden in der Regel n-Butanol und Stickstoff verwendet.

Ziel ist es, Probanden zu finden, die weder „Super“-Nasen“ noch „Nicht“-Riecher sind. Gesucht wurden durchschnittliche Riecher, also Leute, die den repräsentativen Teil der Bevölkerung vertreten. Die Auswertung der Prüfungen wurde durch den zertifizierten Auf-

tragnehmer, der die olfaktometrische Prüfung normkonform abgesichert hatte, durchgeführt. Eine Klassifizierung stufte dann die geprüften Personen als gut, wenig und gar nicht geeignet.

Am Ende wurden 12 auf der tschechischen Seite und 11 Probanden auf der sächsischen Seite ausgesucht. Vom Geschlecht her überwiegen in Tschechien geringfügig Frauen, während bei den deutschen Probanden mehr Männer dominieren. Im Altersdurchschnitt sind die Tschechen um ca. 10 Jahre jünger als die Deutschen.

4.3.2 Geruchsprobandenprogramm

Mit Hilfe dieser Teilstudie soll herausgefunden werden, ob es einen signifikanten Unterschied in der Wahrnehmung von Geruch (Häufigkeit, Art) und der Verteilung der Geruchsepisoden zwischen den Probanden und den allgemeinen Beschwerden, die beim LfULG eingehen, gibt. Es soll außerdem herausgefunden werden, ob die Bestandteile des Geruches im unmittelbaren Zusammenhang mit bestimmten Witterungsverhältnissen, aber auch gesundheitlichen Beeinträchtigungen der Bevölkerung stehen. Darüber hinaus sollen potentielle Quellen untersucht, bestätigt oder ausgeschlossen werden.

Zu diesem Zweck wurde ein Geruchstagebuch konzipiert, in dem die auftretenden Gerüche dokumentiert werden: beispielsweise Datum und Uhrzeit, sowie die Art und die Intensität des Geruchs. Darüber hinaus ist für das Projekt interessant, ob sich der jeweilige Proband im Projektgebiet durchgehend aufgehalten hat. Manche der tschechischen Probanden verfügten über kleine persönliche Spirometer, damit sie sich selbst auf das Atmenvermögen untersuchen können.

Das Probandenprogramm lief in den Herbst-/Wintermonaten von November bis März 2017 und 2018 bzw. in November und Dezember 2019. Einige Probanden dokumentieren die Geruchsereignisse auch über die Frühjahrs- und Sommermonate hinweg.

Zusätzlich zum Geruchstagebuch wurden einige Probanden mit speziellen Kanistern der Firma Restek ausgestattet, um bei besonders intensiven Geruchsereignissen eine Luftprobe zu nehmen.

Zum Beginn des Projektes sind unter der Absprache mit dem Projektpartner Gesundheitsamt Ústí (ZU Ústí) spezielle Kanister angeschafft worden. Als Anforderung an die Probenahmebehälter wurde eine höchst inerte Innenbeschichtung deklariert, die eine mehrere Tage mögliche Aufbewahrung der Proben ohne Verlust ermöglicht. Deswegen mussten einfache Kanister (TO-Can) mit einer einfachen metallischen Beschichtung der Behälter

vermieden werden, denn die Schwefelverbindungen können mit der Metalloberfläche reagieren und das führt automatisch zum Qualitätsverlust der Luftproben. Aus dem Grunde wurden Silco-Can angeschafft.

Der mit Luft befüllte Kanister wurde von den Projektmitarbeitern abgeholt und innerhalb der kürzesten Zeit direkt im Labor zugeführt, um die im Kanister befindlichen Stoffe zu analysieren. Zwischen der Luftprobenahme und der eigentlichen Analyse sollten nicht mehr als 4 Tage liegen. Sonst besteht die Gefahr, dass die Proben zu Sekundärprodukten zerfallen. Die Luftproben werden im Labor unter bestimmten Bedingungen auf Thermo-desorptionsröhrchen überführt. Zum jeweils einem Drittel wird die Proben auf SulfiCarb zur Thioanalyse geleitet. Ein weiteres Drittel auf Carboxen-Carbograph-Tenax Röhrchen (wiewere VOC Analyse) und der restliche Drittel wird zur eventuellen späteren Analysen aufbewahrt. Abschliessend werden die Proben mit einen GC – MS Gerät identifiziert (Gaschromatograph – Massenspektrometer mit einer Thermodesorption)

Das Labor vom Gesundheitsamt (ZÚ Ústi) in Hradec Králové hatte aus Projektmitteln diverse Gasstandards eingekauft. Mit Hilfe dieser Standards werden Geruchstoffe quantifiziert.

Die Probanden füllen bei der Luftprobenahme einen Inforamtionszettel aus. Unter anderem werden Datum, Zeit und Ort angegeben, sowie eine subjektive Einschätzung des Geruches, der Geruchsintensität und der Windrichtung. Die in den Kanistern befindlichen Stoffe sollen in der Kombination mit einfachen Rückwärtstrajektorien, die mit Hilfe von HySplit Verfahren berechnet werden, eine Auskunft über die Herkunft der Stoffe und damit auch über die Quelle geben.

4.4 TEILPROJEKT 3: EINSCHÄTZUNG DER GERUCHSBELASTUNG UND AUSWIRKUNGEN DER GERUCHSEPIDODEN UND LUFTSCHADSTOFFE

4.4.1 Primärdatenanalysen¹

4.4.1.1 Fokusgruppen

Insgesamt wurden im Projekt fünf Fokusgruppen als Gruppendiskussionen durchgeführt, zwei auf sächsischer und drei auf tschechischer Seite; a) Gruppendiskussion – Teil I wurde zur Entwicklung von quantitativen Fragebögen durchgeführt, b) Gruppendiskussion – Teil II diente der Verwertung der Ergebnisse.

Die Diskussionen wurden auf Tonband aufgenommen. Die Auswertung der 60-90minütigen Diskussionen erfolgte mittels Zusammenfassung zentraler Diskussionsaspekte und Unterlegung der Aussagen durch Zitate (Schulz et al., 2012).

Fokusgruppe mit der Bevölkerung und Fachöffentlichkeit

Es wurden Gruppendiskussionen auf sächsischer und auf tschechischer Seite durchgeführt. Durch frühere empirische Studien sowie Vorwissen der Wissenschaftler/-innen in dem Themenbereich wurde ein deduktives Vorgehen gewählt (Schulz et al., 2012). Vorhandenes Wissen, welches durch die Auftragsforschung des Sächsischen Staatsministeriums für Soziales und Verbraucherschutz generiert bestand (Zscheppang et al., 2016), wurde in den strukturierten Leitfaden aufgenommen. Anhand eines strukturierten Leitfadens diskutierten die Teilnehmer in einer face-to-face Situation die Themen: 1) Luftqualität, Geruchseignisse, 2) Reden über und Melden von Geruchseignissen sowie 3) mögliche gesundheitliche Folgen im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet. Die Teilnehmer aus Sachsen wurden zudem gebeten einen kurzen soziodemografischen Fragebogen, der Angaben wie Alter, Geschlecht, Wohnort und Bildungsabschluss enthält, auszufüllen.

Vier männliche Teilnehmer aus der Bevölkerung über 18 Jahren, die in von Geruchseignissen betroffenen Gebieten in Sachsen wohnen, nahmen an der Fokusgruppe am 04. April 2017 in Olbernhau, Sachsen teil. Sie wurden über eine Pressemitteilung in der Freien

¹ Die Erhebung und Analyse von Primärdaten wurden der Ethikkommission an der Technischen Universität Dresden zur Prüfung vorgelegt. Ein Ethikvotum liegt vor (Aktenzeichen EK509122016). Der Datenschutzbeauftragte der Technischen Universität stimmte dem Vorhaben unter Einhaltung der Datenschutzgrundverordnung zu. Das Einverständnis der Teilnehmer auf der tschechischen Seite liegt vor, der Datenschutz wurde eingehalten.

Presse („Böhmische Luft: Teilnehmer für Diskussion gesucht“; erschienen am 28.03.2017) rekrutiert. Sie waren zwischen 65 und 68 Jahren alt (Tab. A. 8).

Zwei Fokusgruppen wurden in der Tschechischen Republik mit Teilnehmern aus der Fachöffentlichkeit am 02.11.2016 in Ústí nad Labem sowie am 22.11.2016 in Litvinov durchgeführt. An der ersten Diskussion nahmen 19 Vertreter, an der zweiten 13 Teilnehmer aus Ministerien und Verwaltung, die im Bereich Umwelt oder Gesundheit tätig sind, teil.

Fokusgruppen mit Experten

Der Leitfadenfragebogen wurde aus den Ergebnissen der quantitativen Befragungen erstellt. Es wurden Ergebnisse der quantitativen Befragungen in den Themen Luftqualität, Gerüche unter den Teilnehmern diskutiert und Strategien zur Kommunikation mit der Zielgruppe Bevölkerung versucht zu entwickeln.

Neun weibliche und männliche Experten aus den Bereichen Umwelt, Gesundheit und Bildung nahmen an der Fokusgruppe am 27.03.2019 in Olbernhau teil. Die Teilnehmer wurden anhand eines bestehenden Netzwerkes durch die Wissenschaftler/-innen der TU Dresden rekrutiert. Die Teilnehmer, darunter Mitarbeiter von Umweltbehörden, Studenten für Umweltwissenschaften sowie Psychologen aus der Tschechischen Republik trugen mit ihrer Expertise.

4.4.1.2 Quantitative Befragungen

Im Forschungsdesign war vorgesehen, (a) eine Patientenbefragung (Winter 2016/17, Winter 2017/2018) (b) eine repräsentative Bevölkerungsbefragung (Winter 2017/2018) im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet durchzuführen (Abb. 23).

meisten Geruchsbeschwerden substituiert. Ziel war es, detaillierte Einblicke in Lebensumstände, Geruchsbelastung und Gesundheitsempfinden zu erhalten. Darüber hinaus wurde wie geplant die (b) repräsentative Bevölkerungsbefragung im gesamten Untersuchungsgebiet per Telefon (24 Gemeinden, >17 Jahre) durchgeführt.

Auf tschechischer Seite liegt die länderspezifische Besonderheit vor, dass es nur noch einen sehr geringen Anteil von privaten Festnetzanschlüssen gibt. Aus diesem Grund ist eine (auch nur annähernd) repräsentative Kontaktierung der Grundgesamtheit durch diesen Modus nicht möglich. Zwei getrennte postalische Befragungen waren aus ökonomischen Gründen nicht möglich, aber auch aus forschungslogischen nicht sinnvoll: Die geringe Bevölkerungsdichte auf tschechischer Seite hätte voraussichtlich dazu geführt, dass durch eine gesonderte Befragung eines tschechischen Kerngebietes keine verwertbare Anzahl an Fragebögen hätte generiert werden können. Es wurde sich deshalb dafür entschieden, auf tschechischer Seite nur eine postalische Befragung im gesamten Untersuchungsgebiet durchzuführen, welche die Fragen aus beiden Umfragen auf deutscher Seite vereint.

Postalische Befragung

Sowohl in Deutschland als auch in Tschechien wurde eine vollstandardisierte quantitative Paper&Pencil-Befragung durchgeführt.

Sachsen (Deutschland): Durch eine einfache Zufallsauswahl aus dem Register der Einwohnermeldeämter wurde eine 25%-Stichprobe (N= 3.652) gezogen. Die zufällig ausgewählten Personen wurden per Post angeschrieben mit der Bitte, an der Befragung teilzunehmen. Die Teilnehmer erhielten ein personalisiertes Anschreiben, einen Fragebogen (inkl. kostenfreiem Rückumschlag) sowie einen Link, der ihnen ermöglichte, die Befragung alternativ online auszufüllen. Im Vorfeld der Befragung wurde vom LfULG eine Pressemitteilung veröffentlicht sowie in lokalen Zeitungen die Bevölkerung gebeten an der Befragung teilzunehmen, falls man einen Brief zugesendet bekommt. Die Feldphase begann am 23.02.2018 mit dem Versenden des Einladungsschreibens (Erinnerungsschreiben Versand 07.03.2018) und endete am 24.04.2018. Es wurden 1.723 Fragebögen zurückgesandt (Rücklaufquote: 51,1%).

Tschechische Republik: Aufgrund landesspezifischer Datenschutzaufgaben war eine Stichprobenziehung über die Einwohnermeldeämter nicht möglich. Durch die geringe Bevölkerungsdichte im tschechischen Untersuchungsgebiet konnten alle Haushalte (N=2.562) per Postwurfsendung angeschrieben werden. Das Einladungsschreiben wurde am 23.03.2018 versandt (erstes Erinnerungsschreiben 15.5.2018; zweites Erinnerungsschreiben 29.05.2018). Es wurden insgesamt 130 Fragebögen zurückgesandt (Rücklaufquote:

5,1%). Darüber hinaus war es möglich, über die Website des ZU an der Umfrage online teilzunehmen (N=30).

Vergleich Rücklaufquoten

Die Rücklaufquote ist mit über 50% in Deutschland sehr viel höher als in Tschechien (5,1%). Dies kann unterschiedliche Gründe haben, welche im Folgenden kurz reflektiert werden.

Land: Beispielsweise durch kulturelle Unterschiede aber auch durch einen unterschiedlichen länderspezifischen Erfahrungswert mit Befragungen, ist es möglich, dass das das Herkunftsland der Befragten einen Einfluss auf den Rücklauf besitzt. Studien, welche Rücklaufquoten von Deutschland und Tschechien vergleichen, sind den Autoren nicht bekannt, weshalb die Stärke des Faktors nicht abgeschätzt werden kann.

Anschreiben: In der Fachliteratur herrscht Konsens, dass ein personalisiertes Anschreiben den Rücklauf erhöht. Deshalb ist anzunehmen, dass das personalisierte Anschreiben einen positiven Einfluss auf die Rücklaufquote hatte.

Absender: Der Absender besitzt mitunter einen starken Einfluss auf den Rücklauf. In Deutschland war dieser die Technische Universität Dresden. Auf tschechischer Seite hingegen war es das Gesundheitsamt Usti (Zdravotní Ústav se Sídelem Ústi nad Labem). Der jeweilige andere Projektpartner war als Kooperationspartner im Anschreiben aufgeführt. Für Deutschland ist belegt, dass Universitäten im Allgemeinen und insbesondere diejenigen mit regionaler Nähe zum Untersuchungsgebiet als Absender, einen besonders positiven Einfluss auf den Rücklauf besitzen (Reuband, 2001). Studien, welche diesen Effekt für Gesundheitsämter untersuchen, sind den Autoren nicht bekannt. Durch den besonders starken positiven Effekt von Universitäten als Absender in Deutschland, wird angenommen, dass auch dies zu einem höheren Rücklauf in Deutschland geführt hat.

Erinnerungsschreiben: In Tschechien wurde ein Erinnerungsschreiben mehr versandt als in Deutschland, was sich positiv auf den tschechischen Rücklauf ausgewirkt haben sollte.

Länge des Fragebogens: Wie beschrieben, wurden in Deutschland zwei, in Tschechien hingegen nur eine Befragung durchgeführt, welche die Fragen aus beiden Befragungen in Deutschland enthielt. Die Länge der Befragung hat einen negativen Einfluss auf die Rücklaufquote, da es die persönlichen Kosten (also die investierte Zeit) für die Teilnehmer erhöht.

Involvement: Die Relevanz des Themas scheint in Deutschland größer zu sein als in Tschechien (siehe Ergebnisteil). Interesse am Thema sowie persönliche Betroffenheit erhöhen die Rücklaufquote. Darüber hinaus gibt es auf tschechischer Seite nicht nur Betroffenheit

i.S.v. einer Geruchsbelästigung. Die von der Bevölkerung vermuteten Verursacher (tschechische Industrieanlagen) sind häufig die Arbeitgeber der ansässigen Bevölkerung. Auch diese Abhängigkeit könnte einen Einfluss auf die Rücklaufquote besitzen.

Insgesamt wurden sechs Faktoren identifiziert, die sich in beiden Ländern unterscheiden und die laut methodischem Forschungsstand einen Einfluss auf die Rücklaufquote besitzen. Es ist allerdings nicht auszuschließen, dass weitere Faktoren einen Einfluss hatten. Darüber hinaus ist nicht abschätzbar, a) wie groß der Einfluss der einzelnen Faktoren ist und b) ob diese miteinander interagieren. Besonders interessant für das vorliegende Forschungsprojekt ist das Involvement, denn dies ist bereit vor der Datenanalyse ein Indiz dafür, dass das Thema auf deutscher Seite als wichtiger eingeschätzt wird als in Tschechien.

Telefonbefragung

Es wurde eine quantitative vollstandardisierte Telefonbefragung (Computer Assisted Telephone Interview, CATI) der deutschsprachigen Bevölkerung im sächsischen Untersuchungsgebiet durchgeführt (24 Gemeinden). Die Befragung wurde vom Zentrum für empirische Sozialforschung (ZeS) am Institut für Sozialwissenschaften der Humboldt-Universität zu Berlin ausgeführt. Zielgröße waren 200 abgeschlossene Interviews im Kerngebiet und 300 im Randgebiet. Die Hochquotierung des Kerngebietes wurde vorgenommen, um eine ausreichend große Stichprobe zu generieren damit Kern- und Randgebiet verglichen werden können. Die Stichprobe der Telefonbefragung wurde durch eine zweifache Zufallsauswahl (Gabler-Häder-Design und Last-Birthday-Methode) gezogen. Vom 25.01.2018 bis zum 12.03.2018 wurden 9.572 Personen angerufen und 516 abgeschlossene Interviews generiert (Rücklaufquote: 26,4%).

Repräsentativität

Sachsen: Die Daten beider Erhebungen wurden mit Angaben des statistischen Landesamtes verglichen. Die Daten der postalischen Befragung wurden darüber hinaus mit der 25%-Stichprobe der Meldeämter verglichen. In Bezug auf Alter, Geschlecht und Wohnort gab es keine inferenzstatistischen Unterschiede, weshalb die Daten für diese Variablen repräsentativ sind

Operationalisierung

Wie beschrieben war die postalische Befragung in Tschechien eine Kombination aus beiden Fragebögen in Deutschland. Der Fragebögen wurden nach Möglichkeit identisch gehalten. Aus inhaltlichen sowie aus Gründen der Zumutbarkeit bezüglich der Länge, war dies nicht immer möglich. So ist bspw. der Begriff Böhmischer Nebel in Tschechien nicht

geläufig. Darüber hinaus beschreibt der Begriff umgangssprachlich, dass aufgrund bestimmter Wetterlagen übelriechende Luftmassen von Böhmen nach Sachsen gelangen. So kann der sog. Böhmisches Nebel bereits per Definition nicht in Böhmen auftreten.

Im Folgenden ist die Operationalisierung, getrennt für Telefon- und P&P-Befragung wie sie in Deutschland stattgefunden hat, beschrieben.

Telefonbefragung (Dt.):

- Wahrnehmung der Luftqualität: Über einen zeitlichen [2] sowie einen räumlichen Vergleich mit anderen Gebieten wurde die Wahrnehmung der Luftqualität im Erzgebirge abgefragt. Darüber hinaus wurde erfasst, ob die Luftqualität den eigenen Gesundheitsstatus beeinflusst sowie eine indirekte Abfrage, ob man sich sorgt, dass die Luft generell den Gesundheitszustand der Bevölkerung beeinflussen.
- Unangenehme Gerüche: Es wurde nach Vorhandensein sowie Auftrittshäufigkeit (Jahreszeit und Frequenz) und Auftrittsort von sowie Gestörtsein durch unangenehme Gerüche im Allgemeinen abgefragt. Darüber hinaus, wurde abgefragt nach was es riecht (geschlossene Abfrage, basierend auf Ergebnissen der Gruppendiskussion I). Außerdem wurde erfasst, ob Maßnahmen ergriffen werden, um den Kontakt mit den Gerüchen zu vermeiden.
- Geruchstelefon: Es wurde abgefragt, inwiefern das Geruchstelefon bekannt ist und ob dort schon einmal angerufen wurde.
- Böhmisches Wind: Es wurde erfasst, ob der Begriff bekannt ist sowie – bei Verneinung – ob das Phänomen bekannt ist (gestützte Abfrage). Darüber hinaus wurden die Wahrnehmung des Themas in den Medien sowie die Relevanz in Alltagsgesprächen abgefragt.
- Rauchen: Es wurde erfasst ob der Befragte oder eine andere Person im Haushalt raucht.
- Soziodemografie: Wohnort, Alter, Geschlecht, höchster Bildungsabschluss, Beruf

Postalische Befragung(Dt.)

- Gesundheitszustand: Durch den SF-12v1 Gesundheitsfragebogen, welcher sowohl in tschechischer als auch in deutscher Sprache validiert wurde, wurde der selbst eingeschätzte Gesundheitszustand erfasst. Der Fragebogen umfasst zwölf Fragen (z.B. zur allgemeinen Gesundheitswahrnehmung, Vitalität, Soziale Funktionsfähigkeit). Aus den erhobenen Daten wurde nach den Anweisungen von Bullinger und Kirchberger (1998) zwei Summenskalen (physische und mentale Gesundheit) gebildet

-
- Erkrankungen: Es wurden eine Reihe von geruchs- bzw. luftassoziierten Symptomen (z.B. Husten, Kurzatmigkeit, brennende Augen) sowie die Häufigkeit ihres Auftretens erfasst. Darüber hinaus wurden verschiedene Krankheiten (z.B. Herz-Kreislaufkrankungen, Asthma) erfasst.
 - Umweltbesorgnis: Zur Erfassung der Umweltbesorgnis wurde die von Rethage (2007) entwickelte Skala verwendet, welche sowohl die allgemeine Umweltbesorgnis als auch eine geruchsspezifische Umweltbesorgnis erfasst
 - Umwelteinflüsse: Es wurde erfasst, ob sich produzierendes Gewerbe in der näheren Umgebung befindet. Außerdem wurde im Allgemeinen erfasst, ob und wie häufig verschiedene Ereignisse (Lärm, Smog, Rauch/Qualm, Geruch, Verkehrsaufkommen) auftreten und wie sehr sich die Befragten davon gestört fühlen.
 - Böhmischer Wind: Anschließend wurde im Speziellen nach der Auftrittshäufigkeit, dem Gestörtsein und der Beeinträchtigung des Gesundheitszustandes durch den sog. Böhmischen Nebel gefragt.
 - Rauchen: Es wurde erfasst ob und seit wann der Befragte raucht bzw. ob und wie lange er geraucht hat oder eine andere Person im Haushalt raucht.
 - Probleme, die von der Politik gelöst werden sollte: Es wurde offen abgefragt, welche Probleme in der Umgebung schnell gelöst werden sollten
 - Soziodemografie: Wohnort, Alter, Geschlecht, höchster Bildungsabschluss, Beruf

4.4.2 Sekundärdatenanalyse

Die Sekundärdatenanalyse untersuchte die Effekte auf die Bevölkerung, die nach einer durch Gerüche oder Luftschadstoffe verursachten Exposition auftreten und zu Krankenhausaufnahmen oder Todesfällen führen. Sie verfolgte das Ziel, unmittelbare, verzögerte und kumulative Effekte der Expositionen während eines mehrjährigen Untersuchungszeitraums statistisch zu prüfen.

Basis der Auswertung für die sächsischen Untersuchungsgebiete bildeten die Krankenhaus- und Todesursachenstatistiken der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder (Statistisches Landesamt und Geschäftsstelle, 2019). In ihnen wurden die Diagnosen aller Krankenhäuser sowie Vorsorge- und Rehabilitationseinrichtungen in Deutschland tagesaktuell nach der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD-10) erfasst. Damit ließen sich unter anderem regionale Häufungen von Erkrankungen analysieren und international vergleichend auswerten.

In den sächsischen Untersuchungsgebieten wurden die Daten der Krankenhausstatistik für die Jahre 2012 bis 2016 und die Daten der Todesursachenstatistik für die Jahre 2012 bis 2015 analysiert (Statistisches Landesamt & Geschäftsstelle, 2019). Die Krankenhaus- und Todesursachenstatistiken für das tschechische Untersuchungsgebiet lagen dem Gesundheitsinstitut Ústí nad Labem für die Jahre 2012 bis 2017 vor.

Die Auswertung wurde jeweils für das sächsische Kern- und Randgebiet sowie für das tschechische Untersuchungsgebiet separat durchgeführt.

Im sächsischen Kerngebiet umfasste die Analyse die Gemeinden Deutschneudorf, Heidersdorf, Neuhausen, Olbernhau/Pfaffroda und Seiffen, in denen es am häufigsten zu einer Exposition durch Gerüche kommt. Die Diagnosen der Krankenhaus- und Todesursachenstatistik wurden mit den Geruchsmeldungen sowie mit den Umwelt- und Schadstoffparametern der Luftmessstationen Annaberg-Buchholz und Schwartenberg assoziiert. Die Daten der Luftmessstation in Deutschneudorf – die für die Auswertung ebenfalls geeignet waren – lagen seit Anfang des Jahres 2017 vor, jedoch waren die Daten der Krankenhaus- und Todesursachenstatistik für die sächsischen Untersuchungsgebiete zum Zeitpunkt der Auswertung nur bis zum Jahr 2016 bzw. 2015 verfügbar.

Das sächsische Randgebiet wurde durch die Städte Annaberg-Buchholz, Aue und Marienberg repräsentiert. Alle drei Gemeinden waren sich in Bezug auf die Schadstoffbelastung und meteorologische Parameter ähnlich (Zscheppang et al., 2014). Krankenhauseinweisungen und Todesursachen wurden mit den Daten der Hintergrundstation Annaberg-

Buchholz assoziiert. Für die Auswertung im tschechischen Untersuchungsgebiet wurden die Daten der Luftmessstation Lom verwendet.

Um den Einfluss der Geruchsbelastung und der gemessenen Schadstoffe auf Krankenhauseinweisungen und Todesursachen näher zu bestimmen, wurden die in den Statistiken dokumentierten ICD-10-Diagnosen auf der Grundlage des Forschungsstandes (Aatamila et al., 2011; Blanes-Vidalet al., 2012) sowie der bereits abgeschlossenen Forschungsprojekte im Erzgebirge (Zscheppang et al., 2014; Zscheppang et al., 2016) zunächst in fünf Hauptdiagnosegruppen eingeteilt: Dies sind alle Natürlichen Ursachen (ICD-10 A00-R99) sowie die ICD-10-Kapitel für Kardiovaskuläre Erkrankungen (ICD-10: I00-I99), Respiratorische Erkrankungen (ICD-10: J00 -J99), Krankheiten des Verdauungssystems (ICD-10: K00-K93) und andernorts nicht weiter klassifizierte Symptome und Befunde (ICD-10: R00-R99). Die ICD-10-Kategorien I, J, K und R bilden ursachenspezifische Diagnosen ab, die auf die Schadstoffbelastung der Luft zurückgeführt werden können. Um Effekte so exakt wie möglich zu bestimmen, wurde jede der Hauptdiagnosegruppen weiter unterschieden. Eine Übersicht über alle untersuchten Diagnosen und Diagnosegruppen enthält die Tab. A. 9.

Die anschließende Auswertung der Krankenhausstatistik erfolgte für alle Diagnosegruppen. Die Todesursachenstatistik wurde hingegen nur für die Hauptdiagnosegruppen untersucht.

Als Einflussgrößen auf Krankenhauseinweisungen und Todesfälle wurden die Geruchsbelastungen auf Basis der tagesaktuellen Geruchsmeldungen² sowie die an den Stationen gemessenen Luftschadstoffe PM₁ Ruß, PM₁₀³, ultrafeine Partikel der Größenklasse 20-100nm sowie die gesamte Konzentration von Partikeln der Größenklasse 20-800nm berücksichtigt. Um zeitlich verzögerte einfache Effekte darzustellen, beinhalteten die statistischen Modelle verschiedene Lags der Einflussgrößen (lag 0 bis lag 5):

- lag 0 = Tag des Ereignisses
- lag 1 = 1 Tag vor dem Ereignis
- lag 2 = 2 Tage vor dem Ereignis
- lag 3 = 3 Tage vor dem Ereignis
- lag 4 = 4 Tage vor dem Ereignis
- lag 5 = 5 Tage vor dem Ereignis

² Auswertung nur für das sächsische Kerngebiet. Im tschechischen Untersuchungsgebiet war die Anzahl der gemeldeten Geruchsereignisse für eine statistische Auswertung zu gering.

³ Auswertung nicht für das sächsische Randgebiet.

Lag 0 bedeutet hier, dass eine Wirkung (bspw. eine Krankenhauseinweisung) am selben Tag wie eine Exposition (bspw. durch Geruchsbelastung) beobachtet werden kann. Lag 1 bis lag 5 bedeutet, dass der Effekt zeitverzögert (um 1, 2, 3, 4 bzw. 5 Tage) eintritt. Unmittelbare, verzögerte und kumulative Effekte wurden zusätzlich als Mehrtagesmittel der Einflussgrößen berücksichtigt (Armstrong, 2006):

- lag 0-1 = unmittelbarer Effekt (2-Tagesmittel)
- lag 2-5 = verzögerter Effekt (4-Tagesmittel)
- lag 0-5 = kumulativer Effekt (6-Tagesmittel)

Neben Geruchsereignissen und Luftschadstoffen wurden verschiedene Störgrößen kontrolliert. Dies waren die durchschnittliche Tageslufttemperatur und die durchschnittliche Tagesluftfeuchte (jeweils mit Lag 0-1 und Lag 2-13) als meteorologische Daten. Zusätzlich wurden der zeitliche Trend, Wochen- und Feiertage, Ferienzeiten (vermutete Änderung der Gesamtpopulation) und Grippeepidemien kontrolliert.

Die Auswertung der Daten erfolgte mittels einer Poisson-Regressionsanalyse unter Berücksichtigung einer Überdispersion⁴. Regressionsanalysen modellieren den Zusammenhang zwischen einer oder mehreren unabhängigen Einflussvariablen (hier: Geruchsereignisse, Luftschadstoffe) und einer abhängigen Variable (hier: Krankenhauseinweisungen, Todesfälle). Poisson-Regressionsanalysen sind insbesondere für die Auswertung von Zähldaten⁵, wie etwa das Auftreten von Erkrankungen, Krankenhauseinweisungen oder Todesfälle geeignet (Dominici & Peng, 2008).

Für den zeitlichen Trend, die Lufttemperatur und die Luftfeuchte wurde angenommen, dass sie in einem nicht-linearen Zusammenhang mit den Zielvariablen stehen. Sie wurden in der Regressionsanalyse deshalb mit natürlichen kubischen Regressions-Splines⁶ modelliert. Die Ergebnisse der Regressionsanalysen zeigten den Anstieg des relativen Risikos

⁴ Eine Überdispersion (engl.: overdispersion) liegt vor, wenn die empirischen Daten eine größere Streuung aufweisen als auf Basis einer im statistischen Modell berücksichtigten Verteilung angenommen wird.

⁵ Zähldaten bezeichnen die Häufigkeit von Ereignissen. Sie sind ganzzahlig und nicht-negativ.

⁶ Regressions-Splines sind Funktionen, die aus mehreren (jeweils auf einen Wertebereich bezogenen) Polynomen zusammengesetzt sind. Sie sind geeignet, Variablenzusammenhänge zu untersuchen, die nicht durch eine bestimmte Art der Beziehung (d.h. linear, quadratisch, kubisch, etc.) gekennzeichnet sind.

in Prozent ($RR-1$ [%])⁷ für eine Krankenhauseinweisung oder einen Todesfall, wenn sich die untersuchte Einflussgröße um einen Interquartilsabstand (IQR)⁸ erhöht.

4.4.3 Einfluss der Geruchsbelastung auf die Gesundheit von Kindergartenkindern

In zwei Winterperioden 2017 und 2018 (jeweils Februar bis März & Oktober bis Dezember) wurden Fehltag von Vorschülern in einer Kindertageseinrichtung in Ústí nad Labem erhoben. Die Studie untersuchte die Annahme, dass Luftschadstoffe und Geruchsereignisse zu vermehrten Fehltagen durch Atemwegserkrankungen in der untersuchten Kindertageseinrichtung führen. Es wurden die Abwesenheitstage der Kinder erfasst und durch den Leiter der Kindertageseinrichtung bereitgestellt. Folgende Gründe für eine Abwesenheit wurden erfasst: a) Abwesenheit aufgrund einer Atemwegserkrankung, b) Abwesenheit aufgrund einer anderen Erkrankung, c) andere Gründe für eine Abwesenheit. In einem Eingangsfragebogen wurden die Eltern gebeten, Angaben zur Gesundheit und zum durchschnittlichen Aufenthalt im Freien zu machen. Im Weiteren gaben sie für jeden Fehltag den Grund des Fehlens in der Einrichtung an. Die Luftqualität wurde auf Grundlage der Luftmessungsdaten der Messstation der Messstationen des Tschechischen Hydrometeorologischen Instituts in Lom bei Most ausgewertet.

5 GERUCHSMELDUNGEN UND MESSERGEBNISSE

5.1 GERUCHSEREIGNISSE UND LUFTSCHADSTOFFE

5.1.1 Signifikanten Geruchsmeldungen während der Projektlaufzeit

Ein Rückblick über die letzten 9 Jahre bis in das Jahr 2010 zeigt, dass das Jahr 2014 und 2015 sowie der Winter 2014/15 die stärksten Beschwerdezahlen in der Erzgebirgsregion

⁷ Das relative Risiko errechnet sich aus dem Regressionskoeffizienten Beta (β) wie folgt: $RR-1 = \exp(\beta + IQR)$. Seine Interpretation als prozentuale Veränderung ergibt sich aus der Multiplikation mit dem Faktor 100.

⁸ Der Interquartilsabstand (IQR) ist ein Streuungsmaß. Er errechnet sich aus der Differenz des 3. Quartils und des 1. Quartils einer Verteilung und gibt an, in welchem Wertebereich 50 Prozent der Daten liegen. Ein geringer IQR bedeutet, dass die Daten nur gering streuen. Ein hoher IQR deutet dagegen auf Daten hin, die weiter auseinander liegen.

aufwiesen (Abb. 24 und Abb. 25). Die Zahlen blieben die letzten 3 Winterperioden (Projektzeit) relativ konstant bei insgesamt 207 Meldungen im Winter 16/17, davon an 15 Tagen mit mehr als 3 Beschwerden pro Tag, und an 12 Tagen mit mehr als 5 Beschwerden pro Tag; insgesamt 246 Meldungen im Winter 17/18, davon an 14 Tagen mit mehr als 3 Beschwerden pro Tag, und an 13 Tagen mit mehr als 5 Beschwerden pro Tag; und insgesamt 258 Meldungen im Winter 18/19, davon an 13 Tagen mit mehr als 3 Beschwerden pro Tag, und an 17 Tagen mit mehr als 5 Beschwerden pro Tag. Davon ist der letzte Winter am beschwerdereichsten gewesen. Ein signifikantes Geruchsereignis stellte Beschwerden ab 3 Einzelbeschwerden pro Tag dar, ein stark signifikantes Geruchsereignis ab 5 Beschwerden pro Tag. Dann ging die Meldung auch grenzübergreifend an die beiden tschechischen Institutionen ČHMÚ Ústí n. L. (Tschechisches Hydrometeorologisches Institut) und OI ČIŽP Ústí n. L. (Tschechische Umweltinspektion). Die tschechische Umweltinspektion übernimmt die Kontrolle an den möglichen Quellen/Betrieben und gibt die erhaltenen Informationen an die deutsche Seite zurück. Die Abb. 26 und Abb. 27 stellen die Beschwerdetage mit >3 oder >5 Beschwerden dar. Ein Zusammenhang zwischen Beschwerdezahlen und gemessenen Konzentrationen an Standardluftschadstoffen auf dem Schwartenberg als auch der Einfluss meteorologischer Bedingungen sind im Kapitel 5.1.2 dargestellt.

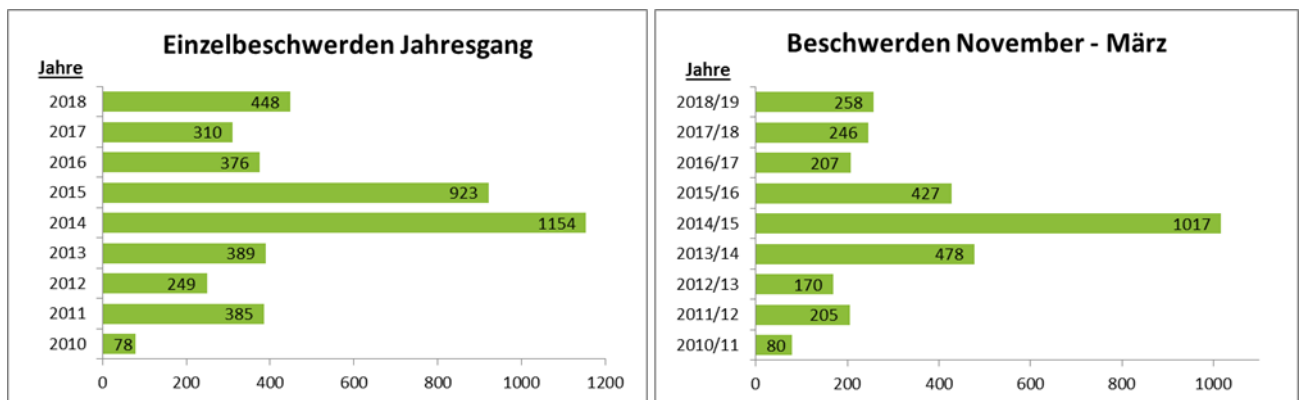


Abb. 24: Anzahl der Geruchsbeschwerden von 2010 bis 2018 (links).

Abb. 25: Anzahl der Geruchsbeschwerden in den Wintermonaten November bis März 2010 bis 2019 in der Erzgebirgsregion (rechts).

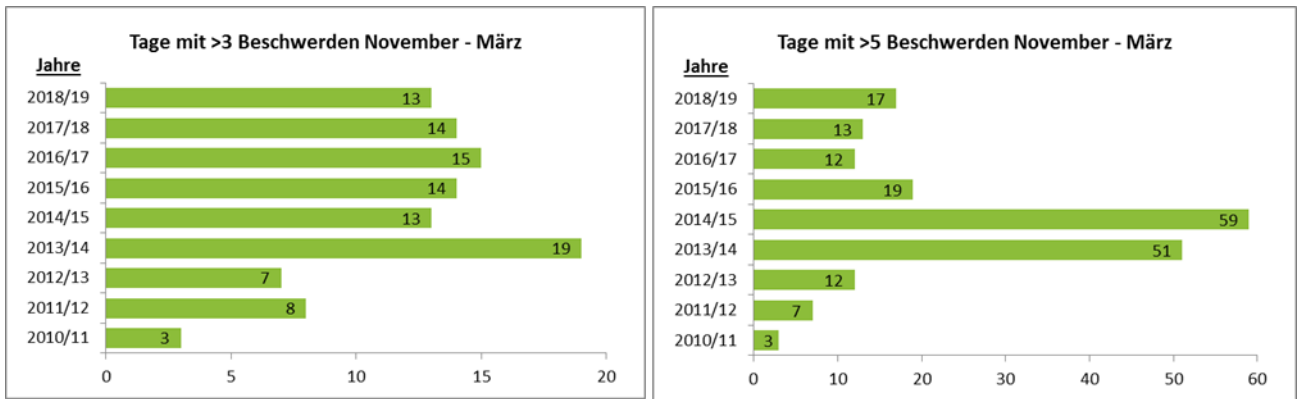


Abb. 26: Anzahl der signifikanten (>3 Beschwerden pro Tag) Beschwerdetage in den Wintermonaten November bis März 2010 bis 2019 in der Erzgebirgsregion.

Abb. 27: Anzahl der stark signifikanten Beschwerdetage (>5 Beschwerden pro Tag) in den Wintermonaten November bis März 2010 bis 2019 in der Erzgebirgsregion.

Folgende stark **signifikante Beschwerdeepisoden** (mehr als 2 Tage mehr als 5 Beschwerden) waren im Zeitraum von November bis März in den letzten 3 Wintern (Projektzeitraum) zu beobachten:

<u>Winter 16/17</u>	<u>Winter 17/18</u>	<u>Winter 18/19</u>
21.11.-23.11.2016	01.03.-07.03.2018	04.11.-16.11.2018
21.01.15.02.2017	25.03.-28.03.2018	21.11.-25.11.2018
		28.11.-02.12.2018
		19.01.-23.01.2019

Folgende stark **signifikante Beschwerdetage** (1 oder 2 Tage mehr als 5 Beschwerden) waren im Zeitraum von November bis März in den letzten 3 Wintern (Projektzeitraum) zu beobachten:

<u>Winter 16/17</u>	<u>Winter 17/18</u>	<u>Winter 18/19</u>
08.11.2016	15./16.11.2017	18.12.2018
04.12.2016	25.11.2017	
19.12.2016	25./26.01.2018	
	07./08.02.2018	
	14./15.02.2018	
	19.02.2018	

5.1.2 Meteorologie und Standardluftschadstoffe an den sächsischen und tschechischen Messstationen

5.1.2.1 Meteorologie

Das Wetter beeinflusst unter anderem die Immissionen. So sind z. B. in einem strengen Winter höhere Heizungsemissionen zu erwarten als in einem milden Winter. Beschrieben werden im folgenden Kapitel die meteorologischen Parameter Temperatur und Windrichtung, die an den Luftgütemessstationen Schwarzenberg, Annaberg-Buchholz, Lom und Ústí nad Labem – Zentrum, sowie an der Sondermessstation Deutschneudorf erhoben wurden. Der zeitliche Ablauf der Datenerhebung der einzelnen Stationen während des Projektes ist in Kapitel 4.2.1 dargestellt.

Der Temperaturverlauf der Monatsmittelwerte der entsprechenden Winterperioden, die jeweils von November bis März festgelegt wurden, ist in Abb. A. 5 dargestellt. Zur Einordnung der drei Winterperioden im Projektzeitraum wurden bewusst die Winterperioden ab 2010 dargestellt. Generell wurden auf dem 878 m hohen Schwarzenberg die niedrigsten Temperaturen für die Monatsmittel gemessen. In Lom und Ústí nad Labem auf tschechischer Seite hingegen wurden lagebedingt stets höhere Temperaturen registriert. Im ersten Winter 2016/17 betrug die mittlere Temperatur im November bereits 0 °C und fiel im Februar 2017 auf etwa -6 °C. Im zweiten Winter war im Februar die tiefste Monatsmitteltemperatur im Projektzeitraum. Der dritte Winter war der wärmste Winter auf dem Schwarzenberg. Im Januar war es am kältesten mit ca. -4 °C. Der Temperaturverlauf der Monatsmittelwerte der anderen drei Messstationen ist ähnlich dem Schwarzenberg, nur stets auf höherem Niveau. In Annaberg-Buchholz und Deutschneudorf war es etwa 2 bis 4 °C sowie in Lom und Usti etwa 5 bis 8 °C wärmer.

Die Abb. 28 und Abb. 29 zeigen Windrosen der drei sächsischen Messstationen Schwarzenberg, Annaberg-Buchholz und Deutschneudorf. Auf dem Schwarzenberg herrschten in den letzten neun Jahren am häufigsten die Windrichtungen Südost (SO) und West (W). Vereinzelt kam der Wind auch aus Nordost (NO), beispielsweise im Winter 2017/18. Die SO-Windrichtung war in den Wintermonaten der Jahre 2013/14 und 2014/15 am häufigsten. In den letzten drei Winterperioden ging der SO-Wind verhältnismäßig stark zurück, und der W-Wind nahm an Häufigkeit zu. In Annaberg-Buchholz wehte hauptsächlich Südwind (S), vereinzelt auch Nordwind (N). Die Häufigkeit des S-Windes ging in den letzten drei Wintern zurück. Damit nahm an beiden sächsischen Messstationen im Projektzeitraum der Luftmassentransport aus Tschechien ab. Die Sondermessstation Deutschneudorf registrierte drei Hauptwindrichtungen: Ostsüdost (OSO), Nord (N) bis Nordnordost (NNO) und West (W) bis Südwest (SW), wobei der Wind aus OSO am häufigsten auftrat.

Die Windrosen (Abb. 30) aus den Winddaten der beiden tschechischen Messstationen Lom und Ústí nad Labem zeigten ähnliche Profile der Windrichtungshäufigkeit. Aus westlicher bis südwestlicher und nordöstlicher Richtung kam der Wind am häufigsten.

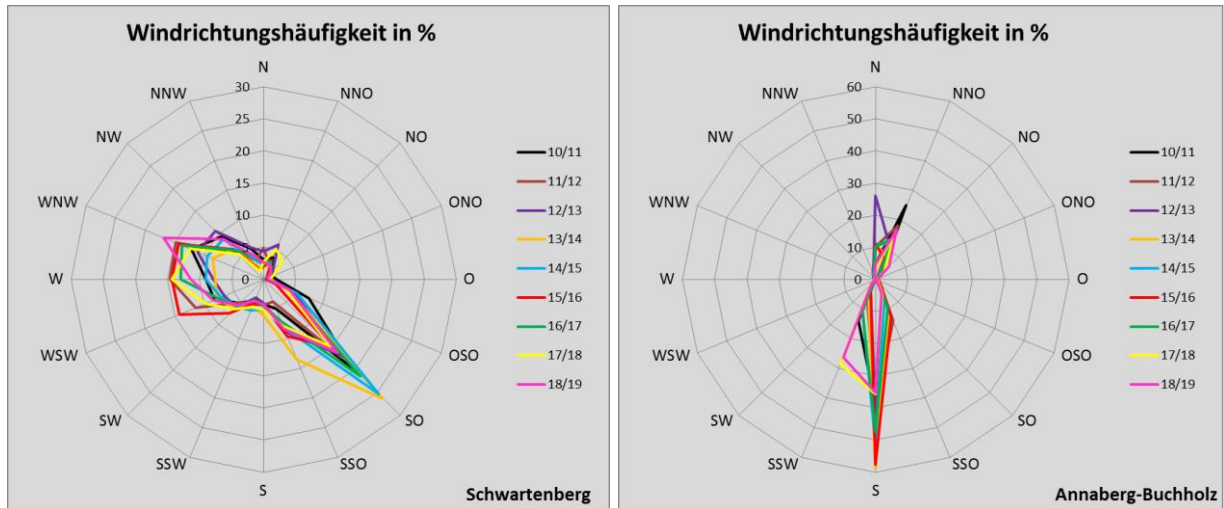


Abb. 28: Prozentuale Windrichtungshäufigkeit für die Winterperioden an den an den sächsischen Luftgütemessstationen Schwarzenberg und Annaberg-Buchholz.

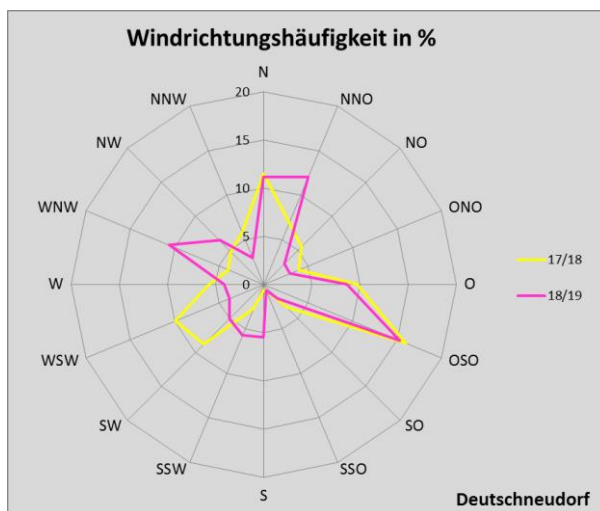


Abb. 29: Prozentuale Windrichtungshäufigkeit für die Winterperioden an der Sondermessstation Deutschneudorf

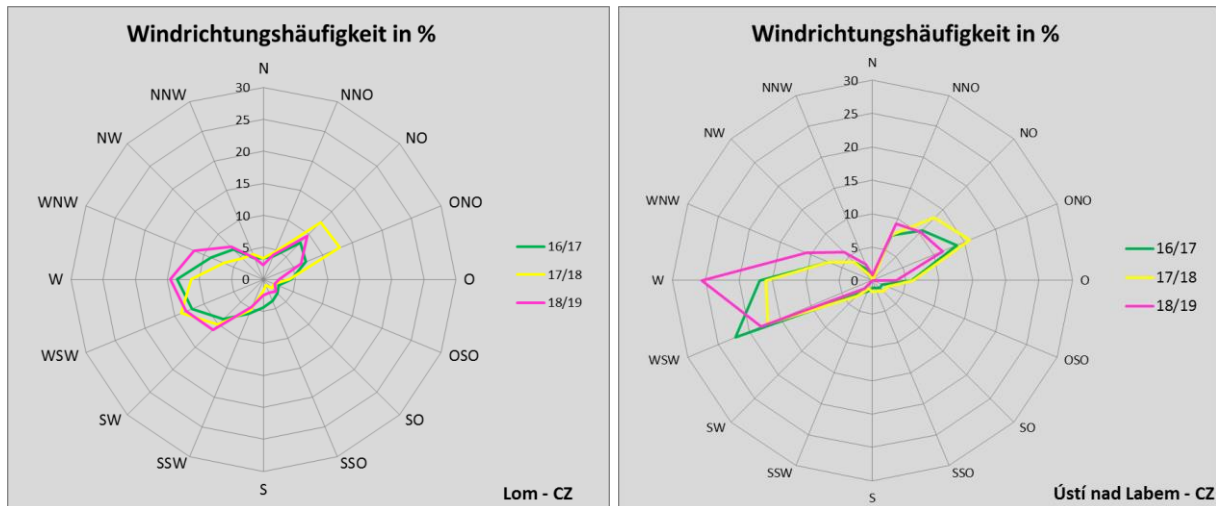


Abb. 30: Prozentuale Windrichtungshäufigkeit und an den tschechischen Luftgütemessstationen Lom und Ústí nad Labem – Zentrum.

5.1.2.2 Standardluftschadstoffe im Jahresverlauf

Zur Einordnung der deutschen Luftgütemessstation Schwartenberg und der tschechischen Messstationen Lom und Ústí nad Labem wurden die als ländlicher Hintergrund klassifizierte Station in Collmberg und die Verkehrsstation Leipzig-Mitte herangezogen.

Betrachtet man den SO_2 -Jahresverlauf der letzten neun Winterhalbjahre, nahm die SO_2 -Konzentration im Durchschnitt an den Messstationen Lom, Usti und Schwartenberg ab (Abb. 31). Die Messstation Leipzig-Mitte dokumentierte extrem geringe SO_2 -Konzentrationen seit Jahrzehnten für Zentralsachsen und eine Großstadt mit mehr als 600.000 Einwohnern, da eine flächenhafte Umstellung der Wärmeerzeugung von Kohle auf moderne Energieträger erfolgte. In Lom und Ústí nad Labem wurden die höchsten Konzentrationen aufgrund der Nähe zu potentiellen Emittenten (Industrie und Hausbrand mit schwefelhaltigen Brennstoffen) verzeichnet, die Konzentrationen auf dem Schwartenberg lagen im Mittelfeld. Grenzwerte wurden nicht überschritten. Der Trend zu sehr kleinen SO_2 -Konzentrationen war auch in Tschechien aufgrund moderner Energieträger besonders in den letzten zwei Wintern sichtbar.

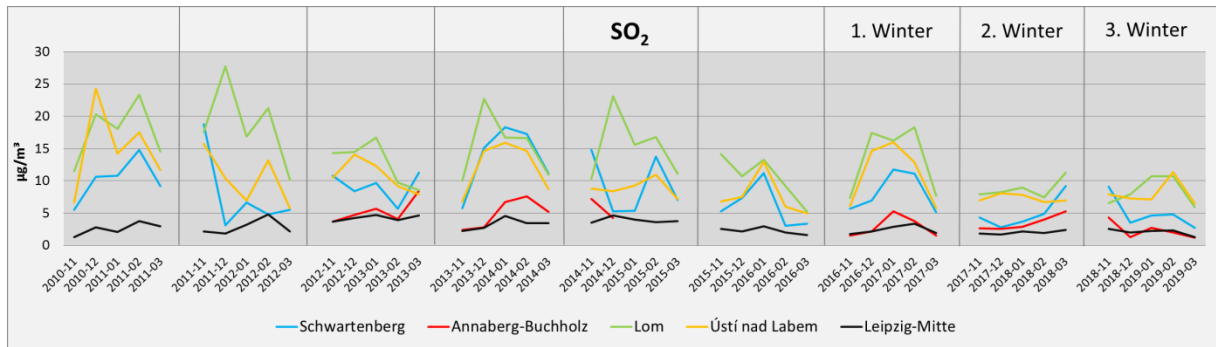


Abb. 31: Entwicklung der Monatsmittelwerte der SO_2 -Konzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in den Wintern der letzten neun Jahre von 2010-11 bis 2019-03 an den Luftgütemessstationen Schwartenberg (blau), Annaberg-Buchholz (rot), Lom (grün), Ústí nad Labem - Zentrum (gelb) und Leipzig-Mitte (schwarz).

Betrachtet man den NO_2 -Jahresverlauf der letzten neun Winterhalbjahre, nahm die NO_2 -Konzentration im Durchschnitt an allen Messstationen ab (Abb. 32). In Leipzig, Annaberg-Buchholz und Ústí nad Labem wurden die höchsten Konzentrationen aufgrund des städtischen Standortes (Verkehr, Heizung, Industrie) verzeichnet, die Konzentrationen auf dem Schwartenberg waren mit den Konzentrationen des ländlichen Hintergrunds in Collmberg vergleichbar. Grenzwerte wurden in Leipzig-Mitte von 2010 bis 2013 und 2015 bis 2016, durch die Dieselfahrzeuge verursacht, überschritten.

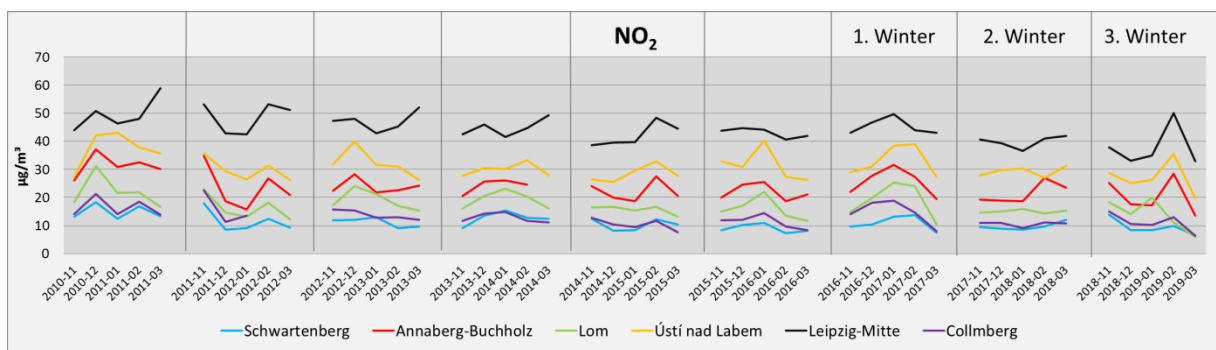


Abb. 32: Entwicklung der Monatsmittelwerte der NO_2 -Konzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in den Wintern der letzten neun Jahre von 2010-11 bis 2019-03 an den Luftgütemessstationen Schwartenberg (blau), Annaberg-Buchholz (rot), Lom (grün), Ústí nad Labem - Zentrum (gelb), Leipzig-Mitte (schwarz) und Collmberg (lila).

Betrachtet man die Monatsmittelwerte im PM_{10} -Jahresverlauf der letzten neun Winterhalbjahre, nahm die PM_{10} -Konzentration im Durchschnitt an allen Messstationen ab (Abb. 33). In Lom und Ústí nad Labem wurden die höchsten Konzentrationen aufgrund des städtischen Standortes beziehungsweise aufgrund der Nähe zur Stadt und Industrie verzeichnet. Die Messwerte von Leipzig-Mitte dokumentieren, dass in einer Großstadt mit mehr

als 600.000 Einwohnern und zusätzlich an einem verkehrsbezogenen Ort mit sehr hohen Verkehrsaufkommen (mehr als 45.000 Kfz/d) meist niedrigere PM₁₀-Konzentrationen auftraten als an der städtischen Hintergrundmessstation Ústí und sogar an der ländlichen Messstation Lom. Hier gibt es deutliche Unterschiede in der Luftqualität zwischen Sachsen und Tschechien. Die Konzentrationen auf dem Schwartenberg waren am geringsten, da der Berg oft über der Inversionsschicht liegt. Der PM₁₀-Grenzwert wurde jährlich einige Male auf tschechischer Seite überschritten (siehe Kapitel Standortcharakterisierung 4.1).

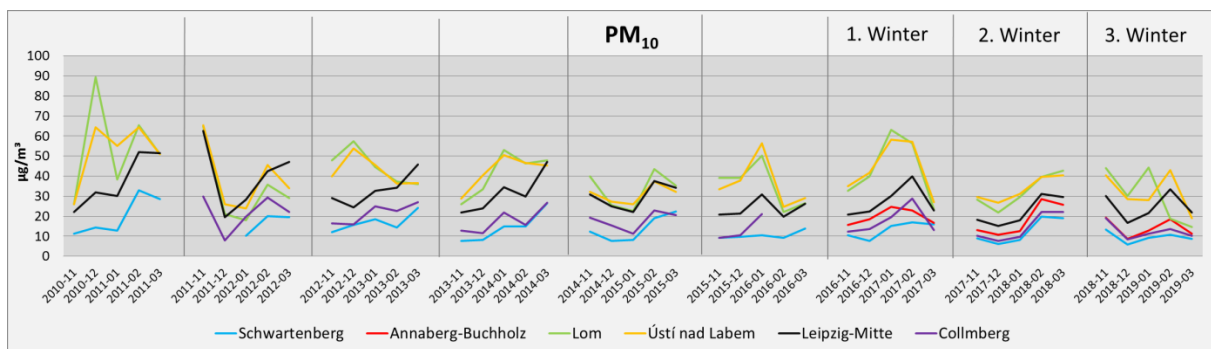


Abb. 33: Entwicklung der Monatsmittelwerte der PM₁₀-Konzentration (µg/m³) in den Wintern der letzten neun Jahre von 2010-11 bis 2019-03 an den Luftgütemessstationen Schwartenberg (blau), Annaberg-Buchholz (rot), Lom (grün), Ústí nad Labem - Zentrum (gelb), Leipzig-Mitte (schwarz) und Collmburg (lila).

5.1.2.3 Monatliche Verteilung der Standardluftschadstoffe auf dem Schwartenberg im Zusammenhang mit den Beschwerdezahlen im Projektzeitraum

Die Schadstoffkonzentrationen auf dem Schwartenberg und die gemeldeten Beschwerdezahlen in den drei Winterperioden (siehe Kapitel 5.1.1) werden in diesem Kapitel miteinander verglichen.

Dass es einen Zusammenhang zwischen erhöhten Konzentrationen der Standardluftschadstoffe wie SO₂ oder Benzol und der Beschwerdezahlen gab, zeigt die Abb. 34 im Tagesverlauf des ersten Winters 2016-11 bis 2017-03. Ein Anstieg der Schadstoffkonzentrationen korrelierte positiv mit der Anzahl der Geruchsbeschwerden. Winter 2017/18 und 2018/19 zeigten ein ähnliches Bild.

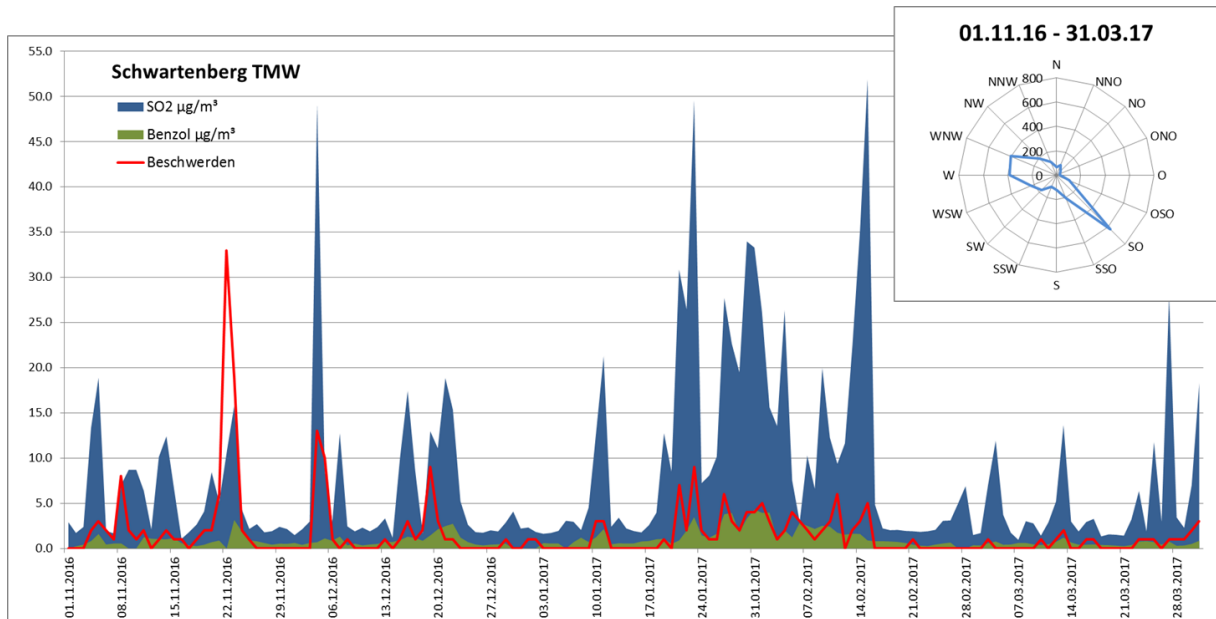


Abb. 34: Zusammenhang zwischen Schadstoffkonzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Beschwerdezahl am Beispiel von SO_2 (blau) und Benzol (grün) in der ersten Winterperiode 2016/17.

Ein Vergleich der Wintermonate November bis März in den Jahren 2016/17, 2017/18 und 2018/19 zeigte die geringsten Schadstoffkonzentrationen auf dem Schwartenberg im milden Winter 2017/18 (Abb. A. 6). Die SO_2 - und NO_2 -Konzentrationen waren in den Monaten 2017-01 und 2017-2, sowie 2018-03 und 2018-11 am höchsten, die PM_{10} - und Benzol-Konzentrationen waren in diesen Monaten ebenfalls höher. Die Beschwerdezahlen korrelierten positiv mit diesen Werten.

Ebenfalls höhere Konzentrationen für PM_{10} und Benzol wurden 2018-02 aufgezeichnet, wobei kaum Beschwerden in diesem Zeitraum eingingen. Das gleiche gilt für PM_{10} im Monat 2017-03. Dies lässt einen lokalen Quelleneinfluss vermuten, beispielsweise aus Verkehr und anderen Verbrennungsprozessen.

Die Toluol-Konzentrationen stiegen in den Monaten 2017-01, 2017-02 und 2018-11 mit hohen Beschwerdezahlen an. 2018-11 waren die Xylol-Konzentrationen sowie die Beschwerdezahl ebenfalls höher. Höhere Konzentrationen von Toluol und Xylol, aber wenige Beschwerden, gab es im Monat 2019-02. Die Xylol-Konzentrationen in den Monaten 2016-11 und 2018-12 zeigten verglichen zu den anderen gemessenen Schadstoffen höhere Konzentrationen, wobei die Beschwerdezahlen ebenfalls erhöht waren. Dies lässt einen lokalen Quelleneinfluss vermuten.

Die Beschwerdezahlen korrelierten mit dem höheren Schadstoffeintrag im Zeitraum 2017-01 und 2017-02, sowie 2018-03 und 2018-11, besonders aus südöstlicher Richtung

(Kapitel 5.1.2.4). Die Geruchsschwellen für SO_2 , NO_2 , Benzol liegen aber weit über den gemessenen Konzentrationen auf dem Schwarzenberg. PM_{10} ist geruchlos. SO_2 und andere Standardluftschadstoffe scheiden als Verursacher für die viel berichteten Geruchsbeschwerden aus.

Nicht geklärt werden konnte ein möglicher lokaler Eintrag von Xyloolen und Toluolen aus den umliegenden Ortschaften. Die gemessenen Konzentrationen lagen zwar weit unter der Geruchsschwelle, jedoch könnten die gemessenen Konzentrationen auf dem Schwarzenberg durch den Lufttransport abgeschwächt werden, wohingegen sie in direkter Nähe der Emission womöglich wahrnehmbar wären.

Auf dem Schwarzenberg wurden im Projektzeitraum neben den Standardluftschadstoffen Mercaptane (Methyl- und Ethylmercaptan - MeSH und EtSH) und Sulfide (u.a. Dimethylsulfid und Dimethyldisulfid - DMS und DMSD) gemessen. Sie können sich aufgrund ihrer Flüchtigkeit leicht in der Luft verteilen und besitzen sehr niedrige Geruchsschwellen, die zum Teil unter der Bestimmungsgrenze liegen (Methyl- und Ethylmercaptan). Die Messungen von Mercaptanen und Sulfiden und deren Interpretation der Werte war grundsätzlich schwierig. Eine Messpause gab es in den Monaten 2018-11 und 2018-12, wobei in diesem Zeitraum sehr hohe Beschwerdezahlen registriert wurden. Komplizierte Ausbreitungsbedingungen für Luftschadstoffe im Erzgebirge und der zurzeit nicht bestimmbarer Einfluss der Abbauprozesse von Mercaptanen beeinflusste ebenfalls die Messungen und die Interpretation der Ergebnisse.

Grundsätzlich lagen die meisten Messwerte (> 95 %) der Mercaptane und Sulfide unter den Bestimmungsgrenzen. Daher ist keine genaue Aussage in Bezug auf einen Zusammenhang zwischen Geruchsbeschwerden und erhöhten Konzentrationen möglich. Dennoch lagen die Konzentrationen häufiger über der Bestimmungsgrenze, sobald Südost-Wind herrschte (Abb. 35).

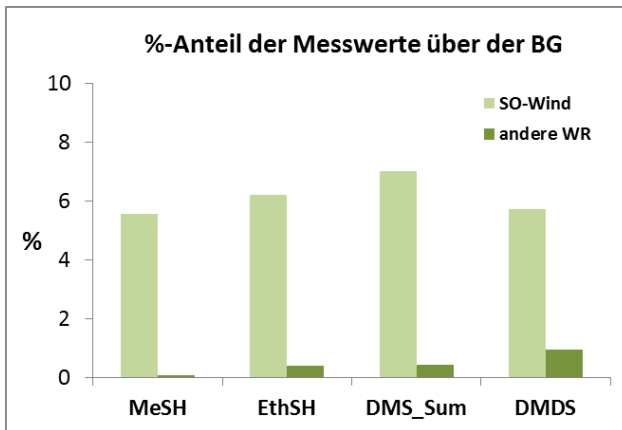


Abb. 35: Prozentualer Anteil der Messwerte von Mercaptanen und Sulfiden bei Südost-Wind (SO) und bei anderen Windrichtungen in den drei Wintern des Projektzeitraumes, die über der Bestimmungsgrenze (BG) lagen. MeSH – Methylmercaptan; EthSH – Ethylmercaptan; DMS – Dimethylsulfid; DMDS.

Ein ausführlicher Bericht über die Mercaptanmessungen vor Projektbeginn kann unter dem Link www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/Fachbeitrag_Mercaptan_31_8_16.pdf eingesehen werden.

5.1.2.4 Zusammenhang zwischen Standardluftschadstoffen, Meteorologie und Beschwerdezahlen

Windrosen mit Einbezug der Standardluftschadstoffe können Aufschluss auf die Konzentrationsmenge in Bezug auf die Herkunft von Luftschadstoffen geben. Die Abb. 36 und Abb. 37 zeigen die räumliche Verteilung der Standardluftschadstoffe über die jeweiligen Wintermonate auf dem Schwardenberg und in Lom.

Grundsätzlich nahmen im Projektzeitraum die Konzentrationen der Standardluftschadstoffe aus Südosten ab. Ursache dafür war unter anderem die geringeren Luftströme aus südöstlicher Richtung, und die Zunahme von Luftströmungen aus anderen Windrichtungen, hauptsächlich aus Westen stammend.

Auf dem Schwardenberg wurde die Maximalkonzentration für SO_2 , NO_2 und Benzol für die Windrichtung Südost nachgewiesen. Die Konzentrationen nahmen aus dieser Richtung über den Projektzeitraum ab. Quellen sind zum einen die Industrie in Litvinov (vor allem SO_2) und Verbrennungsprozesse aus Verkehr und Heizung auf tschechischer Seite. Höhere Benzolkonzentrationen wurden ebenfalls aus nordöstlicher Richtung verzeichnet.

Erhöhte PM₁₀-Konzentrationen traten auch aus nördlicher, westlicher und südöstlicher Richtung auf, wobei im Winter 2017/18 die Konzentrationen am höchsten waren. Verbrennungsprozesse aus Verkehr und Heizung, sowie Quellen aus Landwirtschaft sowohl auf sächsischer als auch auf tschechischer Seite und der Tagebau auf tschechischer Seite spielen wesentliche Rollen für höhere Konzentrationen, wobei sich aus südöstlicher Richtung ein Anstieg der Konzentrationen am deutlichsten zeigte.

Die Toluol-Konzentrationen waren nur zum Teil richtungsabhängig. Leicht erhöhte Toluol-Konzentrationen konnten im Winter 2016/17 aus SO-Richtung ermittelt werden. Die Konzentrationen nahmen gegenüber den Vorjahren aus nord- bis nördöstlicher Richtung leicht zu. Nicht richtungsabhängig schien hingegen Xylol zu sein. Ein lokaler Eintrag aus den Gemeinden auf sächsischer Seite ist daher nicht auszuschließen.

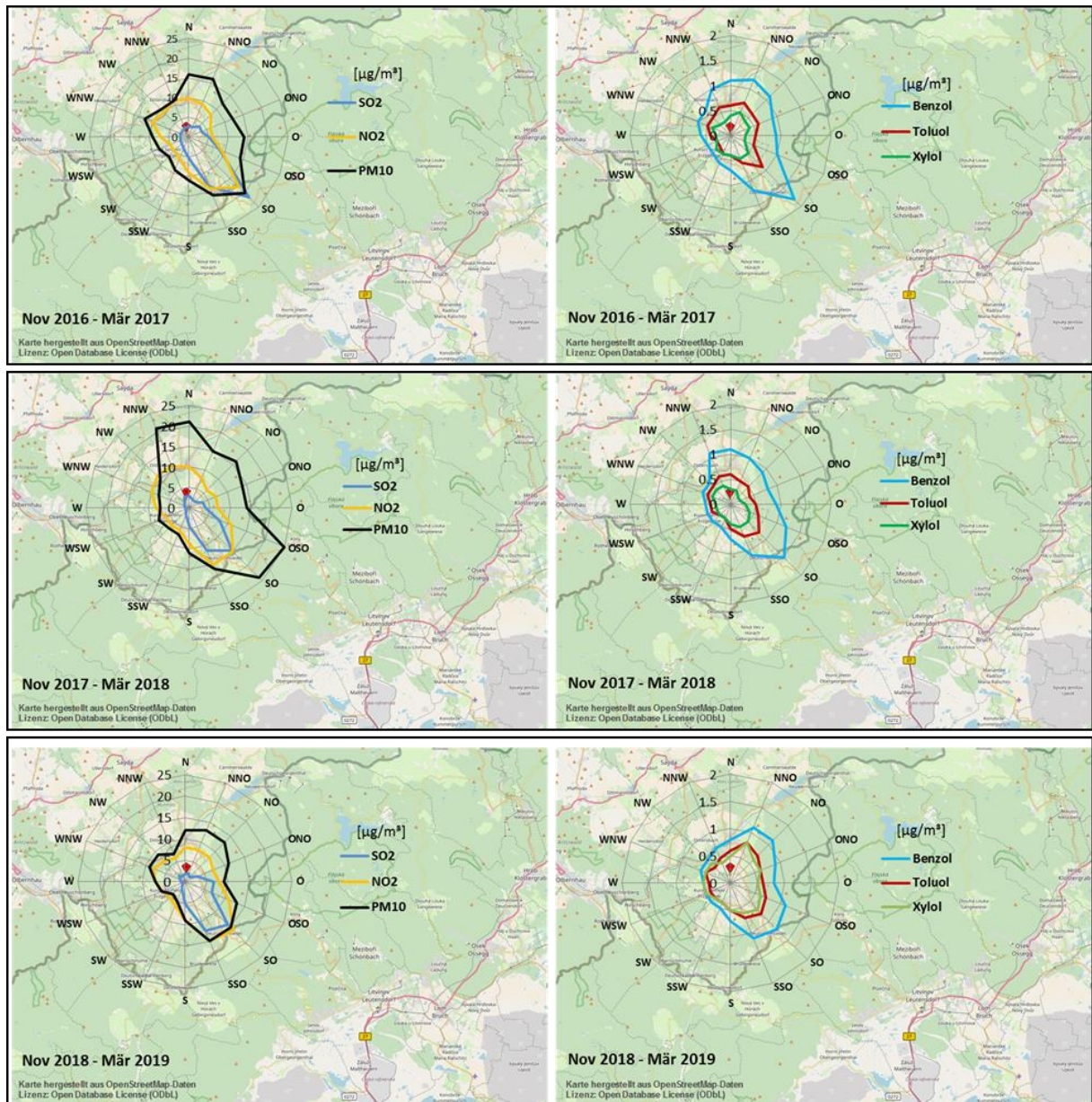


Abb. 36: Windrosen im Zusammenhang mit den Standardluftschadstoff-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) auf dem Schwartenberg (roter Punkt) im Projektzeitraum (1. – oben, 2. – Mitte und 3. Winterperiode – unten, im Zeitraum November – März): SO_2 (blau), NO_2 (gelb) und PM_{10} (schwarz) – links; Benzol (hellblau), Toluol (braun) und Xylol (grün) – rechts.

In Lom wurde ein Konzentrationsanstieg von SO_2 verzeichnet, sobald der Wind aus Südwest kam. Für Wind aus Nordwest bis Nord waren die SO_2 -Konzentrationen am kleinsten. Die Konzentrationen im 1. Winter waren verglichen mit dem 2. und 3. Winter deutlich höher. Quelle dafür ist scheinbar der Chemiepark in Litvinov.

NO_2 -Konzentrationen waren dagegen nicht richtungsabhängig. Quellen hierfür stammen aus verschiedenen Verbrennungsprozessen, wie Verkehr, Heizung und Industrie.

Geringe PM₁₀-Konzentrationen lagen bei Wind aus West bis Südwest vor. Hohe PM₁₀-Konzentrationen stammten hauptsächlich aus nordwestlicher, über nördlicher, östlicher, bis hin zu südlicher Windrichtung, wobei die Konzentrationen aus östlicher Richtung am höchsten waren. Die Staubkonzentrationen nahmen generell über den Projektzeitraum ab. Der Chemiepark in Litvinov kann hier nicht als Auslöser der höheren Konzentrationen genannt werden. Vielmehr spielen Verbrennungsprozesse aus Verkehr und Heizung der umliegenden Ortschaften eine wesentliche Rolle, aber auch die Landwirtschaft und der Tagebau östlich der Station in Lom.

Auf sächsischer Seite wurden bei Südost-Wind häufig höhere PM₁₀-Konzentrationen auf dem Schwarzenberg gemessen. Da PM₁₀ aber geruchlos ist und der Chemiepark nach Betrachtung der Windrosen nicht als Quelle in Frage kam, lag die Ursache der häufigen Geruchsbeschwerden bei anderen Quellen.

BTX wurde in Lom nicht gemessen.

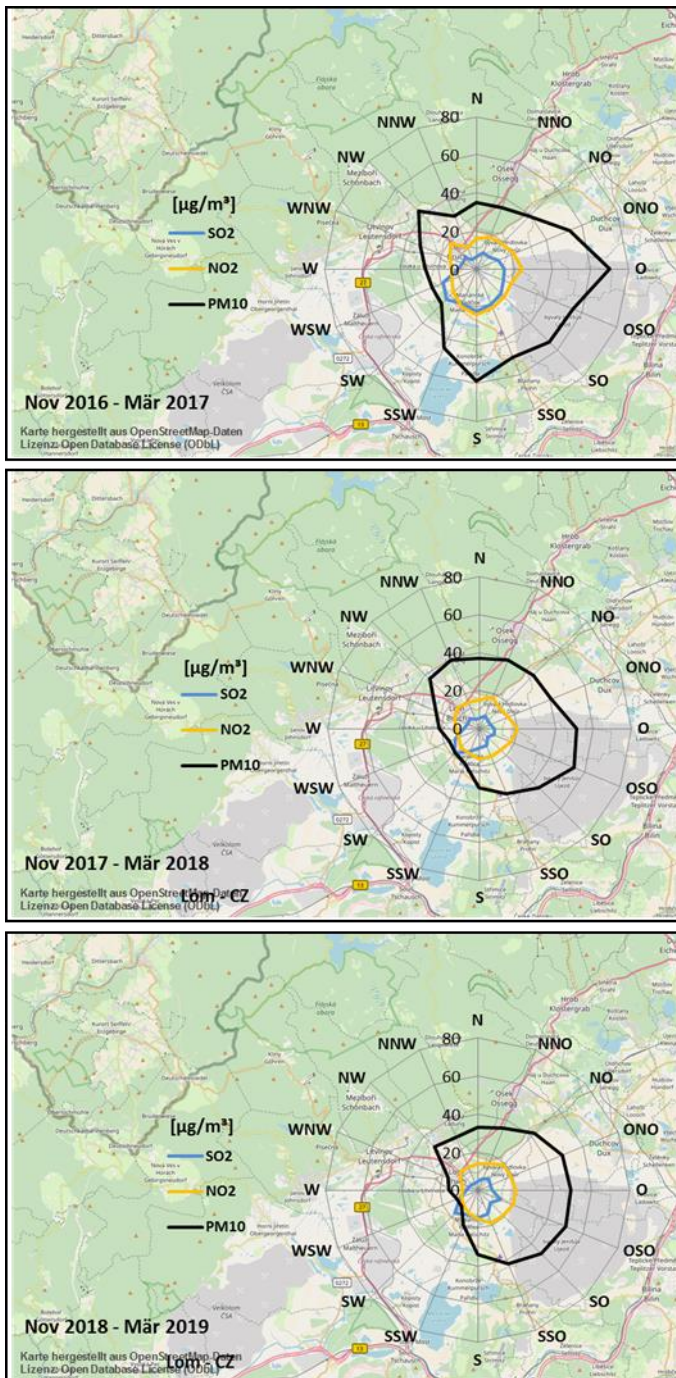


Abb. 37: Windrosen im Zusammenhang mit den Standardluftschadstoff-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Lom auf tschechischer Seite im Projektzeitraum (1. - oben, 2. - Mitte und 3. Winterperiode - unten, im Zeitraum November - März): SO_2 (blau), NO_2 (gelb) und PM_{10} (schwarz).

Darüber hinaus gibt es einen eindeutigen Zusammenhang zwischen SO-Wind und dem Anstieg von Geruchsbeschwerden (Abb. 38). Vergleicht man die Tage mit SO-Wind mit den Tagen ohne SO-Wind aller Winterperioden, wurden an Tagen mit SO-Wind deutlich mehr

Geruchsbeschwerden gezählt. Interessanterweise gab es auch vereinzelt Beschwerden an Tagen mit anderen Windrichtungen.

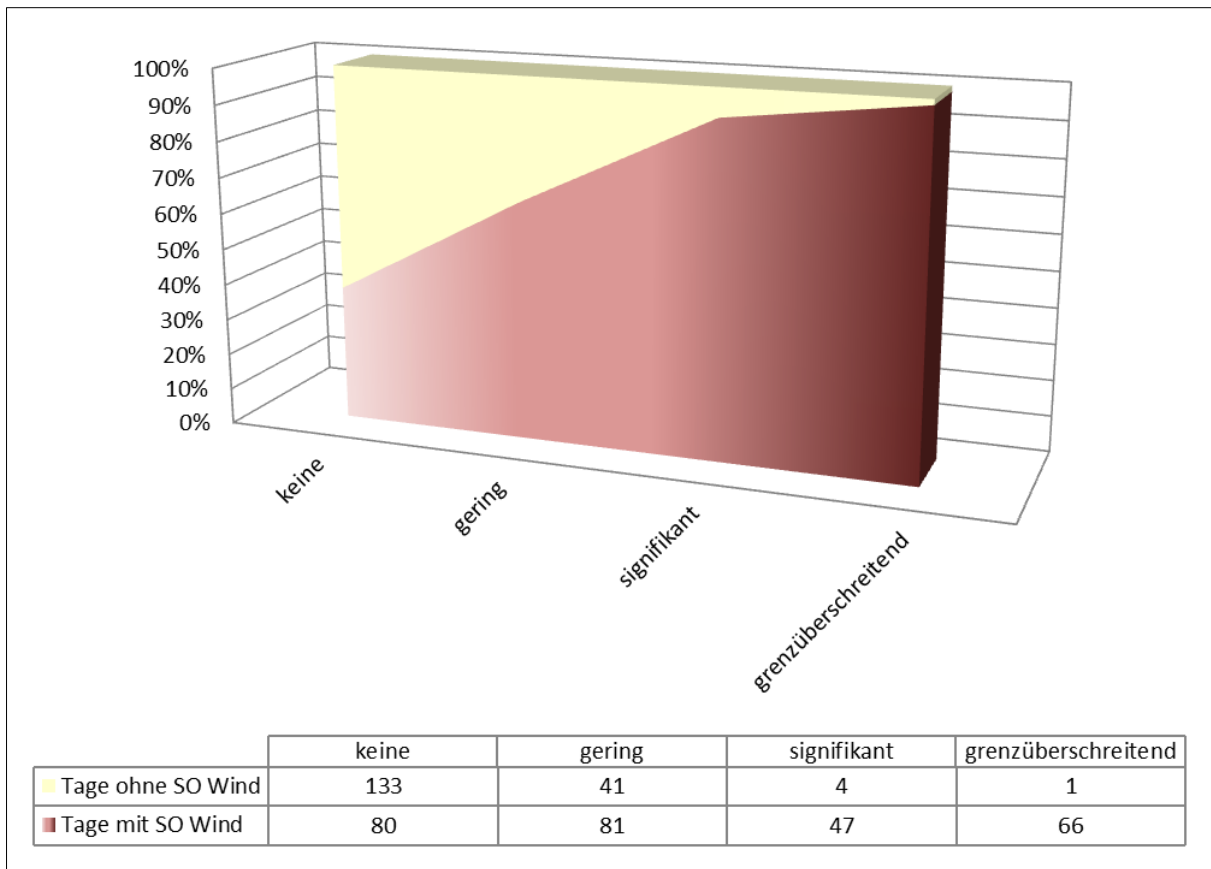


Abb. 38: Anzahl der Tage ohne SO-Wind und mit SO-Wind mit keinen, geringen (1-2 Beschwerden), signifikanten (≤ 3 Beschwerden) und grenzüberschreitenden (≤ 5 Beschwerden) Geruchsbeschwerden aller drei Winterperioden im Zeitraum November bis März.

Der SO-Wind spielte eine entscheidende Rolle in der Ausprägung der Schadstoffkonzentrationen und der Geruchsbeschwerden. Vergleicht man die Konzentrationen der Luftschadstoffe gemessen auf dem Schwarzenberg bei allen Windrichtungen und nur bei SO-Wind, zeigte sich beispielsweise für SO_2 in allen drei Winterperioden, dass die SO_2 -Konzentrationen höher waren, sobald SO-Wind herrschte und Geruchsbeschwerden registriert wurden (Abb. A. 7). Auch wenn keine Beschwerden auftraten, stieg die SO_2 -Konzentration grundsätzlich bei Windrichtung Südost an.

NO_2 , Benzol und Toluol zeigten einen ähnlichen Konzentrationsanstieg bei SO-Wind wie SO_2 .

Nicht ganz so eindeutig schien der Zusammenhang zwischen den PM_{10} -Konzentrationen, den Beschwerden und der Windrichtung zu sein, da die Konzentrationen nicht allein SO-richtungsabhängig waren. Die Abb. A. 7 stellt zwar höhere Konzentrationen gerade in der zweiten Winterperiode 2017/18 bei SO-Wind dar, aber ein Zusammenhang zu den Geruchsbeschwerden konnte nicht eindeutig festgestellt werden. Wie in Kapitel 5.1.2.4 beschrieben, konnten auch hohe Konzentrationen gemessen werden an Tagen mit wenig oder keinen Beschwerden beziehungsweise bei anderen Windrichtungen als Südost.

Anders als zu den standardmäßig gemessenen Luftschadstoffen ergab sich kein Zusammenhang zwischen den Xylol-Konzentrationen, SO-Windrichtung und den Beschwerdezahlen (Abb. A. 7). Gerade in der dritten Winterperiode zeigte sich, dass die Xylol-Konzentrationen bei SO-Wind in Anbetracht der Beschwerdezahlen geringer ausfielen im Vergleich zu allen Windrichtungen. Ein Eintrag aus Tschechien wird in diesem Fall ausgeschlossen.

5.1.3 UFP und PM_1 -Ruß

Im folgenden Kapitel werden die Messergebnisse hinsichtlich ultrafeinen Partikeln und PM_1 -Ruß für signifikante Tage mit Geruchsereignissen dargestellt. Die Abb. 39 zeigt die gemittelten Partikelgrößenverteilungen, welche während der Ereignisse zwischen dem 21.01.2017 und 15.02.2017 bei südöstlichen Windrichtungen gemessen wurden (linke Spalte). Dabei unterteilen sich die Ergebnisse in Messungen mit und ohne Thermodenunder (oben und unten). Die rechte Seite hingegen zeigt das Mittel über den Zeitraum nach den registrierten Geruchsereignissen (16.02.2017-12.03.2017), bei dem der Wind aus unterschiedlichen Richtungen kam.

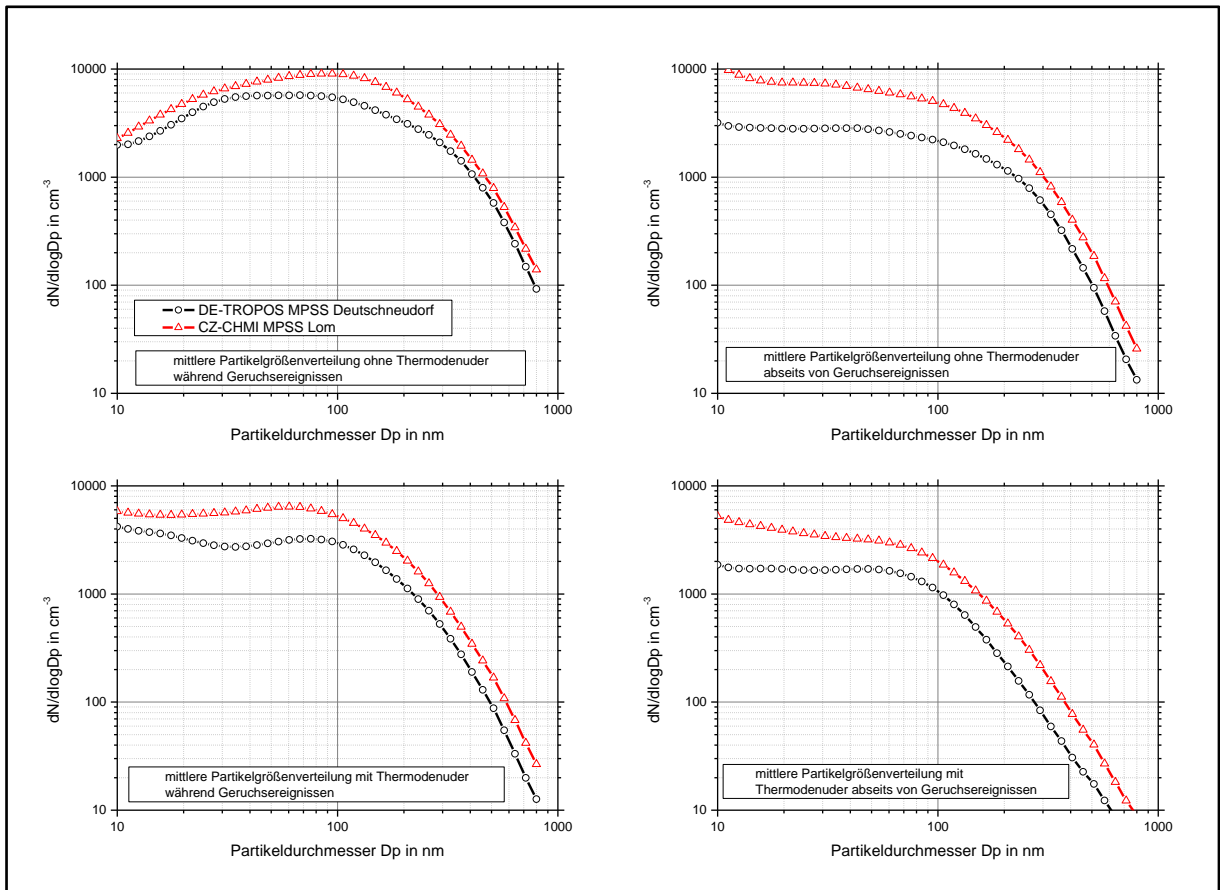


Abb. 39: Gemittelte Partikelgrößenverteilungen für die beiden Messstationen Deutschneudorf auf deutscher Seite und Lom auf tschechischer Seite. Links oben: Geruchsereignis und Messungen ohne Thermodenuder; links unten: gleicher Zeitraum und mit Thermodenuder; rechte Spalte analoge Aufteilung für Messungen ohne Geruchsereignis.

In Abb. 40 zeigt sich deutlich die Ähnlichkeit der Partikelgrößenverteilung zwischen den beiden Messpunkten Lom und Deutschneudorf für den Fall des Geruchsereignisses. Das Maximum der Verteilung liegt dabei um 100 nm im Akkumulationsmode. Dies deutet eher auf einen großräumigeren Transport von Partikeln hin, da es sich um gealtertes Aerosol handelt. Aus den gemittelten Größenverteilungen gemessen nach dem Thermodenuder werden deutlich mehr kohlenstoffhaltige Residuen vor allem im unteren ultrafeinen Bereich kleiner 20 nm verzeichnet. Während sich die mittleren Größenverteilungen für den Zeitraum nach den Geruchsereignissen stark ähneln und nach Verdampfen der volatilen organischen Verbindungen auch niedriger in der Konzentration sind, könnte als Rückschluss gezogen werden, dass sich Gerüche mit volatilen organischen Verbindungen verbreiten oder sie selbst als volatile organische Verbindungen an Aerosolpartikeln zu betrachten sind.

Generell ist die Partikelbelastung im tschechischen Raum um einiges höher, was sicher auch auf die noch weit verbreitete Feuerung mit Holz und Kohle verknüpft werden kann. Dies kann auch den Zeitreihen Rußmassenkonzentration (Abb. 40) sowie den Zeitreihen der Partikelgrößenverteilung als Konturplot (Abb. A. 8 und Abb. A. 9) entnommen werden. Während in Deutschneudorf durchschnittlich $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ruß bei Geruchsepisoden zu verzeichnen ist (Daten bis 15.02.2017), so werden in Lom hingegen doppelt so hohe Werte erreicht. Für Tage mit anderer Windrichtung als Südost lag die Rußkonzentration in Deutschneudorf bei kleiner $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und in Lom bei kleiner $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Muster der Größenverteilungen an Partikeln ähneln sich für beide Messpunkte für den Zeitraum der signifikanten Tage deutlich. Erst nachdem der Wind von südöstlichen Richtungen auf andere Richtungen dreht, ist eine unterschiedliche Partikelbelastung an beiden Orten zu verzeichnen. Die Durchmischung scheint in Deutschneudorf stärker zu sein, die Gesamtanzahlkonzentration liegt dann im Schnitt nur noch bei etwa 3000 Partikeln pro cm^3 , während auf tschechischer Seite mindestens die doppelte Konzentration herrscht.

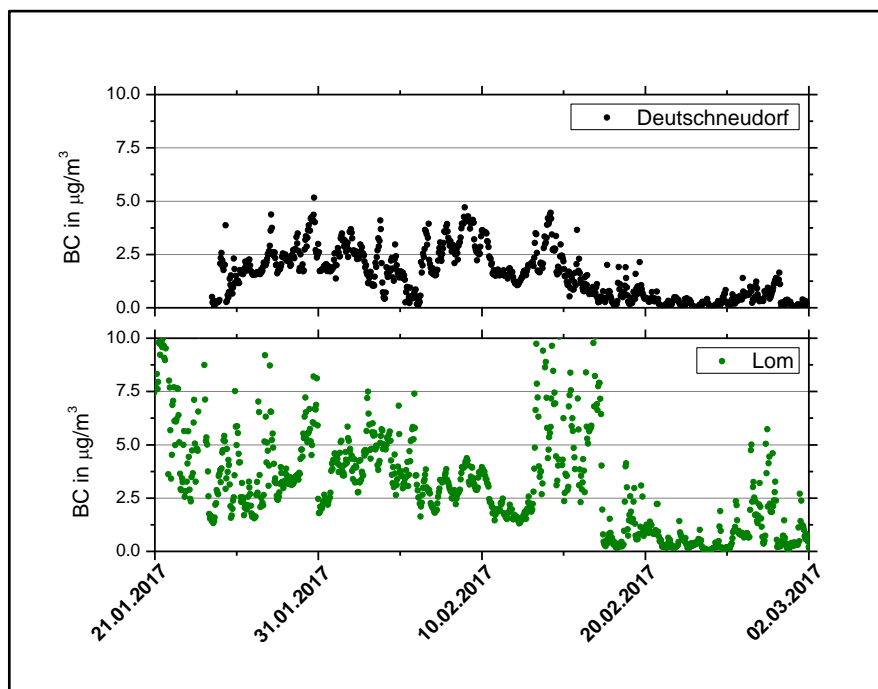


Abb. 40: Vergleich der gemessenen Rußkonzentrationen mit den Rußphotometern der Stationen Deutschneudorf (oben) und Lom (unten) für den Zeitraum von Ende Januar bis Anfang März 2017.

Für das zweite Winterhalbjahr während der Projektlaufzeit seien die Ergebnisse exemplarisch für den Ereigniszeitraum vom 27.02.2018 bis zum 07.03.2018 inklusive der Daten

einiger Tage zuvor und danach in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** dargestellt. Auch hier kann in der sowohl für die Gesamtpartikelanzahl, für die Gesamtmassenkonzentration als auch für die Rußmassenkonzentration eine grobe Übereinstimmung der Werte für den Fall des Ereignisses verzeichnet werden.

Die Gesamtpartikelanzahlkonzentrationen steigen dabei auf Werte zwischen 4000 und 20000 Partikel pro cm^3 . Die Gesamtpartikelmassenkonzentration bewegt sich dabei teilweise größer $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Auch die Rußmassenkonzentration erreicht für beide Messstationen Werte um $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Tendenziell kann den Zeitreihen eine Zunahme der Werte im Verlauf des Zeitraumes der Geruchereignisse entnommen werden. Nachdem der Wind die Richtung Südost verlässt, sacken die Parameter für den Messpunkt Deutschneudorf deutlich nach unten. Gleiches kann auch in Lom beobachtet werden, bis auf die Gesamtpartikelanzahl. Vom 07.03. bis zum 09.03.2018 stiegen die Werte für N_{gesamt} auf größer 10000 cm^{-3} , während auf der deutschen Seite lediglich Anzahlen zwischen 1000 und 5000 cm^{-3} gemessen wurden. Damit zeigen sich auch für diesen Winter bei einer südöstlichen Anströmung und der Meldung von Geruchereignissen Ähnlichkeiten in den Ergebnissen der Stationen Lom und Deutschneudorf. Allerdings sind großräumigere Transporte nicht auszuschließen, da auch hier die mittleren Partikelgrößenverteilungen einen deutlichen Peak im Akkumulationsbereich zeigen. Dies deutet wie bereits erwähnt auf ein gealtertes Aerosol hin, welches Ferntransport unterlag.

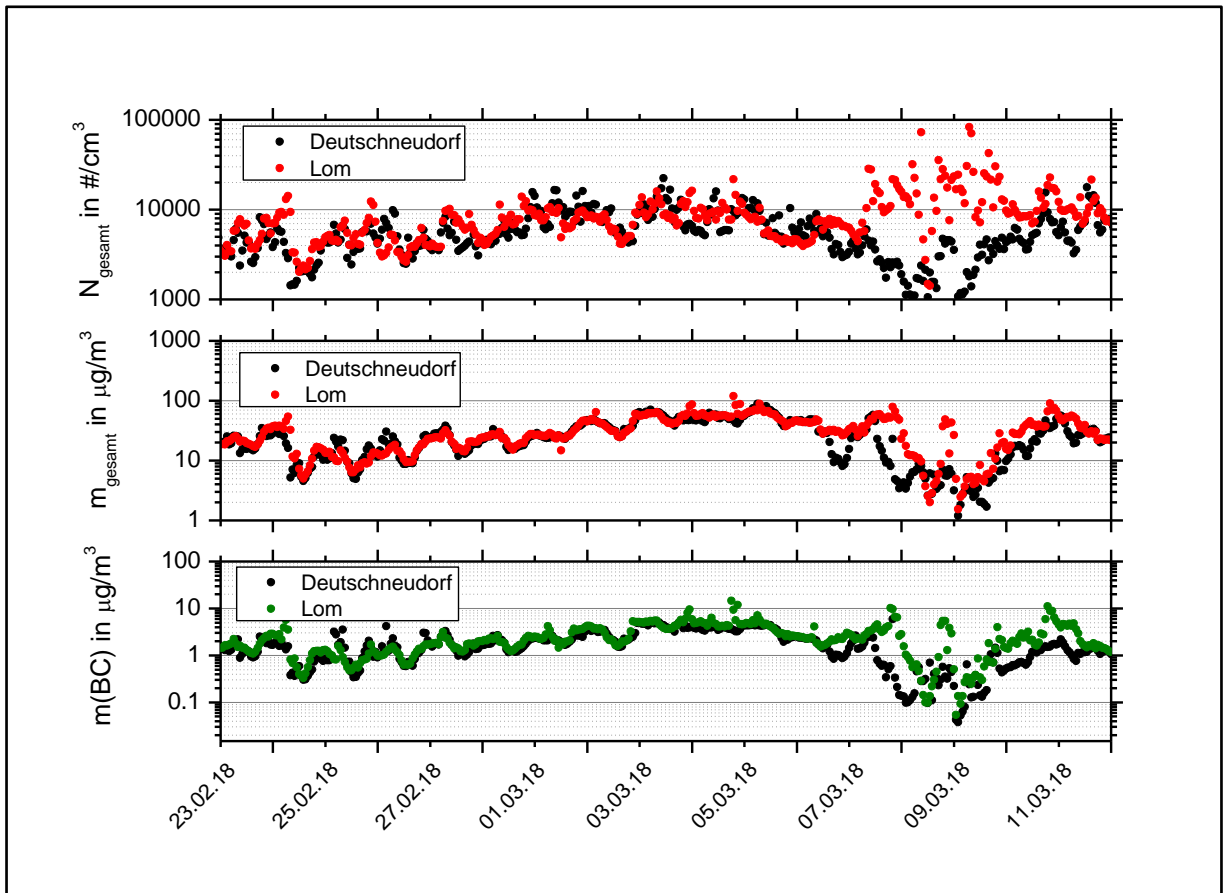


Abb. 41: Vergleich der gemessenen Gesamtpartikelanzahlen (N_{gesamt}), Gesamtmassenkonzentration (m_{gesamt}) sowie der Rußkonzentrationen ($m(\text{BC})$) der Stationen Deutschneudorf (schwarz) und Lom (rot bzw. grün) für den Zeitraum von Ende Februar bis Anfang März 2018.

5.1.4 Windrichtungsabhängige Probenahme

Beschreibung der Windrichtungen in den einzelnen Lokalitäten

Im Verlauf der ersten Probenahme-Kampagne (17. 02. 2017 - 01. 03. 2017) in Deutschneudorf wehte der Wind überwiegend aus der südlichen und aus der südwestlichen Richtung. In 38 % der Gesamtanzahl der Minuten, während die Probenahmen vorgenommen worden sind, waren die Bewegungsgeschwindigkeiten der Luftmassen niedriger als 0,5 m/s (im Folgenden als Windstille bezeichnet).

Die Windrose für diesen verfolgten Zeitraum ist auf Abb. A. 10 dargestellt und in die Karte in Abb. 42 eingefügt.

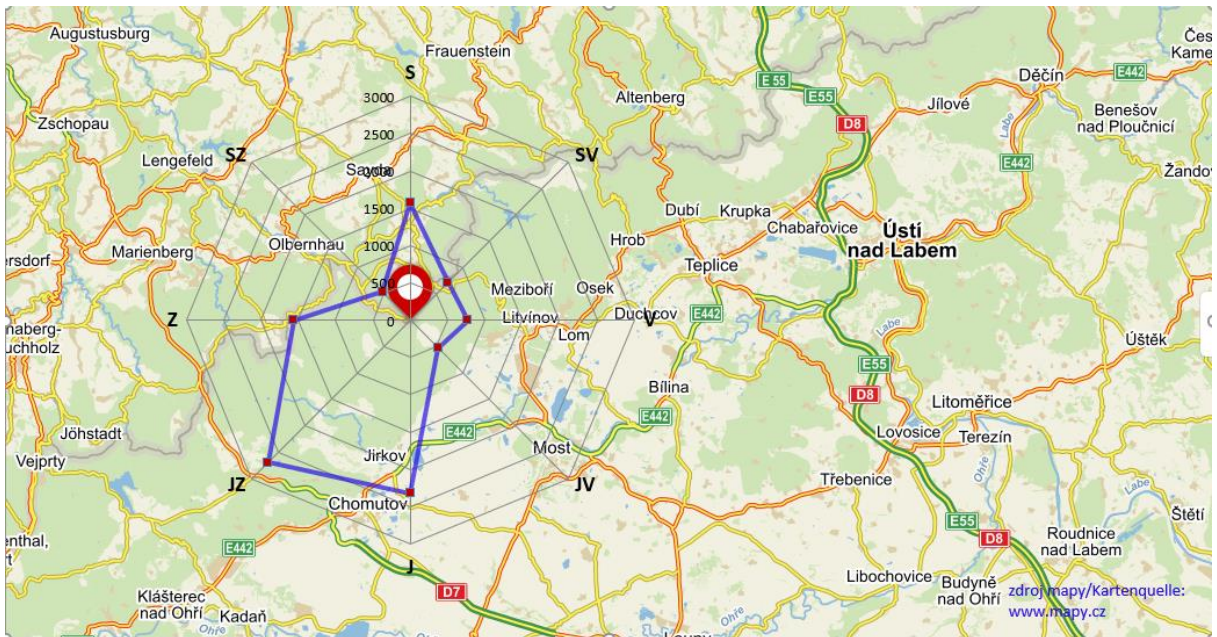


Abb. 42: In die Karte eingefügte Windrose.

Im Verlauf der zweiten Probenahme-Kampagne in Deutschneudorf, die während der kalten Jahreszeit in den Jahren 2017-2018 vom 23. 11. 2017 bis 27. 02. 2018 stattfand, kam der Wind überwiegend aus westlicher Richtung. Es herrschte öfter Windstille, d.h. während mehr als $\frac{1}{2}$ der Probenahmezeit (54 %).

Die Windrose für diesen verfolgten Zeitraum ist in Abb. A. 11 dargestellt, eingefügt in die Karte in Abb. 43.

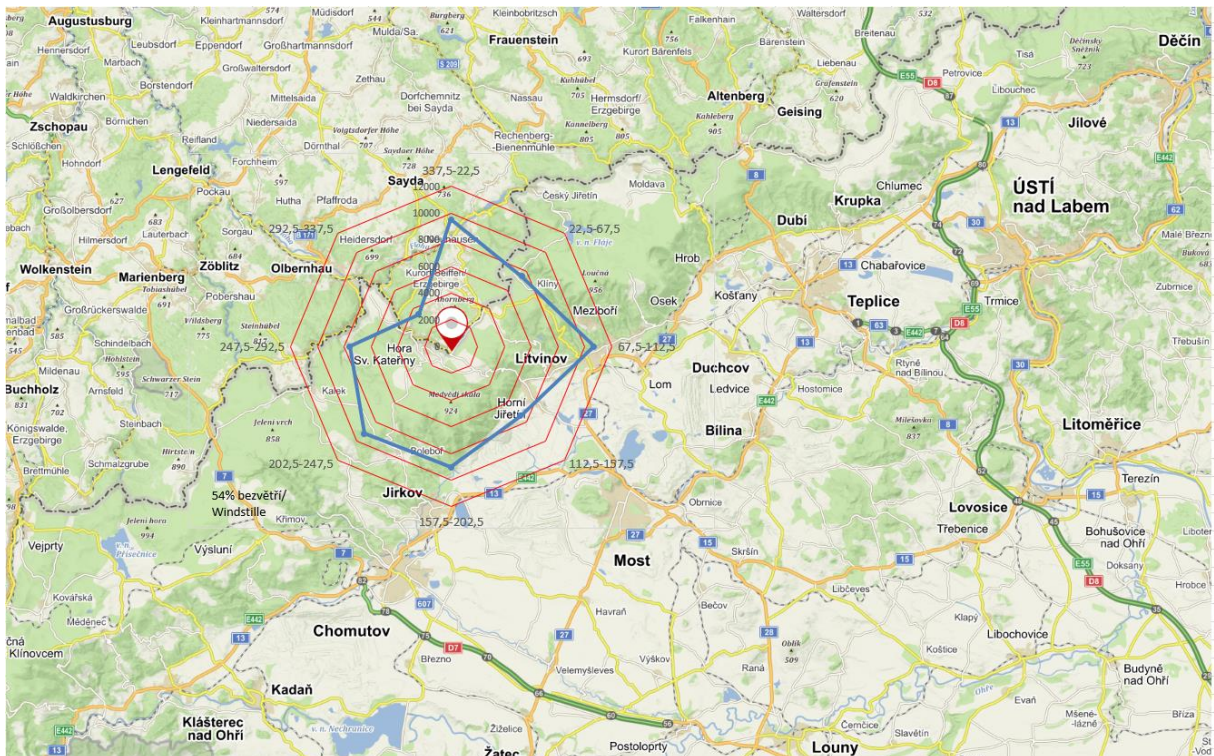


Abb. 43: In die Karte eingefügte Windrose. Kartenquelle: www.mapy.cz.

Im Verlauf der ersten Probenahme-Kampagne in Lom bei Most (17. 02. 2017 - 01. 03. 2017) wehte der Wind insbesondere aus westlicher Richtung. In 38 % von der Gesamtanzahl der Minuten, während die Probenahmen vorgenommen worden sind, herrschte Windstille).

Die Windrose für diesen Zeitraum ist in Abb. A. 12 dargestellt und eingefügt in die Karte in Abb. 44.

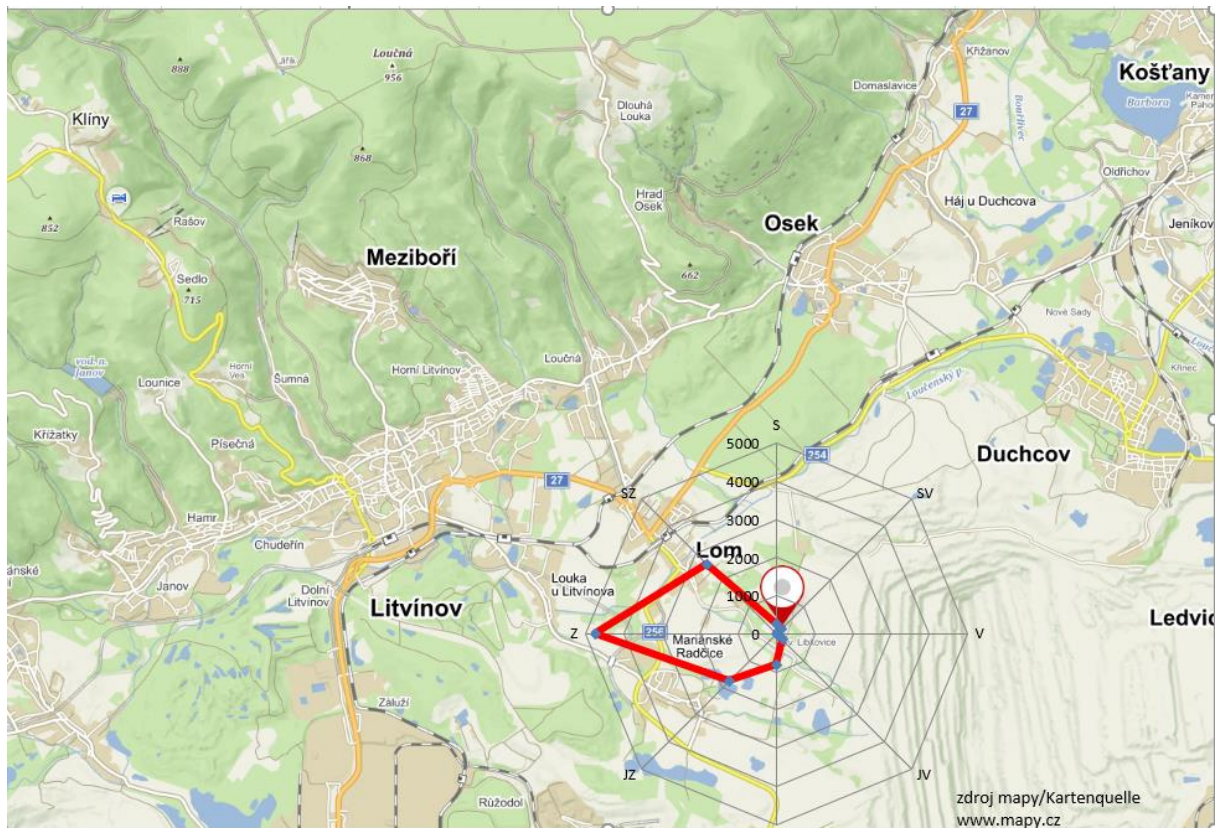


Abb. 44: In die Karte eingefügte Windrose.

Im Verlauf der zweiten Probenahme-Kampagne in Lom bei Most, die während der kalten Jahreszeit in den Jahren 2017-2018 vom 23. 11. 2017 bis 27. 02. 2018 stattfand, überwogen südöstliche bis südwestliche Windrichtung, Windstille herrschte in mehr als der Hälfte der Probenahmezeit (56 %).

Die Windrose für diesen verfolgten Zeitraum ist in Abb. A. 13 dargestellt und eingefügt in die Karte in Abb. 45.

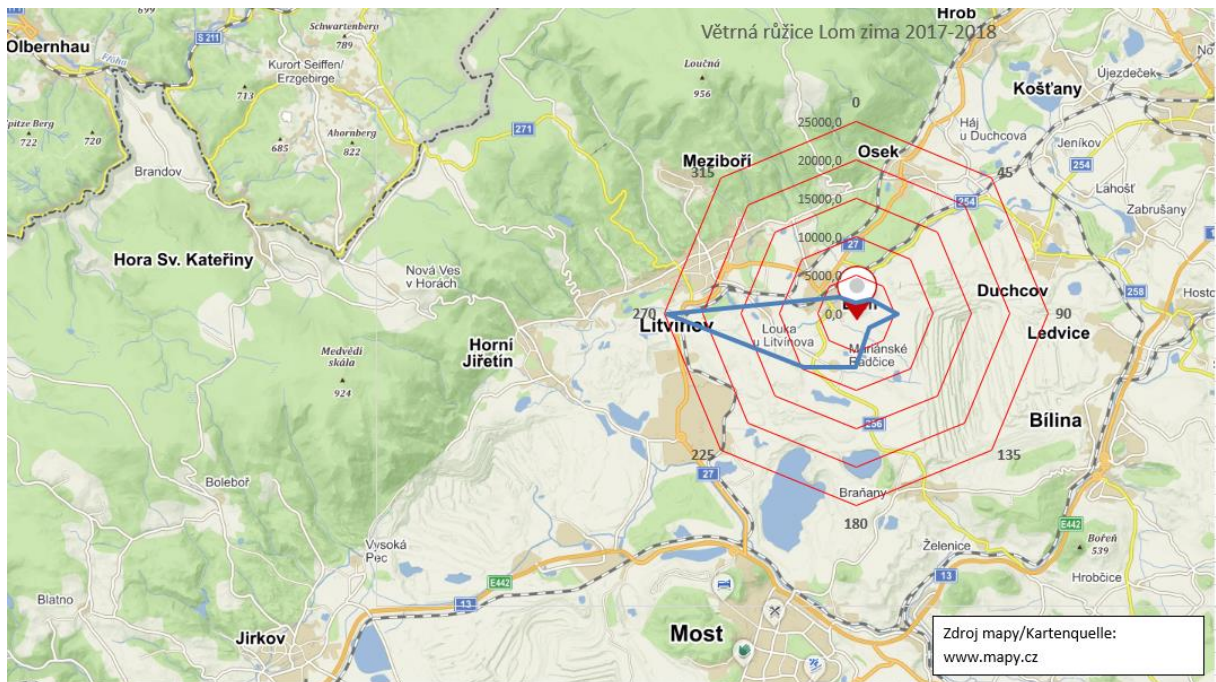


Abb. 45: In die Karte eingefügte Windrose.

Ergebnisse der Analyse der Konzentrationen von Carbonylverbindungen

In der ersten Probenahme-Kampagne in Deutschneudorf wurden in allen gemessenen Windrichtungen, einschließlich der Windstille, Carbonylverbindungen gefunden, die typisch für den Verkehr, die Verbrennung von fossilen Brennstoffen und das Kochen sind. Da diese Verbindungen in allen Richtungen des ankommenden Windes gefunden wurden, kann vermutet werden, dass es in diesem Fall in der Nähe des Probenahmeortes zur Luftkontaminierung kommt. Die Ergebnisse sind in Abb. A. 14 dargestellt.

Während der zweiten Probenahme-Kampagne in Deutschneudorf wurden die Probenahmedauer der einzelnen Entnahmen sowie der gesamte Probenahmezeitraum verlängert. Das wirkte sich auf das Spektrum der Carbonylverbindungen aus. Die gefundenen und quantifizierten Carbonylverbindungen, die vermehrt vorkamen, sind in

Tab. A. 10 angeführt. Auch in diesem Fall wurden Carbonylverbindungen gefunden, die typisch für den Kraftfahrzeugverkehr sind (C1-C2 Carbonyle) und auf Verbrennung von fossilen Brennstoffen und Kochen zurückzuführen sind. Während dieser Kampagne wurden zudem die Geruchsschwellen überschritten, und zwar beim Benzaldehyd (OAVi 1,3) im Zeitraum 25. 12. 2017 - 2. 1. 2018 und 3. 2. - 11. 2. 2018 aus Richtung 241°-360°, Isovaleraldehyd (2,8 OAVi) 23. 11. - 1. 12. 2017, 25. 12. 2017 – 2. 1. 2018 und 3. 2. - 11. 2. 2018 aus Richtung 241°-360°, Heptaldehyd (1,2 OAVi) 25. 12. 2017 - 2. 1. 2018 aus der Windrichtung 241°-360° und Octaldehyd (18,7 OAVi) 1. 12 -9. 12. 2017 aus Windrichtung 241°-360°. Die Ergebnisse des Zeitraums 1. 12 -9. 12. 2017 sind jedoch sehr fraglich, da Octaldehyd

nur einmal gefunden wurde. Der gemessene Wert lag außerdem in einer Konzentration vor, die sich an der Schwelle des Detektionslimits befindet. Die Messung ist damit prinzipiell mit einem großen Fehler belastet. Die Messungen zeigen jedoch, dass die Stoffe bei Wind aus dem Segment 241°-360° stammen. Diese Windrichtung ist auf der Karte in Abb. 46 dargestellt.

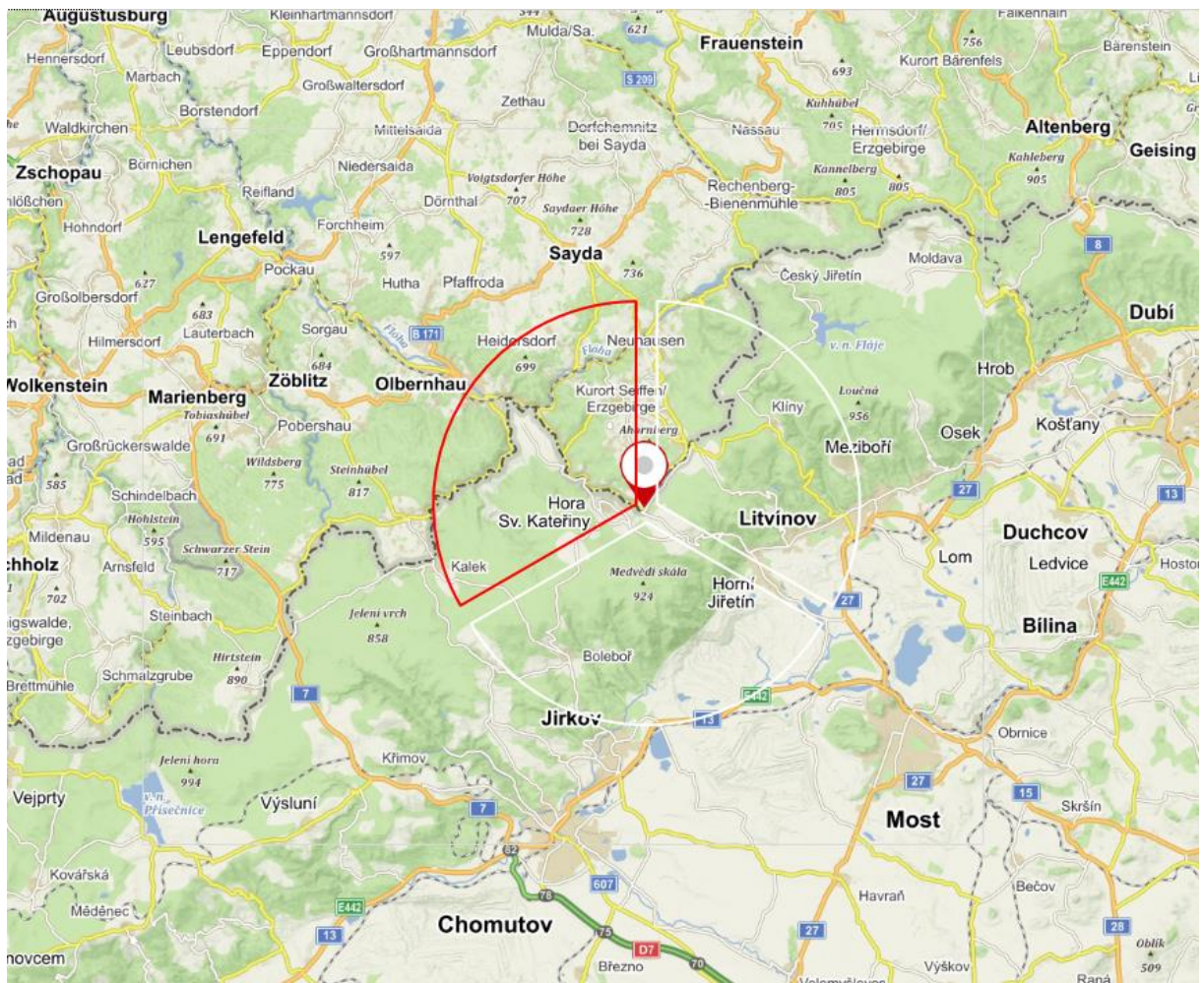


Abb. 46: Windrichtung, aus der die Carbonylverbindungen kommen, die die Geruchsschwelle überschreiten.

Die Carbonylverbindungen, die in Lom bei Most windrichtungsabhängig (Abb. A. 15) entnommen wurden, zeigen bei allen Richtungen, inklusive der Windstille und in der Mehrzahl der Proben, praktisch dieselben Verbindungen wie in Deutschneudorf. Die Carbonylverbindungen stammen demnach aus Verbrennungsprozessen. Weil die Probenahmen an einem Ort mit minimaler Verkehrsbelastung sowie bei stagnierender Bewegung der Luftmassen entnommen wurden, kann vermutet werden, dass die Hauptquelle dieser

Stoffe in der Winterperiode 2017-2018 insbesondere die naheliegenden Einzelfeueranlagen bzw. die unweit liegende Braunkohle-Tagebaugrube waren.

Die Geruchsschwelle wurde im Messzeitraum nicht überschritten.

5.1.5 Passive Probenahmen

Carbonyle in der Luft von Lom, Deutschneudorf und Jeřabina

Insbesondere wurden die Carbonyle Formaldehyd, Azetaldehyd, Azeton, Propanal, Nonanal und des Benzaldehyds/Cyclohexanon-Gemisches an den drei Probenahmeorten gemessen. Beim Vergleich der Häufigkeit der Stoffe ist erneut die Vertretung von Formaldehyd, Azetaldehyd, Azeton, Propanal, Nonanal und des Benzaldehyds/Cyclohexanon-Gemisches und zwar in allen drei Probenahmelokalitäten markant. Die Ergebnisse sind in Tab. A. 11 zusammengefasst. Abb. A. 16 zeigt die prozentuale Häufigkeit des Auftretens einzelner Carbonyle.

Die gemessenen Konzentration der bedeutendsten Carbonylverbindungen in Lom liegen bei: Formaldehyd (0,52 – 1,32 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Azetaldehyd (0,27 – 1,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Azeton (0,20 – 1,14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Methakrolein (0,31 – 0,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Butyraldehyd/Isobutyraldehyd-Gemisch (1,04 – 3,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Pentanal (0,40 – 1,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Nonanal (0,70 – 3,11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Deutschneudorf: Formaldehyd (0,53 – 1,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Azetaldehyd (0,18 – 1,22 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Azeton (0,20 – 1,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Methakrolein (0,74 – 1,19 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Butyraldehyd/Isobutyraldehyd-Gemisch (0,91 – 2,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Pentanal (0,48 – 1,35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Nonanal (0,70 – 1,08 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Jeřabina: Formaldehyd (0,42 – 1,37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Azetaldehyd (0,12– 0,56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Azeton (0,20 – 1,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Methakrolein (0,33 – 0,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Butyraldehyd/Isobutyraldehyd-Gemisch (0,90 – 2,03 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), Pentanal (0,67 – 1,40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Nonanal (0,70 – 1,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Abb. A. 17 zeigt, dass sich die Durchschnittswerte der Summe der gemessenen Carbonyle an den drei Probenahmeorten nicht groß unterscheiden. Für Lom sind es 7,62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Spanne der gemessenen Werte 4,54 – 14,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), in Deutschneudorf 6,86 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (die Spanne 4,43 – 12,83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in Jeřabina dann 6,61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (4,50 – 9,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Beim Vergleich der Durchschnittswerte mit dem Referenzwert von 3,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wird deutlich, dass sich die gemessenen Durchschnittswerte ungefähr das Zweifache des Referenzwertes betragen. Dies bedeutet eine sehr kleine Durchschnittskonzentration der Carbonyle in der Luft im Messzeitraum. Der Vergleich der gemessenen Durchschnittswerte für Formaldehyd (Lom 0,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Deutschneudorf 0,85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und Jeřabina 0,80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Azetaldehyd (Ethanol) (Lom 0,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Deutschneudorf 0,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ und Jeřabina 0,33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) mit Durchschnittskonzentrationen dieser Aldehyde, die in Großstädten typisch sind, zeigt,

dass die Konzentrationen in Großstädten sehr viel höher sind (um ein bis zwei Größenordnungen) (Altemose et.al. 2015).

Abb. A. 17 zeigt, dass das Herabsinken der Konzentrationen der Carbonyle im Zeitraum vom 17. Dezember bis 18. Januar an den drei Entnahmestellen wahrscheinlich mit der Zeit der Weihnachts- und Neujahrfeiertage zusammenhängt. Nach diesem Zeitraum folgt wieder ein allmählicher Anstieg der Konzentration der Carbonyle, wobei der Höchstwert für Lom im Zeitraum 19. 2. - 27. 2. 2018, in Deutschneudorf 27. 2. - 7. 3. 2018 und in Jeřabina erneut im Zeitraum 19. 2. - 27. 2. 2018 gemessen wurde.

5.1.6 Volatile organische Verbindungen in der Luft in Lom, Deutschneudorf und Jeřabina

Mit Hilfe von den Passivsammlern Radiello® wurden an den Probenahmeorten insgesamt 42 Luftproben genommen. Die Luftproben wurden anschließend auf flüchtige organische Stoffen (volatile, organische Verbindungen = VOC) untersucht. In Lom und in Deutschneudorf (DND) wurden je 18 Proben entnommen. Auf dem Aussichtsturm Jeřabina waren es sechs Proben. Drei Konzentrationen lagen in Jeřabina bei allen Analyten unterhalb der Bestimmbarkeitsgrenze (0,001 ppb). Ursache dafür war wahrscheinlich, dass die Diffusoren mit Eisschicht bedeckt waren und somit durch die meteorologischen Bedingungen im Verlauf der Probenahmen beeinflusst wurden. Die Probenahmezeit bei den einzelnen Proben betrug acht Tage (auf Jeřabina 1 x 16 Tage). Die Menge der einzelnen Analyten ist vom Diffusionskoeffizienten und der Temperatur abhängig und für die einzelnen Stoffe unterschiedlich. Beispielsweise lag die Luftmenge für Toluol (bei Durchschnittstemperatur von 0°C) bei 0,730 m³.

Quantitativ wurden aliphatische Kohlenwasserstoffe - (2-Methylbutan, Pentan, Heptan), zyklische Kohlenwasserstoffe (Methylzyklopentan und Methylzyklohexan), aromatische Kohlenwasserstoffe - (Benzen, Toluol, Äthylbenzen, Styren, m- und p-Xylol), Tetrachloräthylen, n-Butanol und n-Butanal bestimmt (Tab. A. 12). Diese Analyten befanden sich in allen Proben. Die durchschnittlich gemessenen Konzentrationen lagen zwischen 0,001-0,222 ppb, also tief unter der Geruchsschwelle (Nagata 2013).

Die in Lom und Deutschneudorf gemessenen Konzentrationen an Butanol und Butanal überschritten um einige Größenordnungen die Konzentrationen der übrigen Analyten (Butanol 0,049-0,995 ppbv und Butanal 2,972-9,047 ppbv). In Lom und Deutschneudorf wurden ultrafeine Partikel (UFP) bestimmt. Passivprobesammler waren ca. fünf Meter von den Geräten für UFP-Messung platziert, sodass für Butanol und sein Degradationspro-

dukt Butanal auf die Quellen geschlossen werden konnte (Ponczek 2018). Eine Kontamination bei n-Pentan wurde nicht nachgewiesen. Für die Schätzung der Immissionsbelastung an den Probenahmestellen in Lom und Deutschneudorf wurden die Konzentrationen von Butanol-Butanal nicht genutzt.

In allen Proben, die aus Deutschneudorf, Lom und Jeřabina stammen, wurde Tetrachlorethylen in Konzentrationen (0,016 vs. 0,017 ppbv vs 0,007 ppbv) nachgewiesen. Als Quelle kommt die Verbrennung von Braunkohle in Kraftwerken in Betracht, deren Emissionen neben aromatischen Kohlewasserstoffen auch Tetrachloräthylen enthalten (Garcia et al. 1992). Isopentan (2-Methylbutan) stammt aus dem Kraftverkehr (Chan et al. 2006). Die Petrochemische Industrie stellt eine bedeutende Quelle einer ganzen Reihe von Kohlenwasserstoffen dar. Dabei werden n-Pentan, Benzen, n-Heptan, Toluol und Oktan für die bedeutendsten Stoffe gehalten (Watson 2001). Es ist jedoch oftmals schwierig die Emissionen aus der Petrochemie und dem Kraftverkehr auseinander zu halten, denn die nachgewiesenen Konzentrationen von Methylzyklohexan und Styrol können von beiden Quellen emittiert werden. Profile der analysierten Stoffe wurden für beide Gebiete graphisch verarbeitet (Abb. 47).

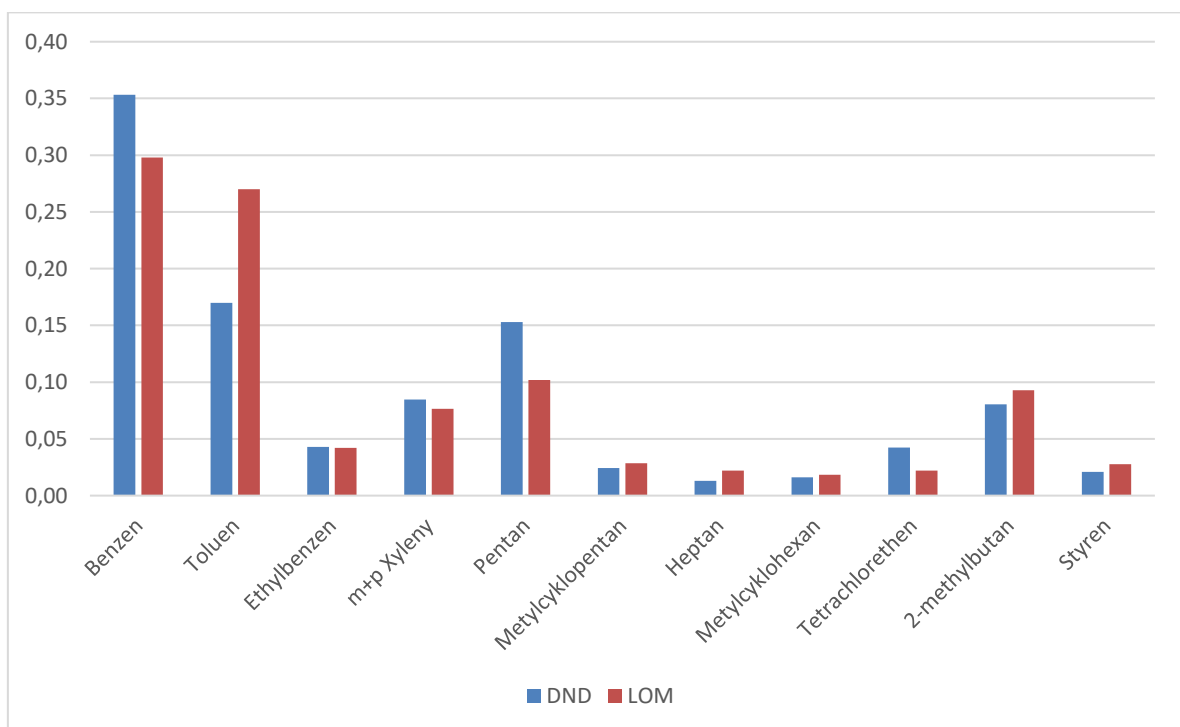


Abb. 47: In DND und Lom gemessene Profile (Konzentration in ppbv).

Methode zu Identifikation der Verunreinigungsquellen mit Hilfe von statistischen Methoden

Die statistische Analyse von mehrdimensionalen Daten (mehrere Luftschadstoffe, die wiederholt im Rahmen der Kampagne oder mehreren Kampagnen gemessen wurden) stellt eine Methode zur Identifizierung und Quantifizierung der Luftverunreinigungsquellen dar.

Das geeignete Werkzeug zur Identifikation der Quellen von Luftverunreinigungen ist die Methode PMF (Positive Matrix Factorization). Die Matrix der Analytenkonzentration \mathbf{X} (das Element x_{ij} stellt die Konzentration des i -Analyten in j -Probe dar) kann mittels der PMF-Methode in die Matrizen \mathbf{F} und \mathbf{G} (Hopke, 2000) nach folgender Gleichung zerlegt werden:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^p f_{ik} \cdot g_{kj}$$

Die Matrix \mathbf{F} beschreibt die Zusammensetzung der Analyten in den einzelnen Quellen (f_{ik} ist die Konzentration des i -Analyten in der k -Quelle). Es geht demnach um die Schätzungen der Quellenprofile. In der Matrix \mathbf{G} beschreibt jedes Element g_{kj} den Beitrag der k -Quelle in j -Messprobe.

Ergebnisse der Identifizierung von Quellen mittels der Positive Matrix Factorization für Deutschneundorf

Auf der Grundlage des Verhältnisses Signal und Rausch (S/N) wurden in die Analyse alle betrachteten Analyten einbezogen. Da das Verhältnis S/N bis auf eine Ausnahme höher als 2 war, wurden sie also als *Strong (stark)* bezeichnet. Eine Ausnahme bildet n-Heptan mit dem Verhältnis $S/N = 1,5$, das aus diesem Grunde als *Weak (schwach)* bezeichnet wurde. Die Methode rechnete mit dem Dreifachen der ursprünglichen Messunsicherheit.

Die PMF-Methode benötigt außer den Analyten-Konzentrationen auch die Detektionsgrenzwerte und Messunsicherheiten, die quantitativ für die Analyten 0,001 ppb bzw. 35% bestimmt worden waren.

Die Anzahl von Faktoren (also der potenziellen Quellen) wurde mit Hilfe der Methode PCA (Hauptkomponentenmethode) auf zwei bestimmt, wodurch 97 % der Variabilität in den Daten erklärt wird (Abb. A. 18). Bei der Rückvalidierung der Modelle mit mehr als zwei Faktoren zeigte es sich, dass dies zu uneindeutiger Zuordnung der Analyten zu den einzelnen Faktoren (Quellen) führt. In Abb. 48 ist ersichtlich, dass das Modell Analyten der ersten und auch zu der zweiten Quelle zuordnet. Auf Pentan traf dies nicht zu. Die Berechnung der Konzentration für die einzelne Quelle (auf der Abb. 48 mit blauem Viereck als Const. Run gekennzeichnet) ergab bei der Anwendung des Modells den Wert 0,0016

ppb. Bei der Rückvalidierung lag der Median der Konzentration der Analyten (auf derselben Abbildung mit grüner Linie als *Median* gekennzeichnet) bei 0,0004 ppb. Durch die mathematische Analyse konnten zwei Quellen identifiziert werden. Die erste Quelle produziert Pentan, verursacht durch Kraftfahrzeugverkehr und Petrochemie (Treibstoffe). Die zweite Quelle entspricht der Holzverbrennung. In Anbetracht des festgestellten Unterschieds bei der Quelle 2 wurde für die Berechnung der relativen auf Toluol bezogenen Konzentration der Median der Analyten-Konzentration in der Quelle verwendet, da es eine geeignetere Schätzung des Konzentrationmittelwerts bietet (Bem.: falls das Modell den Analyten gut zur Quelle zuordnet, stehen sich die berechnete Konzentration und das mittels der Methode bootstrap gewonnene Median sehr nahe, und die relativen auf Toluol bezogenen Konzentrationen liefern die gleichen Ergebnisse).

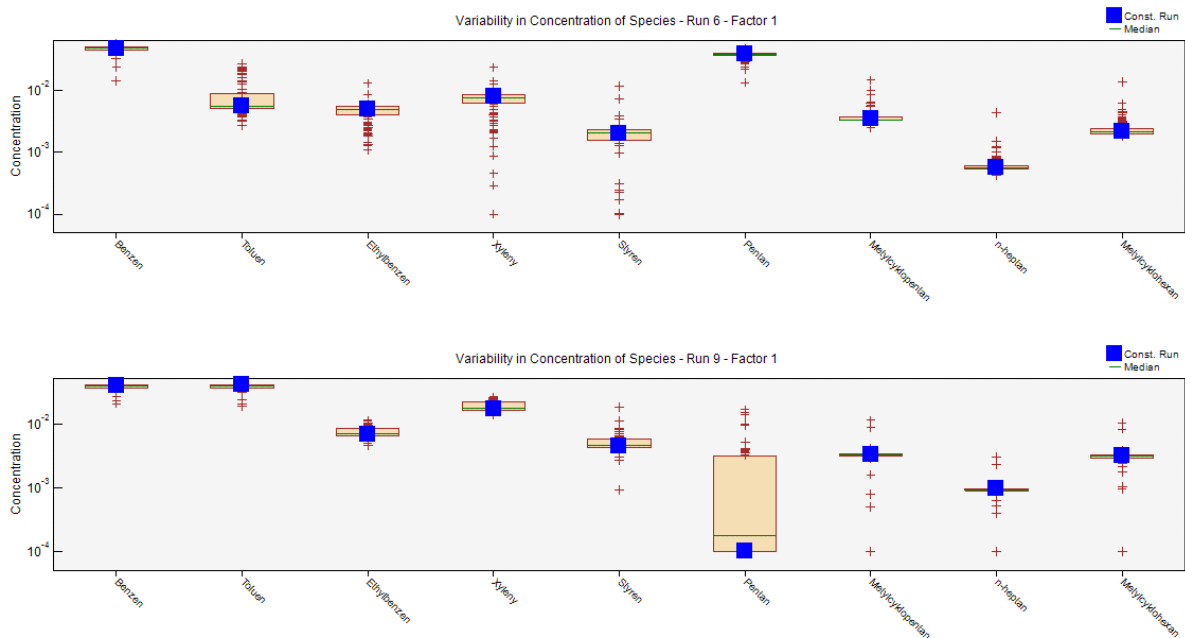


Abb. 48: Ergebnisse der Rückvalidierung des Modells mit zwei Faktoren mittels der Methode bootstrap - 100 Unterproben.

Die erste Quelle emittierte vor allem Pentan (96 % der gemessenen Immissionen des Analyten), Benzen (52 %) und Methylcyclopentan (50 %). Ihr Profil ist auf dem Abb. 49 dargestellt. Die Software gibt Profile sowohl vor (graue Spalten) als auch nach der Rotation der Faktoren mittels der Methode Fpeak (grüne Spalten) an. Aus derselben ist ersichtlich, dass die Faktorenrotation im Profil keine signifikante Veränderung brachte. Die Interpretation der Quelle beruht auf ihrem Profil nach der Rotation. Unter Berücksichtigung der festgestellten auf Toluol bezogenen relativen Konzentrationen handelt es sich um Weichholz-

verbrennung. Das ermittelte Verhältnis Benzen/Toluol ist 8,55. Das Verhältnis Benzen/Toluol ist auf den ersten Blick in Abb. 49 nicht erkennbar, da die Konzentration (Achse Y) als logarithmische Skala angegeben ist. Aus diesem Grunde wurden die Verhältnisse Benzen/Toluol weiter berechnet und sind in der Tab. A. 13 enthalten. Die Emissionen des Benzens in Beziehung zu Toluol mit den Werten $B/T \geq 1$ werden in Gebieten mit hohem Anteil von Kohle- und Biomasseverbrennung nachgewiesen (Barletta et. al. 2005, Sekyra et al. 1989). Schauer (2001) gibt für die Verbrennung von Kiefernholz das Verhältnis B/T einen Wert von 2,86 an.

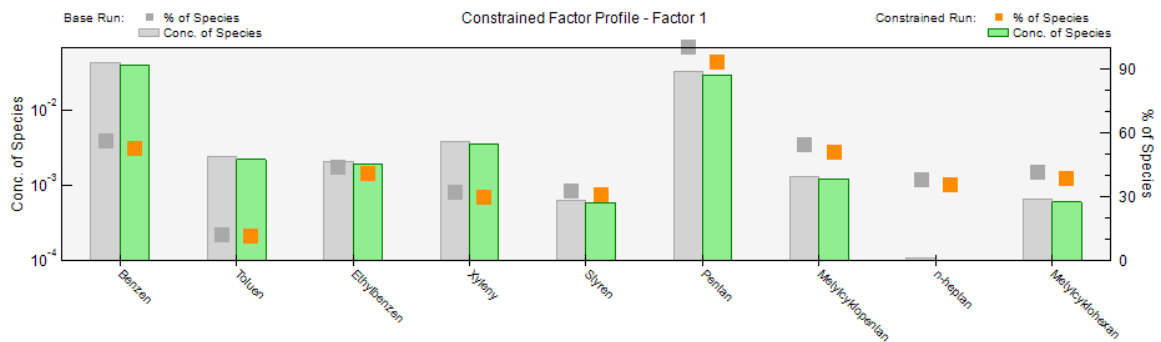


Abb. 49: Das Profil der Quelle 1 (Verbrennung von weichem Holz) vor (graue Spalten und Punkte) und nach der Faktorenrotation mit der Methode Fpeak (grüne Spalten und gelbe Punkte). Das Profil ist in absoluten Einheiten angegeben (Spalten - logarithmischer Maßstab) und in relativen Einheiten (Punkte - Maßstab in Prozenten).

Die zweite Quelle emittiert vor allem Toluol (89 % der gemessenen Emissionen des Analyten), Xylole (70 %), Styrol (70 %), n-Heptan (65 %), Methylzyklohexan (62 %) und Äthylbenzen (60 %). Die richtige Einordnung des Pentans bei dieser Quelle ist problematisch, wie die Rückvalidierung des Modells mittels der Methode bootstrap ergab (Abb. 48). Das Profil der Quelle ist in Abb. 50 dargestellt. Die Interpretation der Quelle beruht auf ihrem Profil nach der Rotation. In Anbetracht der festgestellten auf Toluol bezogenen relativen Konzentrationen handelt es sich um Kohleverbrennung. Das ermittelte Verhältnis Benzen/Toluol ist 1,00. Die übrigen Verhältnisse sind in Tab. A. 13 angegeben.

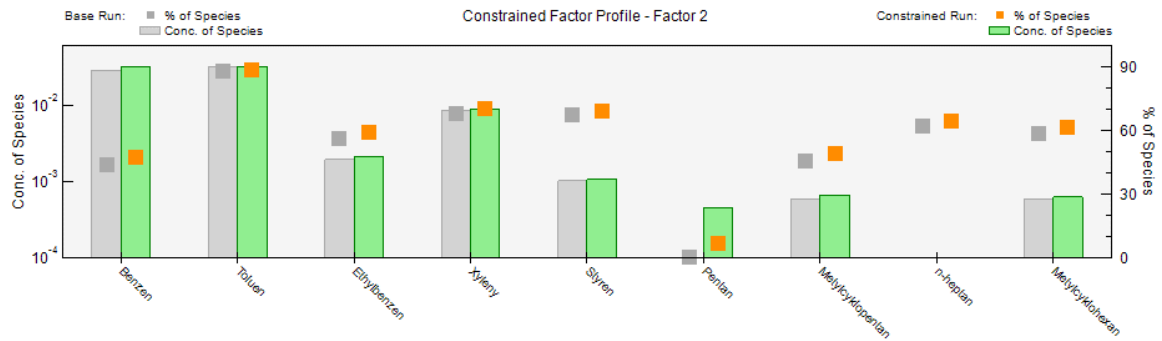


Abb. 50: Das Profil der Quelle 2 (Kohleverbrennung) vor (graue Spalten und Punkte) und nach der Faktorenrotation mit der Methode Fpeak (grüne Spalten und gelbe Punkte). Das Profil ist in absoluten Einheiten angegeben (Spalten - logarithmischer Maßstab) und in relativen Einheiten (Punkte - Maßstab in Prozenten).

Ergebnisse der PMF-Methode für Lom

Auf der Grundlage des Verhältnisses Signal und Rausch S/N wurden in die Analyse alle betrachteten Analyten einbezogen. Da das Verhältnis S/N bei allen höher als 2 war, wurden sie also alle als *Strong* bezeichnet.

Die Anzahl der Faktoren (also der potenziellen Quellen) wurde mit Hilfe der Methode PCA auf zwei bestimmt, wodurch es gelang 88 % Variabilität in den Daten zu erklären (Abb. A. 19). Die gleiche Anzahl der Faktoren brachte auch die auf dem Vergleich der Rückvalidierungsergebnisse beruhende Vorgehensweise. Bei der Rückvalidierung der Modelle mit mehr als zwei Faktoren zeigte es sich, dass diese zu uneindeutiger Zuordnung der Analyten zu den einzelnen Faktoren führen. In der Abb. A. 19 ist ersichtlich, dass dieses Modell sehr gut die Analyten der ersten und der zweiten Quelle zuordnet. Bei Pentan ist das Modell nicht anwendbar. Das Modell berechnete die Konzentration in der Quelle im Wert von 0 ppb, bei der Rückvalidierung liegt der Median der Konzentration bei 0,0012 ppb. Im Falle der zweiten Quelle versagt das Modell bei Benzen, wo die Konzentration laut Modell 0,0009 ppb und Median 0,01 ppb beträgt. In Anbetracht der Unterschiede bei beiden oben angeführten Analyten wurde für die Berechnung der relativen auf Toluol bezogenen Konzentration des Analyten in der Quelle das Median der Konzentration in der Quelle verwendet, da es bessere Schätzung des Mittelwertes der Konzentration bietet (Tab. A. 14).

Die erste in Lom mittels der PMF-Methode identifizierte Quelle emittiert vor allem Benzen (99 % der gemessenen Immissionen des Analyten), Pentan (98 %), Toluol (66 %), Xylol (64 %), Styrol (65 %), Methylcyclopentan (65 %), und Äthylbenzen (62 %). Die richtige Einordnung des Methylcyclohexans bei dieser Quelle ist problematisch, wie die Rückvalidierung des Modells mittels der Methode bootstrap ergab (Abb. 51). Das Profil der Quelle ist in

Abb. 51 dargestellt. Die Interpretation der Quelle beruht auf ihrem Profil nach der Rotation. In Anbetracht der festgestellten auf Toluol bezogenen relativen Konzentrationen handelt es sich um Kohleverbrennung. Das ermittelte Verhältnis Benzen/Toluol liegt bei 1,38. Der festgestellte Wert nähert sich dem Wert 1,51, den Sekyra (1989) für die Kohleverbrennung angibt. Die übrigen Verhältnisse sind in Tab. A. 14 angeführt.

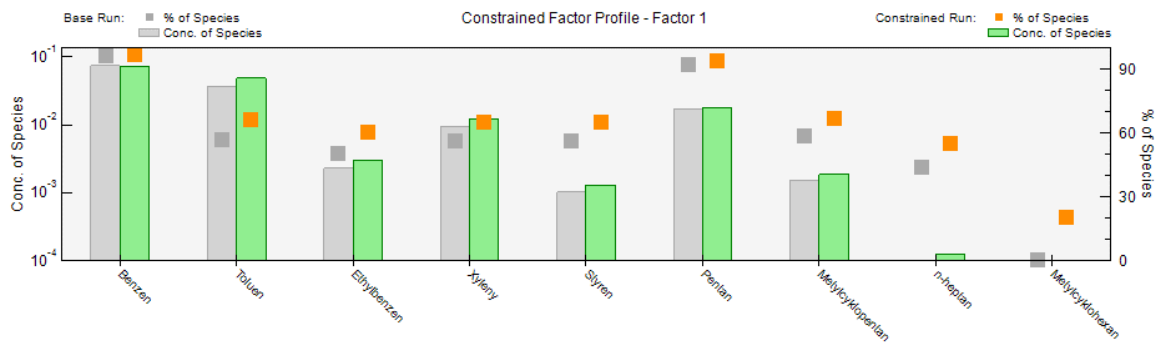


Abb. 51: Profil der Quelle 1 (Kohleverbrennung) vor (graue Spalten und Punkte) und nach der Faktorenrotation mittels der Methode Fpeak (grüne Spalten und gelbe Punkte). Das Profil ist in absoluten Einheiten angegeben (Spalten - logarithmischer Maßstab) und in relativen Einheiten (Punkte - Maßstab in Prozenten).

Die zweite Quelle emittiert vor allem Methylzyklohexan (85 % der gemessenen Immissionen des Analyten) und Toluol (34 %). Ihr Profil ist in Abb. 52 dargestellt. Die Quellen können mit Rücksicht auf die festgestellten relativen auf Toluol bezogenen Konzentrationen als Kraftverkehr identifiziert werden. Das ermittelte Verhältnis Benzen/Toluol (B/T) ist 0,27. Die niedrigen Werte $B/T \leq 0,2$ weisen auf die Emissionen aus den Benzinmotoren ohne Katalysator im Kraftverkehr hin (Schauer 2002). Derselbe Autor gibt das Verhältnis Ethylzyklopentan/Toluol mit dem Wert 0,22 und Methylzyklohexan/Toluol mit dem Wert 0,08 an. Das sind Werte, die sich den Verhältnissen der Quelle 2 nähern (Tab. A. 14).

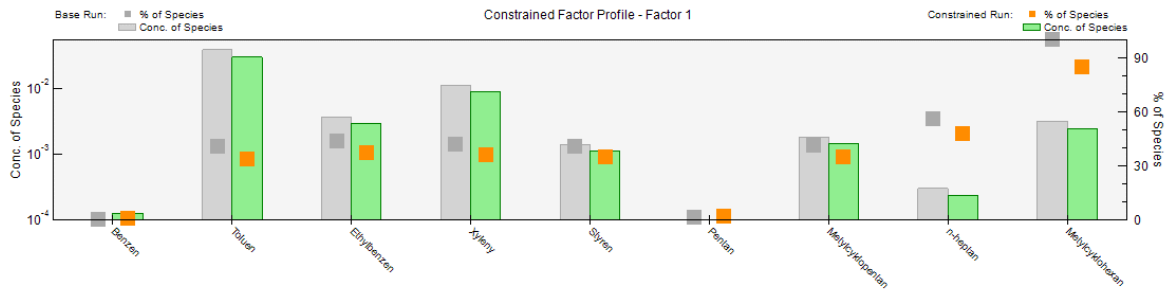


Abb. 52: Das Profil der Quelle 2 (Kraftverkehr) vor (graue Spalten und Punkte) und nach der Faktorenrotation mittels der Methode Fpeak (grüne Spalten und gelbe Punkte). Das Profil ist in absoluten Einheiten angegeben (Spalten - logarithmischer Maßstab) und in relativen Einheiten (Punkte - Maßstab in Prozenten).

5.1.7 PM₁₀: Ökotoxikologische Tests

Ziel der ökotoxikologischen Tests war die Untersuchung der Zytotoxizität von Feinstaubproben (PM₁₀) von vier unterschiedlichen Standorten (Lom bei Most, Deutschneudorf, ColImberg und Leipzig-Mitte) an humanen Lungeneithelzellen. Verglichen wurden dabei zwei Messzeiträume im Jahr 2017 und 2018.

Während 2017 die täglichen PM₁₀-Werte aller vier Stationen unter dem Grenzwert von 50 µg/m³ blieben, überschritten die PM₁₀-Werte 2018 teilweise diese Grenzwerte im untersuchten Zeitraum für die ökotoxikologischen Tests. Insgesamt war die Belastung mit PM₁₀ während der Messkampagne im Jahr 2018 höher als im Jahr 2017. In beiden Jahren war die Zelltoxizität mit einer mittleren Überlebensrate der Zellen zwischen 70-90 % (2017) bzw. 75-90 % (2018), variierend je nach Lokalität, bei den jeweils höchsten gemessenen PM₁₀-Konzentrationen generell niedrig. Die tägliche Variabilität der Zytotoxizität war an allen Standorten gering. Abb. 53 und Abb. 54 zeigen den Vergleich der Zytotoxizität aller Standorte gemittelt für den gesamten Beobachtungszeitraum.

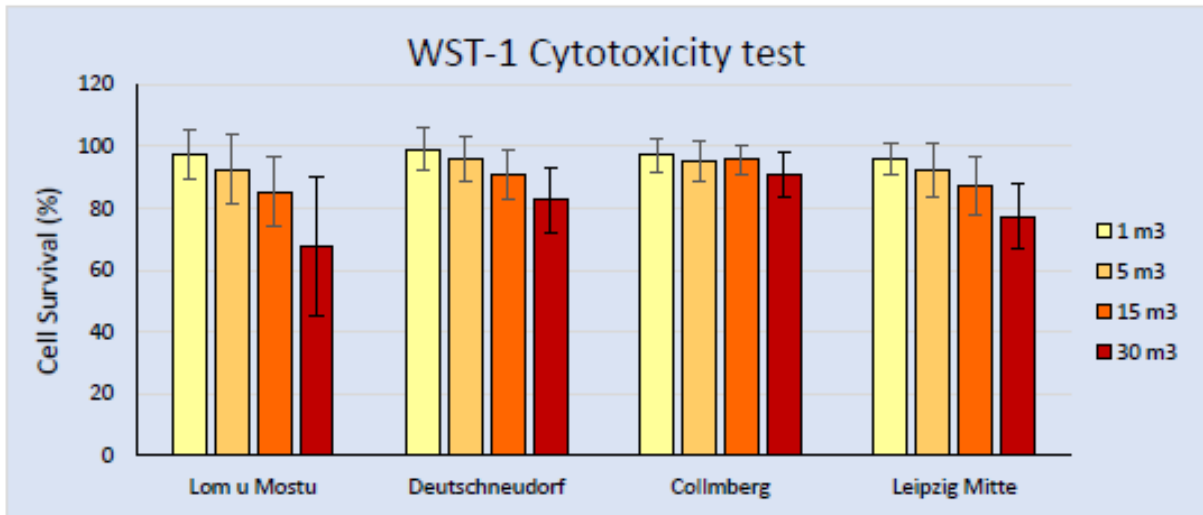


Abb. 53: WST-1 Zytotoxizitätstest: Vergleich der Zytotoxizität von PM₁₀ an allen Standorten im Jahr 2017; dargestellt ist die prozentuale Überlebensrate (Cell Survival) der untersuchten A549-Zellen nach 24-stündiger Inkubation mit vier verschiedenen Konzentrationen der entsprechenden PM₁₀-Extrakte der untersuchten Standorte.

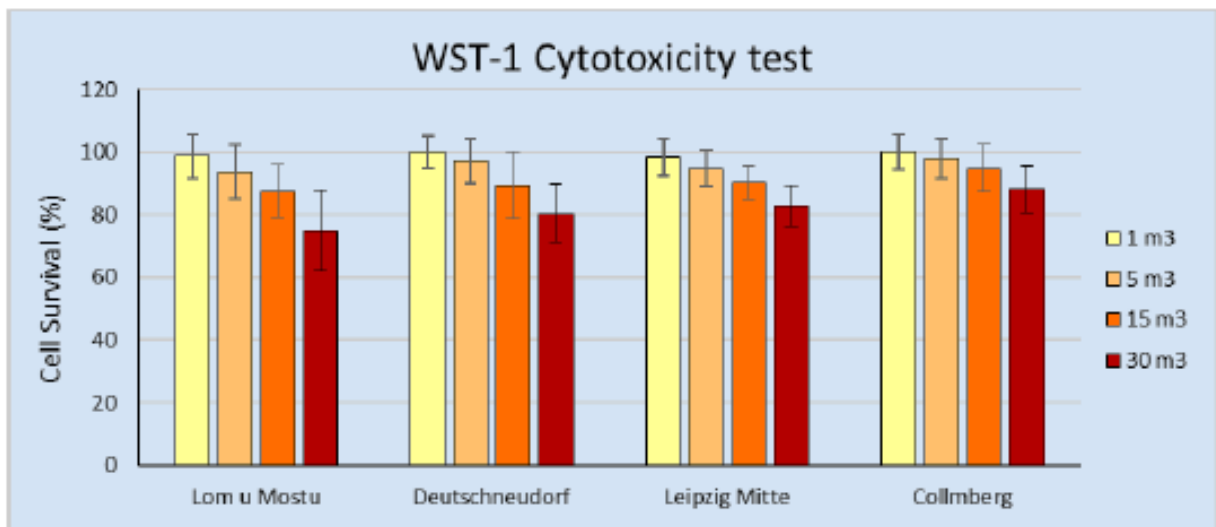


Abb. 54: WST-1 Zytotoxizitätstest: Vergleich der Zytotoxizität von PM₁₀ an allen Standorten im Jahr 2018; dargestellt ist die prozentuale Überlebensrate (Cell Survival) der untersuchten A549-Zellen nach 24-stündiger Inkubation mit vier verschiedenen Konzentrationen der entsprechenden PM₁₀-Extrakte der untersuchten Standorte.

Eine Überlebensrate der Lungenzellen von 100 % würden keine zytotoxische Wirkung des PM₁₀-Extrakts bedeuten; ein Abfall der Überlebensrate hingegen wird einem zytotoxischen Effekt zugeschrieben.

Um die Zytotoxizität an den Standorten zu vergleichen, wurde mithilfe von linearer Extrapolation das Luftvolumen, welches nötig ist um 30 % der humanen Lungeneithelzellen abzutöten (LC30 = letale Konzentration, die 30 % der Zellen abtötet), bestimmt. In beiden Jahren wurde mit dieser Methode die höchste Zytotoxizität der PM₁₀-Proben für den Standort in Lom bei Most sowie die geringste Zytotoxizität der PM₁₀-Proben am Collmberg ermittelt. Im Untersuchungszeitraum des Jahres 2017 war die ermittelte Zytotoxizität der PM₁₀-Proben der Station Leipzig-Mitte höher als von Deutschneudorf; im Jahr 2018 umgekehrt. Demnach hätten in Lom bei Most 2018 36 m³/ml (2017: 28 m³/ml) der gesammelten Luft zu einem Absterben von 30 % der Lungeneithelzellen geführt, während dies in Collmberg erst bei 76 m³/ml (2017: 116 m³/ml) der dortigen Luft eingetreten wäre. In Leipzig lag LC30 2017 bei 30 m³/ml und 2018 bei 53 m³/ml. In Deutschneudorf wurde LC30 2017 mit 53 m³/ml berechnet und 2018 mit 45 m³/ml.

Trotz höherer PM₁₀-Konzentrationen im Jahr 2018 war die Zytotoxizität gegenüber der Vorjahreskampagne nicht gestiegen. Es konnte allgemein keine Korrelation zwischen der PM₁₀-Konzentration und der Zytotoxizität gefunden werden. Diese Tatsache führt zu der Annahme, dass weniger die Masse von PM₁₀ als die Zusammensetzung von PM₁₀ den Grad der Toxizität bestimmt.

Des Weiteren wurde in den untersuchten Zeiträumen kein Zusammenhang zwischen der Zytotoxizität und dem Auftreten gehäufter Geruchsereignisse gefunden. Vermehrte Meldungen von Geruchsereignissen gingen sowohl an Tagen mit vergleichsweise hoher als auch an Tagen mit niedriger Zytotoxizität der PM₁₀-Proben ein.

5.1.8 Mobiles und Stationäres Ionenmobilitätsspektrometer

Es wurde in allen drei Winterperioden gemessen. In ersten Winter im Zeitraum zwischen von Februar und März 2017, in zweiten Winter zwischen November 2017 und März 2018 und zuletzt von November 2018 bis Ende Januar 2019.

In der ersten Messkampagne, die vom 07. Februar 2017 bis Ende März 2017 lief, wurden durch den Auftragnehmer (IFU GmbH) insgesamt 29.625 einzelne Driftzeitspektren in Deutschneudorf und 46.848 einzelne Driftzeitspektren in Lom erkannt. Daraus resultieren 22 Signalmuster in Deutschneudorf und 19 Muster in Lom. Die erste Auswertung und Erklärung der Vorgehensweise wird anhand dieser Daten in den folgenden Abschnitten erläutert.

Beim Einsatz dieser Technik ist die Aussage, um welche Stoffe es sich handelt, nicht möglich, weil keine Stoffbibliothek im Ionenmobilitätsspektrometer hinterlegt ist. Um eine

Stoffbibliothek einzulesen, ist ein zeitaufwendiger Einsatz der Prüfgase in einer Laborumgebung notwendig. Da wir nicht wissen, welche konkreten Stoffgemische die Geruchsergebnisse verursachen, ist eine Stoffbibliothek wenig effektiv. Nicht alle geruchsrelevanten Stoffe sind weltweit als Prüfgase auf dem Markt erwerblich. Daher müssen neben den stationären Messungen auch mögliche Quellen unbedingt eingemessen werden. Das erfolgte mit den mobilen Einzelmessungen.

Dabei ergaben sich folgende Fragen:

1. Gibt es ein oder mehrere auffällige Signalmuster, wenn Zeiten mit Beschwerden mit den Stärken der Signalmuster verglichen werden?
2. Gibt es einen Zusammenhang zwischen den IMS Signalmustern mit den uns bekannten Stoffen?

Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Signalmustern aus den mobilen und stationären Messungen? Abb. 55 zeigt ein Beispiel für ein erkanntes Geruchsmuster mit der Datenaufbereitung durch die Software der IFU GmbH. Die relative Intensität des Geruchsmusters wird als kontinuierliche Zeitreihe dargestellt (unten). Für Werte kleiner 1 wird das Muster nicht erkannt. Je größer der Wert über 1 liegt, desto stärker macht sich das Muster in der Umwelt bemerkbar.

Aus diesen Zeitreihen können verschiedene Informationen über den Verlauf des Signals während der Messzeit entnommen und weitere eventuelle Regelmäßigkeiten sowohl im Tagesgang als auch im Wochengang sichtbar gemacht werden. Diese Informationen können ein Hinweis dafür sein, dass es sich um einen Werktag- oder Wochenendeffekt handelt, oder um welche Uhrzeit dieses Muster am auffälligsten war. Damit können Rückschlüsse auf Quellen gezogen werden. Die Immissionsrose liefert die Richtung der Geruchsquelle vom Messort.

Schon von Anfang an wurden, angesichts der Annahme, dass sich eine der möglichen Hauptquellen im Böhmisches Becken befindet, besonders diejenigen Signale betrachtet, die am Standort Deutschneudorf vor allem aus Südosten herkamen. Die Betrachtung der Windrosen mit der Visualisierung der Konzentrationen gibt einen guten und eindeutigen Hinweis, woher die erkannten Signalmuster kamen. Aus den insgesamt 22 positiven (P) und negativen (N) Signalmustern (M) in Deutschneudorf kamen acht aus dem Südosten und zwei weitere aus Süden bis Südosten (Tab. 7). Es handelt sich hierbei um folgende Signalmuster – M_N02, M_N03, M_N04, M_N05, M_N07, M_N09, M_N10 und M_P03, M_P06 und M_P07. Alle anderen zwölf kamen offensichtlich aus einer anderen Richtung, so dass sie ein Marker für andere (lokale) Quellen sein kann.

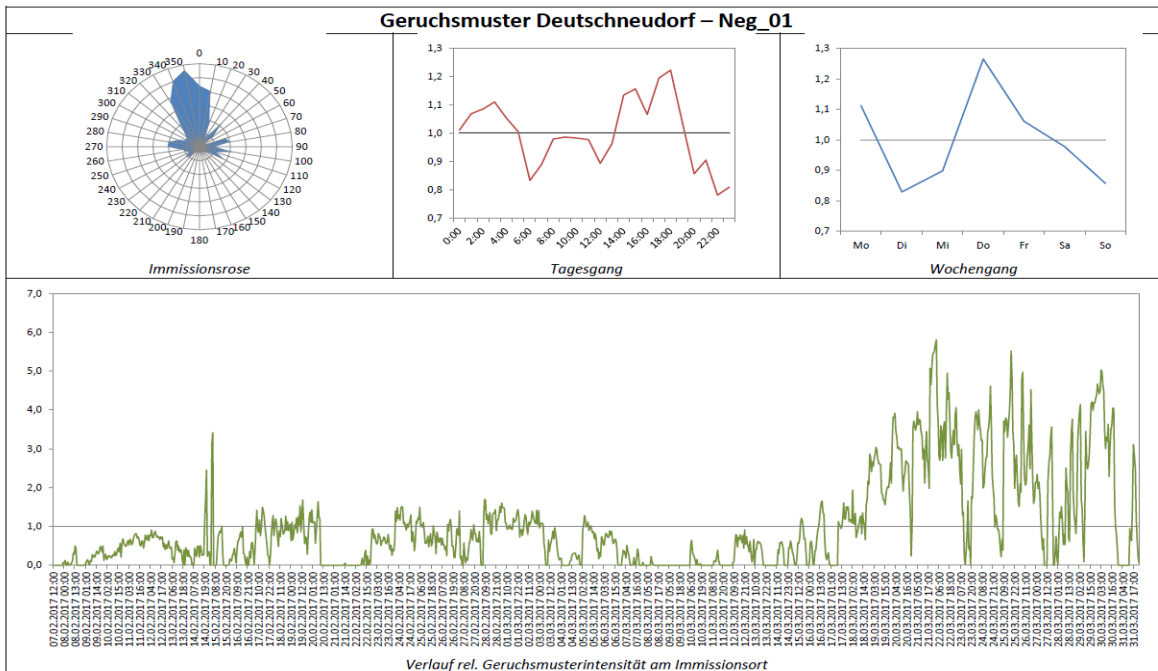


Abb. 55: Beispiel für ein identifiziertes Signalmuster in Deutschneudorf.

Gibt es ein oder mehrere auffällige Signalmuster, wenn die Zeiten mit Beschwerden mit den Stärken der Signalmuster verglichen werden?

In der ersten Messkampagne, die vom 07. Februar 2017 bis Ende März 2017 lief, sind sowohl von den Probanden als auch seitens der Bevölkerung einige Beschwerden eingegangen. Als orange gekennzeichnet (3, 4 etc.) sind diejenigen Signalmuster, die eindeutig aus Südosten kamen (

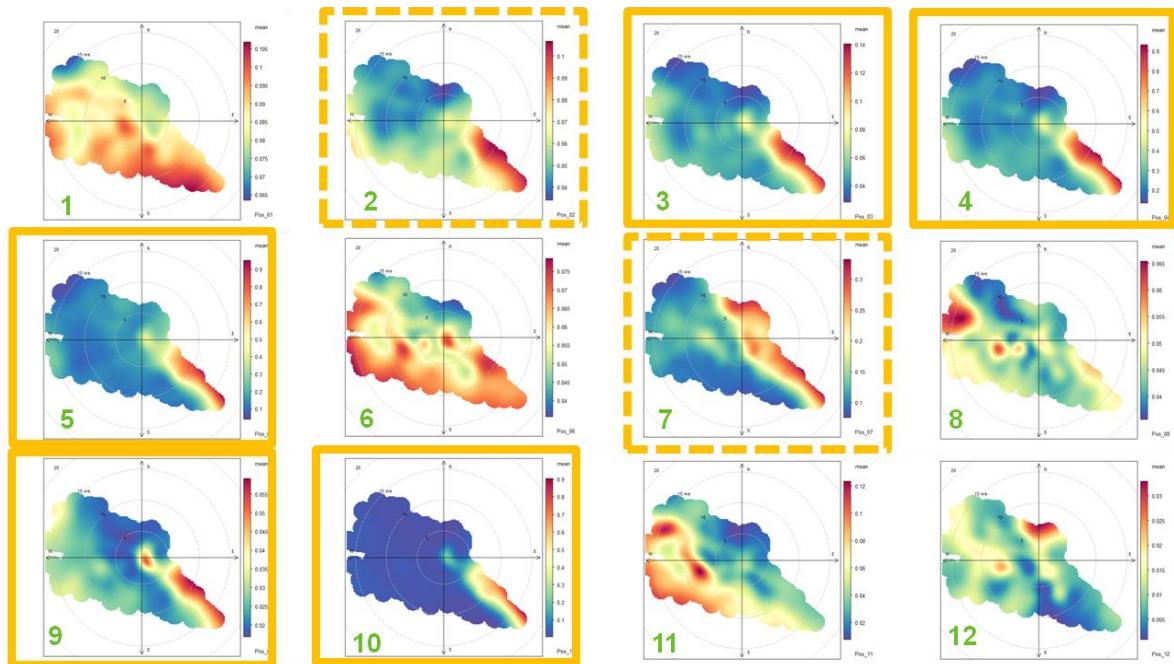
Abb. 56). Die dunkel rot hinterlegten Spalten markieren die Signalmuster, die den Stoffgemischen aus Záluží ähnelten und aus mobilen Messungen stammen (

Abb. 56).

Die Tab. 7 stellt mithilfe von Kreuzen dar, welche der 22 Signalmuster zum Zeitpunkt des Geruchsereignisses am stärksten waren. Es wurden jeweils die 3 bis 4 stärksten angezeigt. Es zeigt sich deutlich eine Tendenz, dass Signale zwischen dem 08.02. und 15.02.2017 sowohl aus südöstlicher Richtung kamen als auch eventuelle Ähnlichkeiten mit den mobilen Einzelmessungen aus Záluží haben könnten. Während dieser Zeit herrschte ausschließlich Wind aus südöstlicher Richtung. Die Annahme, dass die Quelle sich im Záluží befindet, lag nah. Nach dem 15.02.17 zeigte sich diese Tendenz nur an wenigen Tagen, wie am 4., 08. und 13. März. Bei allen anderen Tagen mit Geruchsereignissen zeigten andere Signalmuster, dass andere (lokale) Quellen ein weiterer Grund für die Beschwerden sein können.

Nach dem 17.02.2017 zeigte sich eine größere Heterogenität in den Signalmustern, so dass nicht eindeutig festgestellt werden konnte, welche der Signale mit Sicherheit die Ursache eines Geruchsereignisses erklärt können.

Abb. 56: Beispiele der erkannten Muster mit den Windrosen.



Tab. 7: Geruchsergebnisse mit Anzahl der Beschwerden und Ergebnisse der stationären und mobilen IMS Messung.

Geruchsergebnis	Beschwerden	Positiv Geruchsmuster													Negativ Geruchsmuster								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9
07.02.2017	2			*		*				*							*			*	*		
08.02.2017	2			*		*				*							*			*	*		
09.02.2017	7			*	*	*				*							*			*	*		
10.02.2017	3			*	*	*				*							*			*	*		
11.02.2017	7			*		*				*							*			*	*		
13.02.2017	3			*		*				*							*			*	*		
14.02.2017	6			*		*				*							*	*		*	*		
15.02.2017	9			*		*				*							*			*	*		
Geruchsergebnis	Beschwerden	Positiv Geruchsmuster													Negativ Geruchsmuster								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	1	2	3	4	5	6	7	8	9
21.02.2017	2	*		*		*											*		*	*	*		
08.03.2017	3			*		*					*	*	*				*			*	*		
12.03.2017	2			*		*					*						*		*	*	*	*	
13.03.2017	5			*		*											*		*	*	*		
17.03.2017	3	*		*		*											*	*		*	*		
23.03.2017	3			*		*										*	*		*	*	*	*	*
27.03.2017	2			*		*										*	*	*	*	*	*		
28.03.2017	2			*		*						*				*	*		*	*	*		
30.03.2017	3			*		*					*					*	*		*	*	*		*
31.03.2017	4			*		*						*				*	*		*	*	*		*

Die Fragestellung zielte auf eine Vermutung ab, dass ein Signalmuster eine Geruchswahrnehmung hervorrufen sollte, wenn es zu dem jeweiligen Zeitpunkt besonders stark war.

Mit Hilfe einer Clusteranalyse sollte ein Verfahren zur Entdeckung von Ähnlichkeitsstrukturen in unserem Datenbestand eingesetzt werden. Die Korrelation wurde mit der Methode „Pearson“ und zur Distanzberechnung die Distanzmethode „Complete“ eingesetzt. Die Ergebnisse wurden anschließend in einer Heatmap übertragen, um Tage mit Geruchsergebnissen allen Signalmuster gegenüberzustellen (Abb. 57).

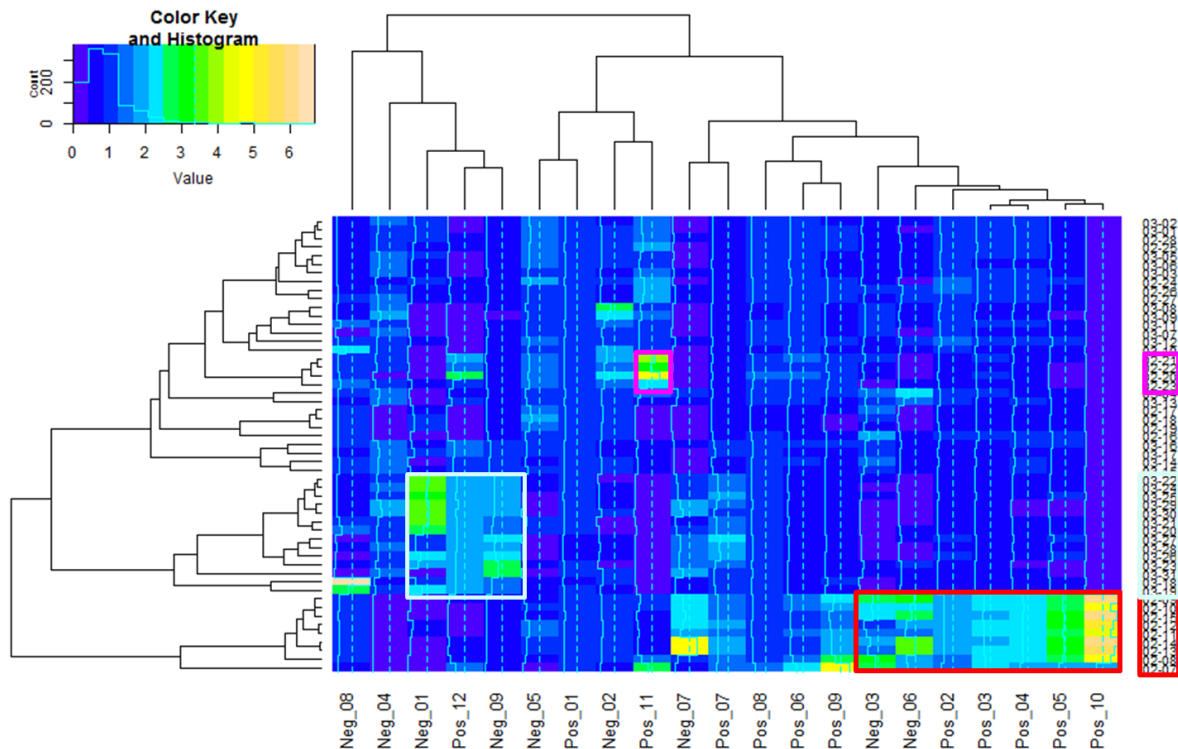


Abb. 57: Heat Map - Clustering Signalmuster mit Tagen.

Ähnlich wie bei der Überlegung, welche Signalmuster an den Beschwerdetagen am auffälligsten waren, ist es keine große Überraschung, dass sich die Signale M_N03, M_N06, M_N02, M_P03, M_P04, M_P10 zwischen dem 07.02.17 und 16.02.2017 zu einem Cluster gebildet haben (rot markiert). Das waren alles Signale, die sowohl aus südöstlicher Richtung als auch mit gewisser Wahrscheinlichkeit aus Záluží stammten. Nach dem 18.03.2017 bis Ende März wurde eine andere Quelle sichtbar (weiß eingerahmt).

An dieser Stelle rückt die Frage in den Vordergrund, wie sich die einzelnen Signalmuster aus verschiedenen Windrichtungen in Hinblick auf die Beschwerden entwickelten.

Um die Analyse als MANOVA (Multivariate Varianzanalyse) durchführen zu können, wurden acht Faktoren (Sektoren) der Windrichtung zugeordnet: Nord, Nordost, Ost, Südost, Süd, Südwest, West, Nordwest und vier Faktoren (Kategorien) bei Beschwerden: keine = 0 Beschwerden, gering = 1 – 2 Beschwerden, signifikant = 3 – 4 Beschwerden und bei mehr als 5 als grenzüberschreitend.

Das Ergebnis der Analyse zeigt Abb. 58. Die macht deutlich, welche der Signalmuster weder ein Zusammenhang mit einer Windrichtung noch mit einem Anstieg der Beschwerden stehen. Die Signalmuster sind mit den roten Kreuzen gekennzeichnet und wurden aus den weiteren Betrachtungen ausgeschlossen. Es handelte sich hierbei um die Signale: M_P01,

M_P06, M_P07, M_P08, M_P09, M_P11, M_P13 und im negativen Bereich um: M_N02, M_N04; M_N05 und M_N08.

In den Vordergrund rücken zu diesem Zeitpunkt jedoch Muster, die im Zusammenhang mit einem Anstieg der Beschwerden standen, jedoch aber aus Norden kamen. Diese sind grün eingerahmt. Das betrifft Muster M_N01, M_N09 und M_P12.

Die Abb. 58 zeigt die Ergebnisse der MANOVA. Es wird deutlich, dass sich eine Quelle im Norden (grünes Rechteck) befindet, eine Quelle vermutlich in Záluží lag (orangenes Rechteck). Der Rest ist für den Geruch unbedeutend: M_P01, M_P06, M_P08, M_P09, M_P11, M_P13 und im negativen Bereich dann: M_N02, M_N04; M_N05 und M_N08.

Ausnahme bildet Pos_07. Das Signal hängt zwar hierarchisch mit den vermuteten Signalen aus Záluží zusammen, spielt jedoch bei Beschwerden und der Windrichtung keine Rolle, was Abb. 58 zeigt. Die Konzentration kam konstant aus allen Richtungen und führte zu keiner Veränderung Beschwerdeanzahl.

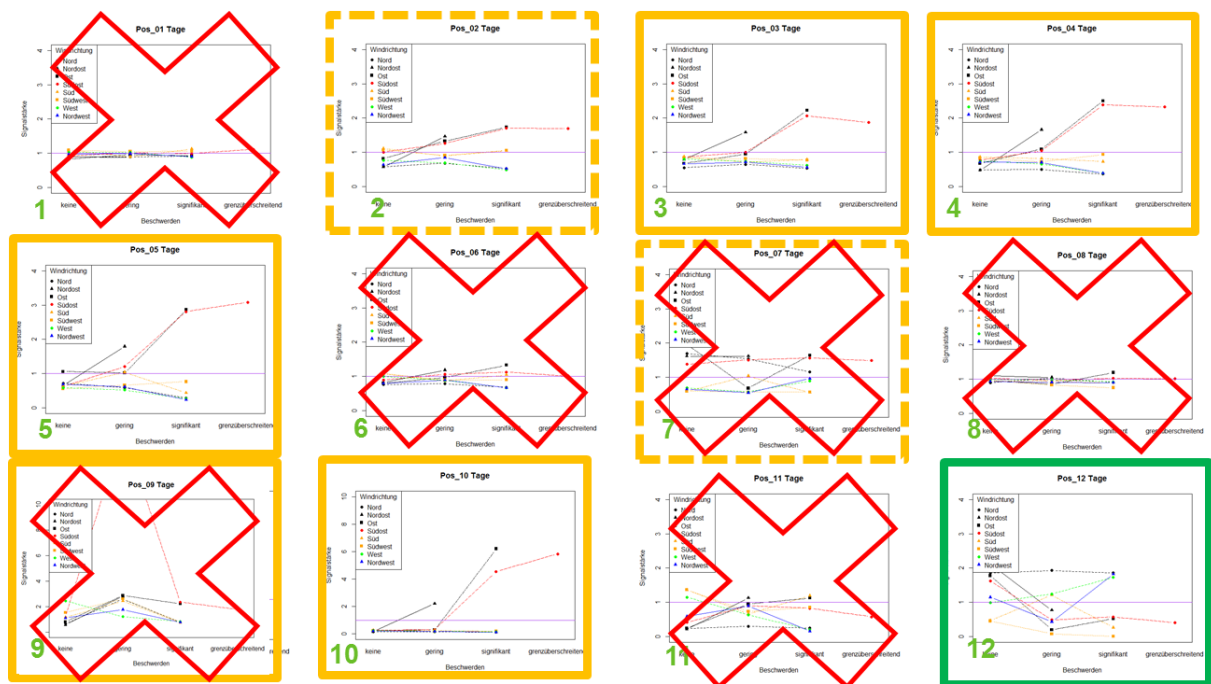
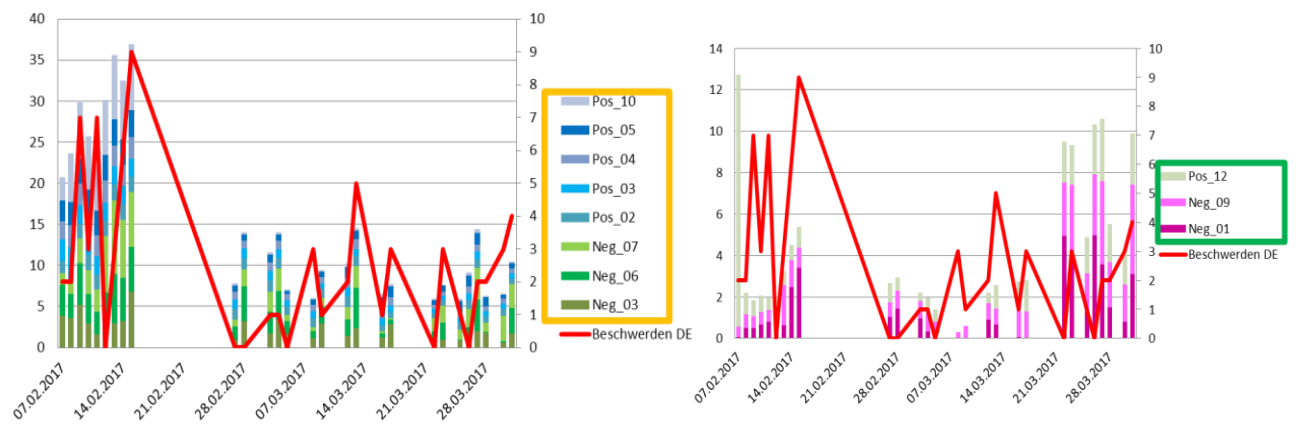


Abb. 58: MANOVA, Signalmuster in Abhängigkeit zu Windrichtung und Beschwerdeanzahl.

Aus den ursprünglichen 22 Signalen war nur noch die Hälfte im Hinblick auf die Gerüche von Interesse. Eine Systematik zwischen dem Zusammenwirken der Signale und der Beschwerdeentwicklung lässt sich trotzdem nicht erkennen (

). Es gab durchaus Tage, an denen die Signalmuster in einer erkennbaren Stärke gemessen worden sind und trotzdem keinen Anstieg der Beschwerden und zwar sowohl bei den Probanden als auch in der Bevölkerung verursacht haben (Abb. 60).



Cluster Dendrogram

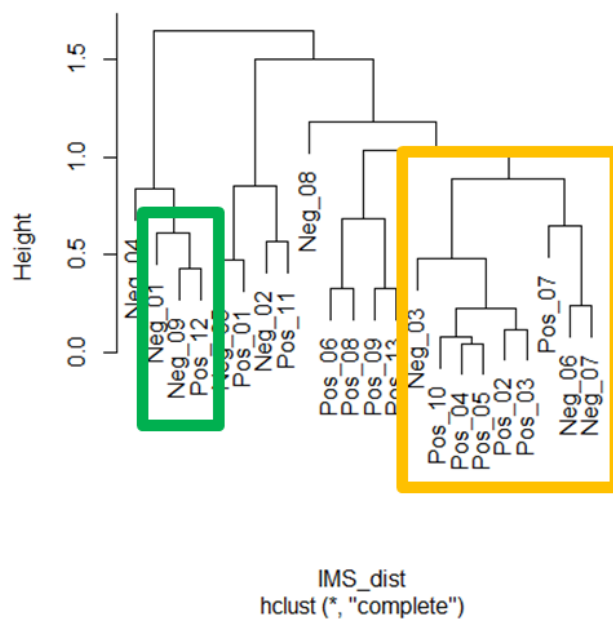


Abb. 59: Cluster Dendrogram

Im Gegenteil gab es durchaus Tage, an denen die Beschwerdezahlen angestiegen sind, jedoch aber in keinem offensichtlichen Zusammenhang mit den gemessenen Signalmustern standen.

Bei einer genaueren Betrachtung der Ergebnisse wird die Vermutung deutlich, dass ein Geruchereignis oft ein Produkt einer Momentaufnahme ist. Daher wird im folgenden der maximale 1 h-Tageswerte bei den ausgewählten acht Signalen genauer betrachtet.

Auffällig war, dass sobald $N_{03} > 2$ ist, es fast immer eine Beschwerde gab. Als Ausnahme gilt nur der 28.02.2017, wo dieser Wert in frühen Morgenstunden auftrat.

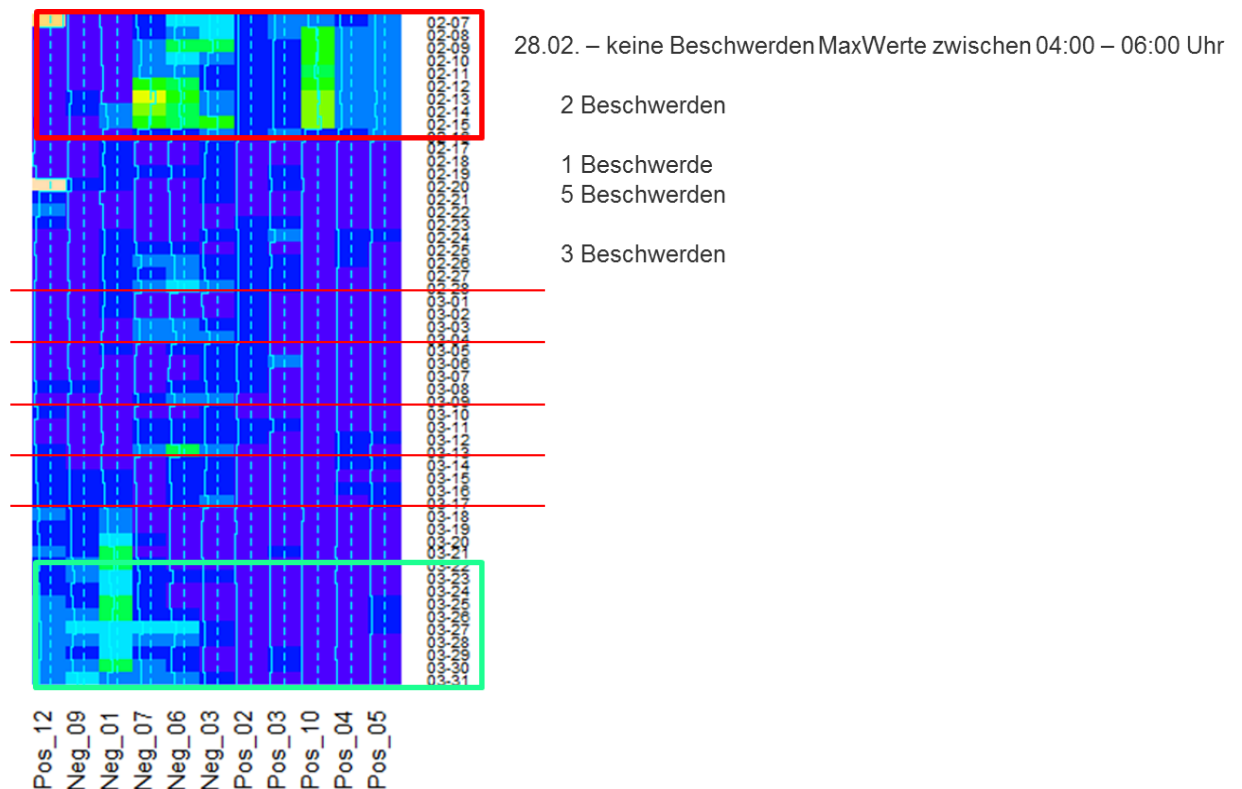


Abb. 60: Signalmusterstärke und Anzahl der Beschwerden.

Nach dem 17.03.17 kam der Signalwert nicht über 2. Ab dem 17.03. standen vermutlich andere Quellen im Vordergrund. Hier liegt die Vermutung nah, dass es sich um Landwirtschaft handelt. Auch haben unsere Probanden gemeldet, dass im Erzgebirge Gülle ausgefahren wurde.

Im zweiten Winter, vom November 2017 bis März 2018, wurden die beiden stationären IMS-Geräte an den Standorten Lom und Deutschneudorf aufgestellt. Bei dem Gerät in Deutschneudorf trat ein technisches Problem auf, sodass in dem darauffolgenden Winter 2018/2019 die Messung wiederholt werden musste. Die Auswertungsschritte wurden wie eben beschrieben auch in der Winterperiode 2018/2019 wiederholt, so dass die Analysen auch in diesem Fall vergleichbare Ergebnisse brachten. An dieser Stelle sei noch erwähnt,

dass die Muster Negativ und Positiv zusammengefasst worden sind, weil sich herausgestellt hat, dass sich viele Muster ähnelten.

An den Tagen mit mehr als drei Beschwerden waren auch im Winter 2018/2019 wieder einige Signalmuster auffälliger als alle anderen. Es sind drei Muster, die näher betrachtet werden sollen. Die Muster M1 und M6 stehen mit 60 % bzw. 70 % Beschwerden an den signifikanten Beschwerden Tagen im Vordergrund (Tab. 8).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass in den beiden Wintern 2016/2017 und 2018/2019 jeweils zwei Muster vorkamen, die eng im Zusammenhang mit den Beschwerden stehen – M_N03 und M_06. Aufgrund der Tatsache, dass wir nicht wissen, was das IMS-Gerät misst, ist kein klarer Abgleich der beiden Muster möglich. Nichts desto trotz kann bei Betrachtung der Wochen- und Tagegänge davon ausgegangen werden, dass es sich mit hoher Wahrscheinlichkeit um dasselbe Signalmuster handelt.

Tab. 8: Auffällige Muster bei Beschwerden im Winter 2018/19.

Datum	Beschwerden	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
13.11.2018	14				x				
14.11.2018	10	x			x				
15.11.2018	17	x			x		x		
16.11.2018	12	x			x		x		
21.11.2018	4	x		x			x		
22.11.2018	22	x					x		x
23.11.2018	3	x				x			x
24.11.2018	3					x			
25.11.2018	3								
28.11.2018	7	x		x			x		
29.11.2018	8						x		
01.12.2018	3	x					x		
02.12.2018	3						x		
18.12.2018	6	x	x				x		
19.01.2019	3	x	x				x		
20.01.2019	5		x					x	
21.01.2019	4	x					x		
22.01.2019	3	x					x		
23.01.2019	3		x				x		
31.01.2019	3		x				x		

Beide Signalmuster weisen einen sehr ähnlichen Wochengang auf – am Mittwoch und am Donnerstag am stärksten und am Wochenende am schwächsten. Der Tagesgang zeigt bei dem Muster M_N06 der 1. Winterperiode einen ausgeprägten Tagesgang und deutet auf eine Quelle, die in den Morgen- und Abendstunden das meiste emittiert. Eine vergleichbare Tendenz deutet sich zwar auch bei dem Muster M6 ab, ist aber nicht ganz so eindeutig. Die Signalmuster können im Wochengang nicht komplett identisch sein, denn es wurde in zwei unterschiedlichen Zeiträumen gemessen (Abb. 61). Hinzu kommt, dass sich

die Witterungsverhältnisse in den zwei Wintern unterschieden und das Auftreten des südöstlichen Windes in dem Winter 2018/2019 zurückgegangen ist.

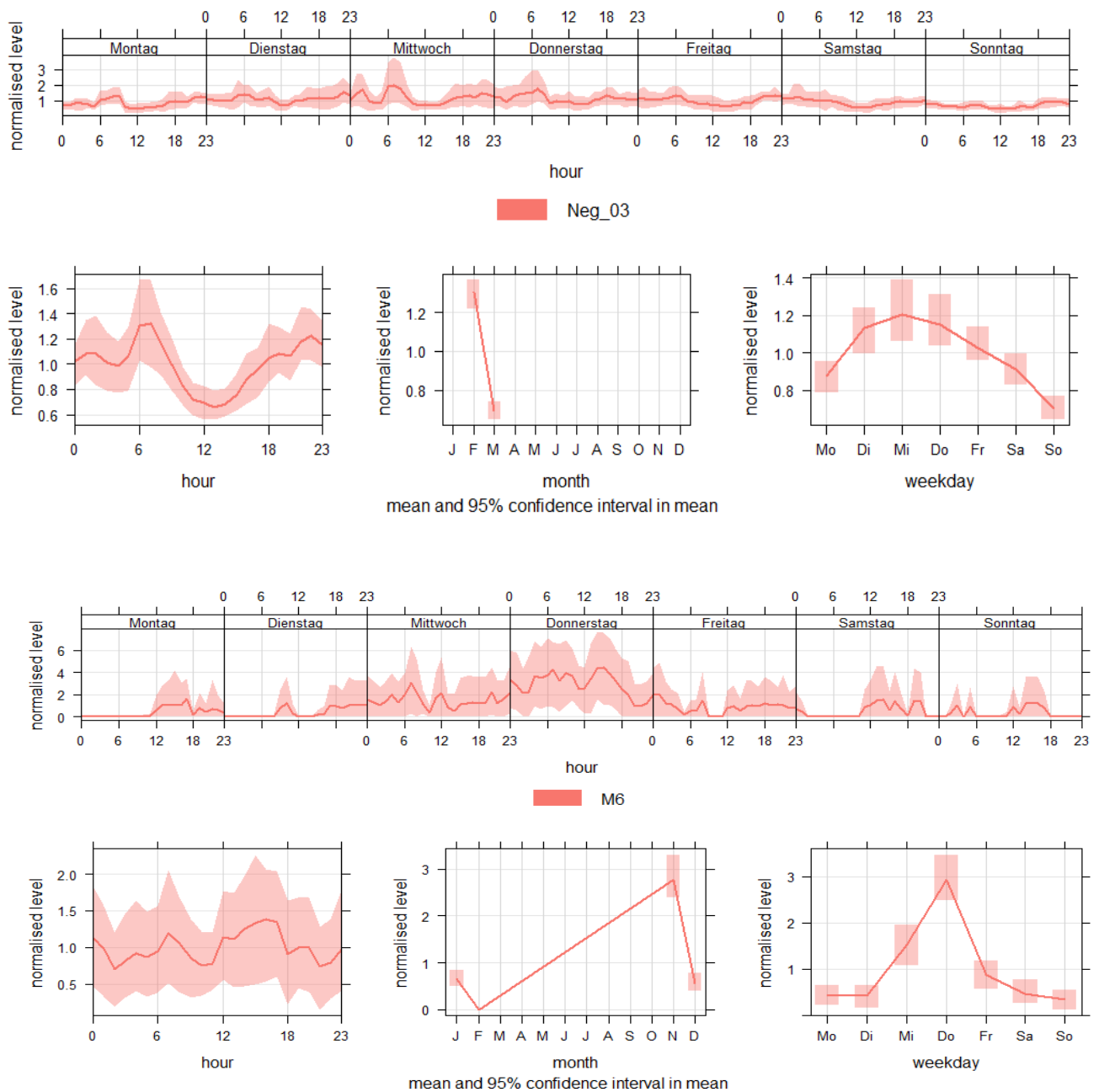


Abb. 61: Wochen und Tagesgänge der Muster, die mit dem Geruch zusammenhängen.

Gibt es einen Zusammenhang zwischen den Signalmustern aus den mobilen und stationären Messungen?

Diese Frage zielte auf den Einfluss bzw. den Wirkungsgrad der möglichen Quellen ab. Ausgangspunkt ist die Annahme: Ist eine Quelle besonders stark, dann müsste es sich auch

in den stationären Messungen zeigen. Die Auswertung belegte diese Vermutung jedoch nicht.

Die normierten mobilen Muster zeigten zwar eine Ähnlichkeit zu den normierten stationären Mustern in Lom und Deutschneudorf, aber mathematisch ist der Sachverhalt nur schwer zu greifen.

Signalmuster von quellnahen Messungen sind nur in Ausnahmefällen mit quellfernen identisch. Ursache dafür ist die Veränderung der Zusammensetzung der Luftbestandteile während der Ausbreitung und auch die Verdünnung. Stoffgemische entmischen sich während der Ausbreitung, wenn Einzelbestandteile abgebaut oder niedergeschlagen werden oder einzelne, an der Quelle noch gut messbare Substanzen, unter die Nachweisgrenze fallen. Auch auf dem Ausbreitungsweg eingemischte Fremdschubstanzen können das Immissionsspektrum ändern.

Nur in Ausnahmefällen, so z.B. bei weitgehend inerten (= Stoffe werden nicht in der Luft umgewandelt) und selten vorkommenden Einzelstoffen, lässt sich eine Identität sicher nachweisen.

Auch eine hochauflösende chemische Bestimmung in Quellnähe kann den Nachweis einer Identität zu den quellfernen Gerüchen nur im Ausnahmefall bringen. Auf die Identität kann nur geschlossen werden, wenn seltene, typische Einzelschubstanzen erkannt werden. Liegt ein ganzes Spektrum vor, was das Signalmuster ausmacht, kann auf keine Identität geschlossen werden. Da wir von Anfang an davon ausgegangen sind, dass die Gerüche von leicht flüchtigen Stoffen in sehr niedrigen Konzentrationen verursacht werden, passt dieser Sachverhalt zu Abb. 62 gut.

Im Falle der landwirtschaftlichen Gerüche erwies sich der Nachweis eindeutiger. Bei mehreren Referenzmessungen während dem Ausfahren von Gülle, liegen diese Muster sehr nah beieinander (Abb. 62).

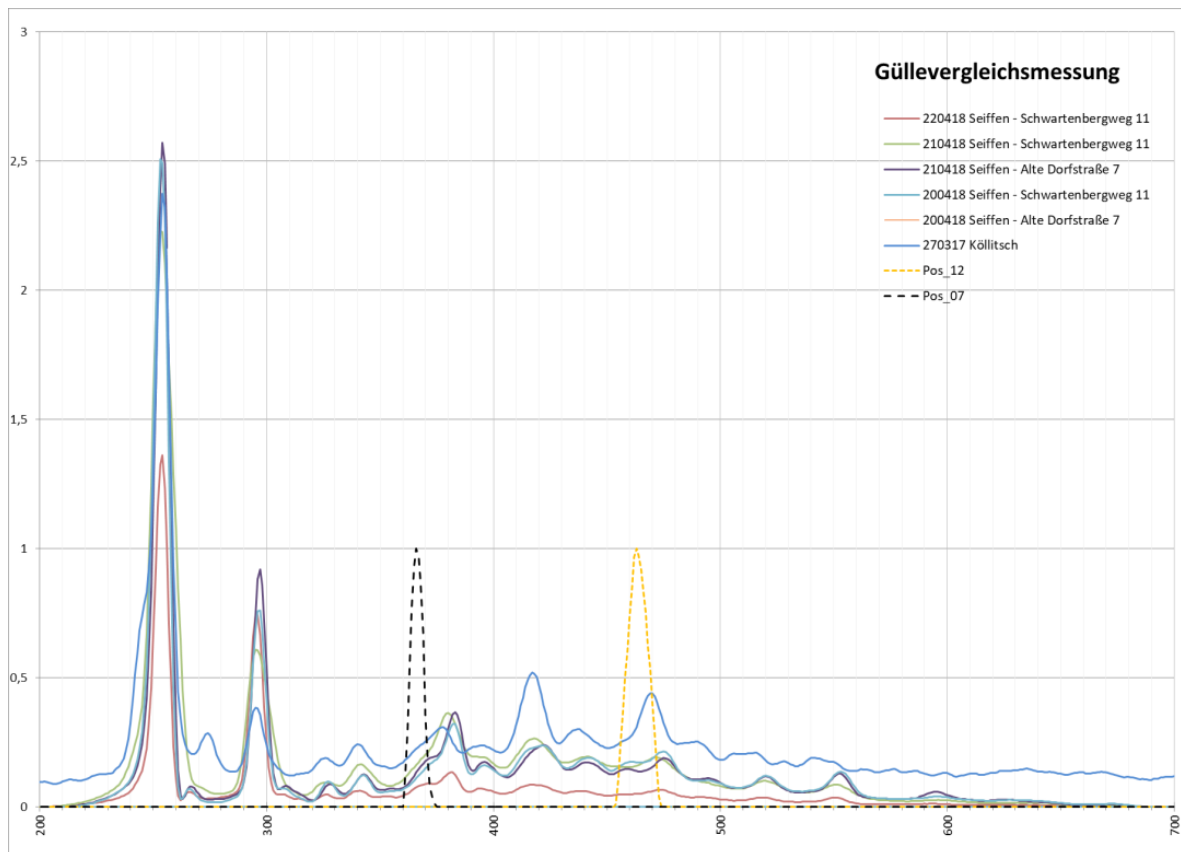


Abb. 62: Referenzmessung Landwirtschaft.

Es ist klar zu erkennen, dass alle Referenzmessungen im Bereich der Landwirtschaft sehr nah beieinander liegen, während diejenigen Signalmuster, die bei der Auswertung zwar in Zusammenhang zu den Beschwerden standen, jedoch aber aus dem nördlichen Sektor kamen, ganz weit entfernt von diesen liegen. Die Landwirtschaft kann hier ausgeschlossen werden. Es muss sich also um eine andere Art von Quelle handeln.

Gibt es einen Zusammenhang zwischen den IMS Signalmuster mit den uns bekannten Stoffen?

Das Anwenden einer einfachen linearen Korrelation führte zu dem Ergebnis, dass ein statistischer Zusammenhang bei einigen Luftschadstoffen vorhanden war. Die höchsten Korrelationen lagen bei 75% für EMDS und das Signalmuster M_P03; bei 70 % für NO₂ und Muster P-N06. Eine hundertprozentige Übereinstimmung konnte aus zwei Gründen nicht nachgewiesen werden. Zum einen weil das Ionenmobilitätsspektrometer nicht die Standardschadstoffe, sondern Stoffgemische misst. Zum anderen werden die Standardluftschadstoffe auf dem Schwartenberg gemessen, während sich das IMS-Gerät in Deutschnendorf befand. Dazwischen kann in den Wintermonaten eine Inversionsschicht liegen, die die Immissionen der beiden Standorte nicht eins zu eins übertragen lassen. Aus

diesem Grund und durch die Tatsache, dass die Muster der Gerüche mit den Standardluftschadstoffe weniger als 60 % übereinstimmen, wurden Auswertungen im zweiten und dritten Winter nicht mehr gemacht (Abb. 63).

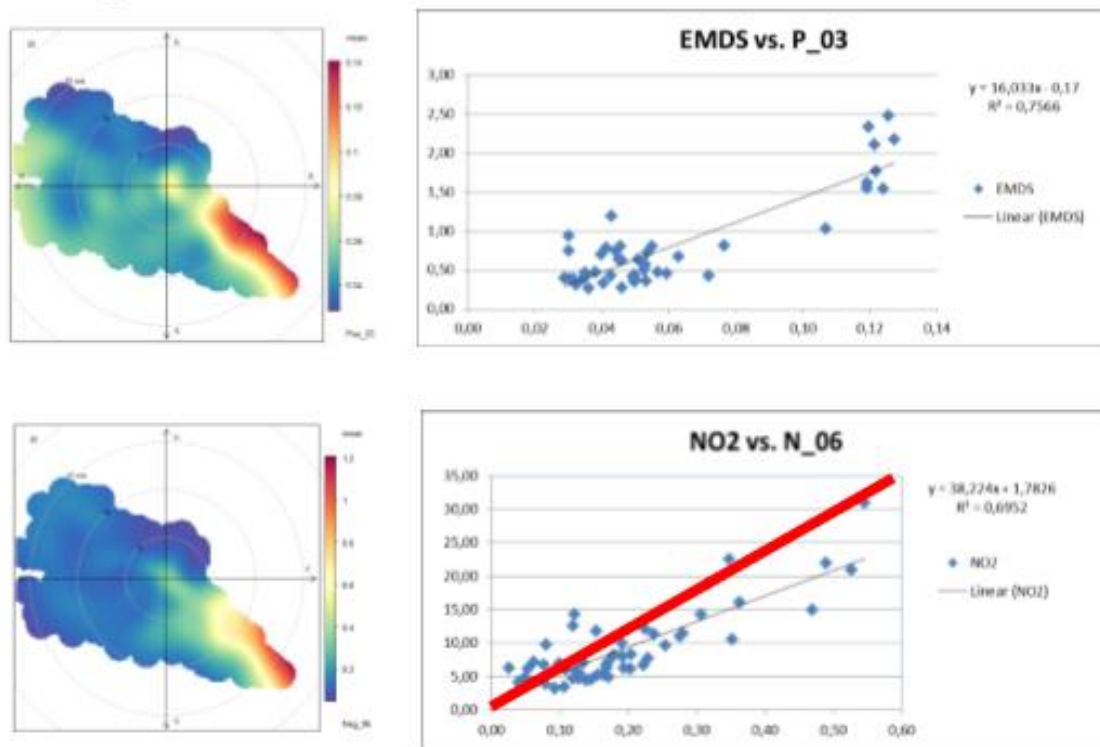


Abb. 63: Korrelationen zwischen Luftschadstoffen und Signalmuster.

Fazit

Die durchgeführten Analysen deuten auf zwei Arten von Quellen hin. Neben Quellen, die sich im Norden befinden und bei denen es sich nicht um Landwirtschaft handelt, sind auch Signalmuster in zwei Winterperioden identifiziert worden, die mit Geruchsbelastung aus dem Südosten zusammenhängen. Die Quelle, die sich im Norden befindet, konnte bis zum Ende des Projektes nicht identifiziert werden.

Die beiden benannten Signalmuster, die aus Südosten kamen und zur Geruchsbelastung beitrugen, finden eine mathematische Übereinstimmung mit einem Signalmuster, das auch im Lom vorkam.

Für die örtliche Identifikation der Quelle ist die einfache Triangulation eine mögliche Methode für weitere Auswertungen. Mit den ähnlichen Spektren des Musters M6 in Lom und M_N06 im Deutschneudorf, die an verschiedenen Messstationen unter jeweils anderen Windrichtungen auftraten, ergibt sich eine vermutete Quelllokalisierung wie Abb. 64 mit

den Windrosen zeigt. In der gemeinsamen Schnittmenge beider Sektoren sollte die Quelle gesucht werden.

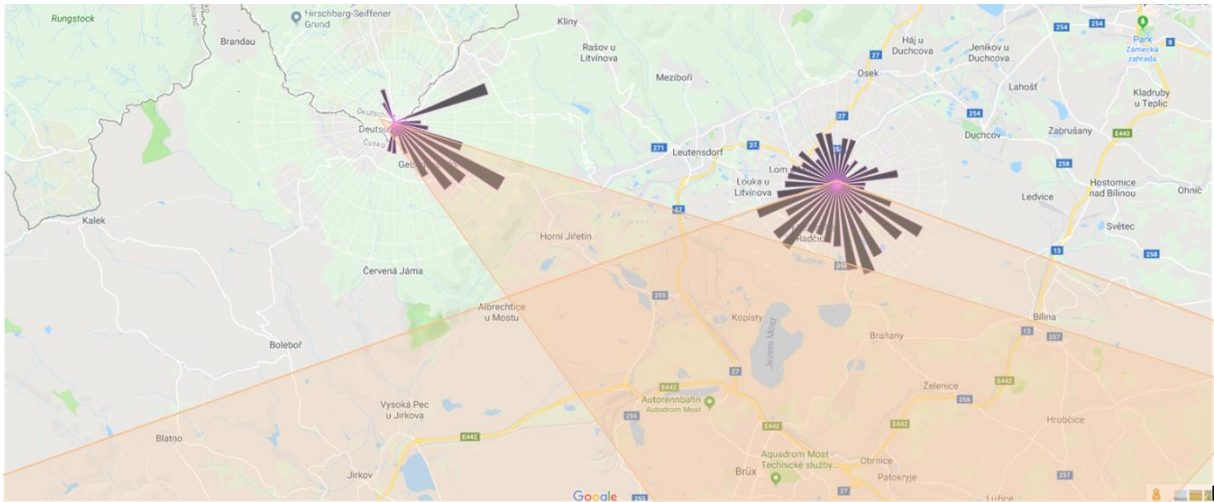


Abb. 64: Triangulation der Quelle in Südosten des Projektgebietes.

5.1.9 Bioaerosole

Einfluss des Messortes und der Messmethoden auf die Anzahl der Koloniebildende Einheit (KBE) und auf den Endotoxingehalt

Die Bioaerosolkonzentration wurde an zwei verschiedenen Standorten gemessen - an der Sondermessstation in Deutschneudorf auf der sächsischen Seite und an der Messstation in Lom auf tschechischer Seite. Die Messergebnisse aus zwei Messperioden wurden zusammengefasst. Die eingesetzte Messtechnik bewährte sich zum Teil auch unter winterlichen Bedingungen. Die ermittelten Gesamtkeimzahlen waren neben den meteorologischen Bedingungen stark von der Sammeltechnik abhängig (Tab. A. 15). Gerade die Sammeleffizienz der AGI Impinger und dem damit verbundenen Bakterienwachstum unterlag großen Schwankungen (Tab. 9). Die Bakterienkonzentration fast jeder Wintermessung lag unter der Bestimmungsgrenze der Methode von 80 KBE/m³ (VDI 4252 Blatt 3 für Impingerproben), so dass die eingesetzte Messtechnik häufig nur als Nachweis von Mikroorganismen diente. Dennoch gingen alle Zählungen in die Auswertung ein. Für das MAS Verfahren (Markergestützte Selektion) wurde sich nach der Bestimmungsgrenze von 10 KBE / Nährbodenplatte gerichtet. Auch bei diesen Auswertungen lagen die Konzentrationen im Winter oft unter der Bestimmungsgrenze, seltener aber bei der Anzucht bei 22°C über 7 Tage hinweg. Der optimale Auswertungsbereich einer mit Schimmelpilzen beprobten Nährplatte nach Aufbereitung der Gelatinefilter (Sommermessungen) liegt bei 20-100

KBE/Nährplatte (Toleranzbereich 10-150 KBE/Nährplatte; VDI 4253 Blatt 2), die Bestimmungsgrenze liegt bei 50 KBE/m³ Luft. Der Toleranz- bzw. Auswertebereich wurde bei jeder Messung eingehalten. Legt man diesen Bereich auch für die MAS-Messungen im Winter zugrunde, wurde der Toleranzbereich bei einigen Messungen unterschritten.

Tab. 9: Biologische und physikalische Sammeleffizienz in Abhängigkeit der eingesetzten Messtechnik (siehe auch VDI 4252 Blatt 3, 2008).

Messtechnik	biologische Sammeleffizienz	physikalische Sammeleffizienz
AGI	<p>schonendes Verfahren in Bezug auf die Austrocknungsgefahr; Sammelstress durch Aufschlag auf die Flüssigkeit; Vereinzelung durch Trennung der MOs von Partikel; Aufbereitung der Probe nachteilig: Absterbeeffekt durch Filtration</p>	<p>geringer Luftstrom: 12,5 L min, Gesamtsammelvolumen gering (0.375 m³)</p> <p>stark von der WINDGE und WINDRI abhängig; geringe SE vor allem im Winter bei niedrigeren Bakterienkonzentrationen; Probenahme > 30 min führt zu erhöhten Absterberaten; Verdunstung gering nach 30 min, Partikel < 10 µm (größere Partikel werden in der Krümmung festgehalten); Einsatz eines Wärme-Kryostaten im Winter zum Schutz vor Eiskristallbildung der Sammelösung</p>
MAS	<p>MOs direkt auf Nährboden abgeschieden; keine Aufbereitung der Proben nötig; Wachstum nicht aller MOs möglich, die sie an einem Partikel heften (Partikelsammlung); Nachweis für Schimmelpilznachweis im Sommer ungeeignet, da Platten überladen</p>	<p>hoher Luftstrom: 100 L/min, Gesamtsammelvolumen bis 1m³ möglich</p> <p>stark von der WINDGE abhängig; gute SE auch im Winter; 400 Lochplatte, je Loch 0,7 mm Durchmesser; kein dauerhafter Einsatz bei Minus-Temperaturen möglich → Indoor-Gerät</p>
Filtration	<p>einfach und effektiv zum Nachweis von Schimmelpilzarten im Sommer; Austrocknungsgefahr durch lange Probenahme; aufwendige Aufbereitung der Probe</p>	<p>mittlerer Luftstrom: 50 L/Min</p> <p>unabhängig von der WINDGE und WINDRI; Partikel werden nahezu vollständig abgeschieden</p>

Die Ergebnisse der Untersuchungen aus den beiden Winterhalbjahren weisen auf eine höhere Konzentration an Mikroorganismen und Endotoxinen in Lom und eine geringere in Deutschneudorf hin (Abb. 65 und Abb. 66) Die Unterschiede in der bakteriellen Belastung könnten auf die unterschiedliche Temperaturentwicklung der Standorte zurückgeführt werden. In Lom war die während der Messungen aufgezeichnete durchschnittliche Umgebungstemperatur von 5.0°C um 2.3°C höher als in Deutschneudorf. Mehr Messtage in Deutschneudorf mit geschlossener Schneedecke hatten sicherlich ebenfalls einen Einfluss auf eine geringere KBE-Anzahl. Auch könnten die niedrigere durchschnittliche Globalstrahlung und höhere Werte in der Partikelkonzentration in Lom dazu beigetragen haben, dass die Anzahl der Mikroorganismen höher ausfiel. Korrelationsanalysen belegen jedoch keinen direkten Zusammenhang zwischen Anzahl der KBE und Stärke der Globalstrahlung. Wenig Einfluss auf die Unterschiede in der Anzahl der KBE zwischen den Standorten hatte die durchschnittliche Windgeschwindigkeit von 1.6 m/s. Im Sommer zeigte sich vor allem auf Universalnährboden (TSA = Trypton-Soja-Agar, Anzucht bei 22°C und 37°C) ebenfalls eine höhere Anzahl der Mikroorganismen in Lom. Vermutlich spielten hier Einflüsse aus meteorologischen Bedingungen in Lom wie höhere durchschnittliche Temperatur, Windrichtung und höhere Windgeschwindigkeit sowie eine höhere Partikelbelastung der Luft eine wesentliche Rolle in der Anzahl der Mikroorganismen.

Die typischerweise in der Außenluft vorkommenden Schimmelpilzkonzentrationen liegen im Sommer bei einem Hintergrundwert von 10^3 KBE/m³ (VDI 4253 Blatt 2, Clauß et al., 2013). Tesseraux & Lung zeigten in einer Studie aus dem Jahr 2014 über die Verteilungsdichte einen Jahresgang von Gesamtbakterien und Gesamtpilzzahlen, wobei wie zu erwarten, die niedrigsten Konzentrationen im Winter und die höchsten Konzentrationen im Sommer gemessen wurden. Die in der Studie gemessenen Hintergrundkonzentrationen lagen bei den Schimmelpilzen in einem ähnlichen Konzentrationsbereich wie die im Projekt gemessenen Konzentrationen. Da die Gesamtpilzzahl im ländlichen Hintergrund bei einem Messzeitraum von Mai bis Oktober bei durchschnittlich 1.800 KBE/m³ liegt (Lohberger – Schriftenreihe des LfULG, 2016), sind die im Projekt gemessenen Sommerkonzentrationen (Juli-August) etwas höher, die gemessenen Winterkonzentrationen (November-März) aber deutlich geringer. Der Messzeitraum hatte einen wesentlichen Einfluss auf diese abweichenden Ergebnisse.

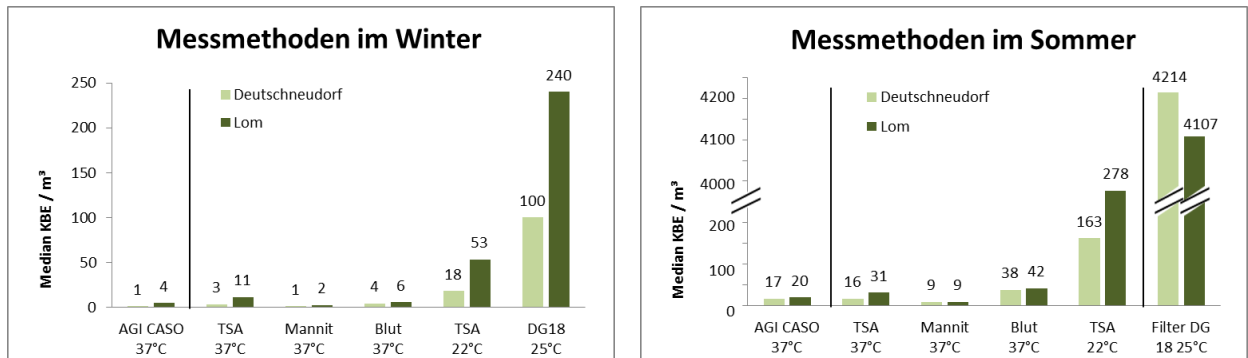


Abb. 65: Bioaerosolkonzentrationen der Bakterien (Säulen 1-5) und Schimmelpilze (Säule 6) bei Einsatz verschiedener Messtechniken und Anzuchtbedingungen im a) Winter und b) Sommer. Hellgrün – Standort Deutschneudorf, dunkelgrün – Standort Lom. Median in KBE/m³.

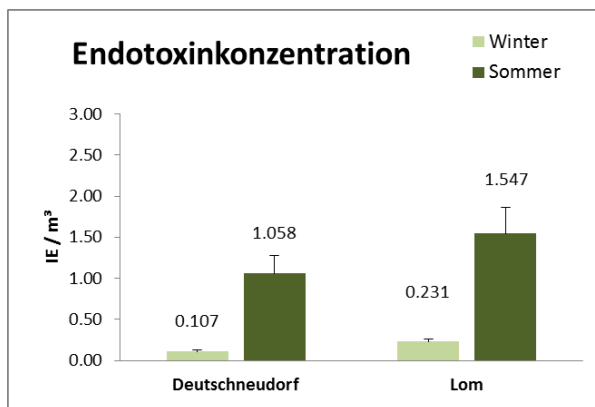


Abb. 66: Gemessene Endotoxinkonzentrationen im Winter (hellgrün) und im Sommer (dunkelgrün) an den beiden Standorten Deutschneudorf und Lom. Arithmetisches Mittel mit Standardfehler in KBE/m³. Die Proben wurden von CUP Laboratorien Dr. Freitag GmbH, Radeberg analysiert.

Lediglich die Gesamtbakterienzahl lag im Schnitt niedriger als die Werte in der Literatur (Clauß et al., 2013; Tesseraux & Lung, 2014). Es ist nicht überraschend, dass im Winter das Erfassen von Mikroorganismen schwierig ist. Zum einen kamen die Messtechniken mit ihrer biologischen oder physikalischen Sammeleffizienz bei niedrigen Temperaturen an die Grenzen. Zum anderen war die Anzahl der Mikroorganismen aufgrund des verlangsamten Wachstums bei kälteren Temperaturen im Winter deutlich geringer. In der Schriftenreihe „Ermittlung der Hintergrundkonzentration für Bioaerosole [...]“ (LfULG, 2016) gilt für Hintergrundkonzentrationen der Gesamtbakterienzahl (Anzucht bei 36°C auf TSA Nährboden) die Bestimmungsgrenze von 30 KBE/m³ statt 80 KBE/m³ nach VDI 4252 Blatt 3, da bei Hintergrundmessungen von generell niedrigeren Konzentrationen ausgegangen werden muss und bei den Analysen die gesamte Probemenge berücksichtigt werden

sollte. Die Messungen erfolgten überwiegend zwischen Mai und Oktober. Die im Projekt OdCom gemessenen Konzentrationen (Anzucht bei 37°C) im Winter und im Sommer lagen an beiden Standorten unter oder im Bereich dieser festgelegten Bestimmungsgrenze für Hintergrundkonzentrationen, und demnach auch unter der in der VDI 4252 Blatt 3 festgelegten Bestimmungsgrenze von 80 KBE/m³, betrachtet man sowohl die Impinger- als auch die MAS-Proben. Einen großen Einfluss auf die Bakterienkonzentration hatte die Anzuchtbedingung. Die Anzahl der Gesamtbakterien auf TSA Nährboden 22 °C war deutlich höher. Humanrelevante Mikroorganismen spielten in diesem Temperaturbereich eher eine untergeordnete Rolle (Tab. A. 15).

Die Endotoxinkonzentrationen liegen im Winter mit einem Mittelwert von 0.107 IE/m³ in Deutschneudorf und 0.231 IE/m³ in Lom etwa gleich mit gemessenen Hintergrundwerten aus der Literatur (LfULG Schriftenreihe, 2016). Im Sommer liegen die Werte etwas höher bei 1.058 IE/m³ (IE = Interantionale Einheit) in Deutschneudorf und bei 1.547 IE/m³ in Lom. Dieser Anstieg steht im direkten Zusammenhang mit der höheren Gesamtbakterienanzahl im Sommer. Kolk et al. (2009) untersuchte 191 Endotoxinergebnisse aus Messungen biologischer Arbeitsstoffe in der Außenluft. Die meisten Ergebnisse lagen in einem Konzentrationsbereich 1-2 IE/m³. Im jahreszeitlichen Verlauf konnten allerdings keine Konzentrationsunterschiede festgestellt werden. Demnach lagen die im OdCom-Projekt erfassten Konzentrationen im Winter unter diesen Werten.

Prozentuale Verteilung der Bakterien- und Schimmelpilzarten

Es konnte ein großes Spektrum an Umweltmikroorganismen identifiziert werden, die ihren Lebensraum im Boden, im Wasser sowie auf Pflanzen haben, und auch vorübergehend in der Luft zu finden sind. Darüber hinaus konnten Spezies bestimmt werden, die an kältere Temperaturen angepasst oder für den Menschen potenziell risikobehaftet sind (z. B. bestimmte Staphylokokken-Arten).

Die prozentuale Verteilung der Schimmelpilzarten ergab interessante Unterschiede zwischen den beiden Standorten Deutschneudorf und Lom im Winter (Abb. 67). Überwog in Deutschneudorf die Anzahl der Aspergillen mit 58%, machten in Lom die Schwärzepilze (*Cladosporium spp.*) mit 53% den größten Anteil aus. Im Sommer ist die Zusammensetzung der Schimmelpilzarten dem der Literatur entsprechend ähnlich (VDI 4253 Blatt 2). Die Cladosporien nehmen an beiden Standorten mit etwa 90% den größten Anteil in der Verteilung der Arten ein.

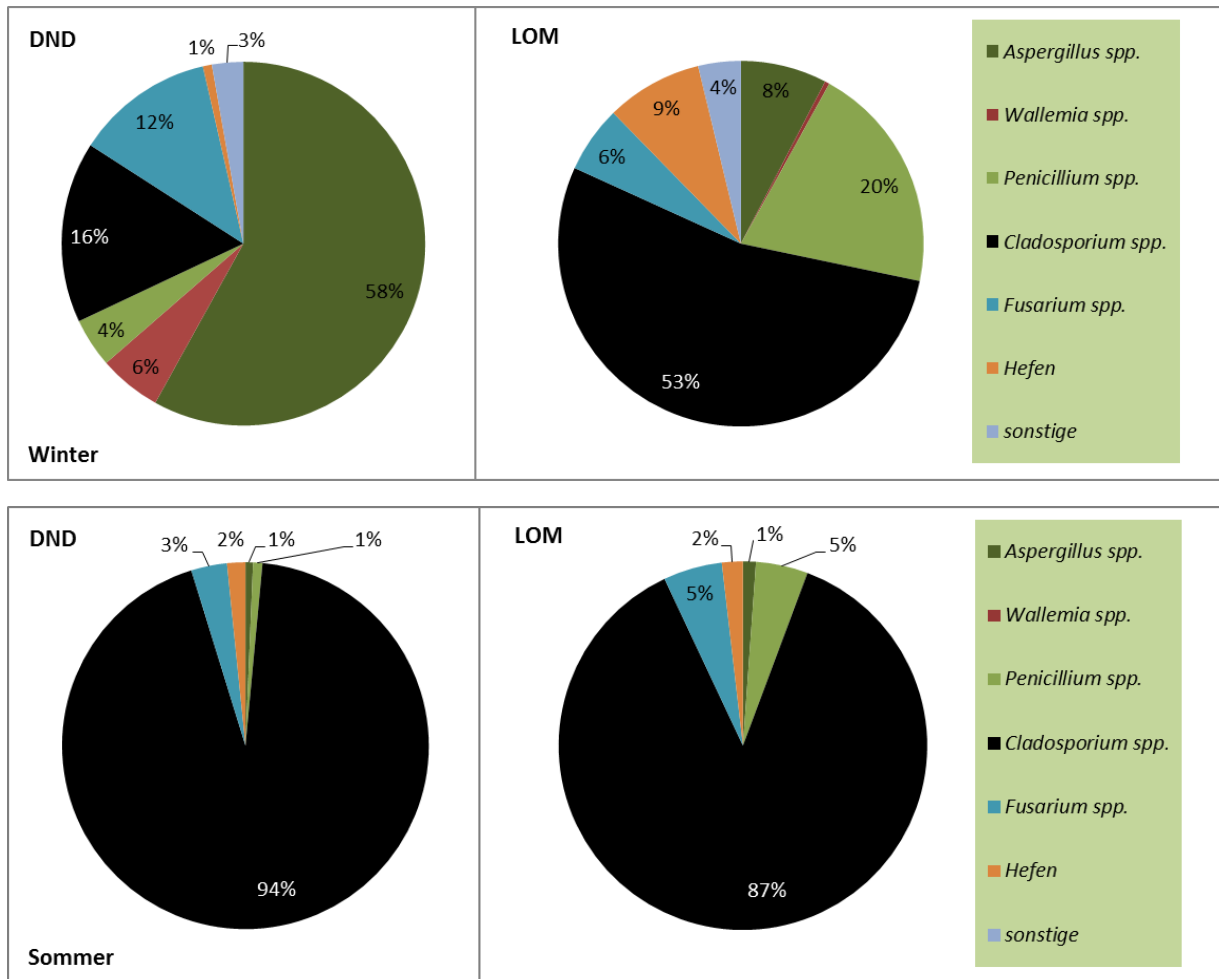


Abb. 67: Prozentuale Verteilung der Schimmelpilzarten in Deutschneudorf (DND) und in Lom im a) Winter und b) Sommer.

Die prozentuale Verteilung des bakteriellen Bioaerosols im Winter und im Sommer ist in der Abb. A. 20 dargestellt. Das verlangsamte Wachstum von Bakterien bei kälteren Temperaturen führte zu einer Reduzierung der Bakterienkonzentration. Doch die Temperatur hat nicht nur einen Einfluss auf die Anzahl der erfassten Mikroorganismen, vielmehr auch auf die Zusammensetzung der Bakterienflora. Die Vielfalt der bakteriellen Mikroorganismen ist, anders als erwartet, in den Wintermonaten deutlich höher als im Sommer. In Lom konnten im Winter mit über 100 Arten mehr als doppelt so viele Bakterienarten identifiziert werden. In Deutschneudorf waren es mit etwa 80 verschiedenen Arten ungefähr ein Drittel mehr Arten. Dafür war der Anteil die mit MALDI-TOF MS nicht identifizierbaren Arten im Sommer um etwa 18 % geringer, berücksichtigt man alle Messmethoden und Anzuchtbedingungen. Zu den unbekannt Arten zählen sowohl neue, noch nicht erfasste Arten, als auch Arten, die mittels MALDI-TOF MS nicht identifizierbar sind. Letzterer Anteil wurde mit Hilfe von Clusteranalysen und anschließender 16S rRNA-Analyse so gering wie möglich gehalten (Ripac-Labor GmbH, Potsdam) (Tab. A. 15).

Ein Grund für die Vielfalt der Arten im Winter könnte die generell niedrigere Konzentrationsbelastung von Bakterien, vor allem der wärmeliebenden Bakterien sein. Wärmeliebende Arten sind zum einen besser untersucht und identifizierbar, zum anderen wachsen sie unter kulturellen Bedingungen schneller heran (48 h bei 37°C vs. 7 Tage bei 22 °C). Die bei niedrigeren Temperaturen wachsenden Bakterien werden bei den Sommermessungen schlechter auf 37°C Anzuchttemperatur erfasst. Der Anteil von zum Beispiel *Bacillus spp.* und *Staphylococcus spp.* war im Sommer deutlich höher als im Winter. Prinzipiell können nur vermehrungsfähige Bakterien durch Kultivierung erfasst werden. Auch sporenbildende Arten wie beispielsweise *Bacillus spp.*, die generell resistenter gegen Umwelteinflüsse sind, werden häufiger erfasst. Einen großen Einfluss hatten letztendlich auch die unterschiedlichen Kultivierungsbedingungen auf die Anzucht der zu bestimmenden Arten. Natürlich muss bei allen Auswertungen das Verhältnis der gezählten KBE Konzentration zu den tatsächlich bestimmten Arten mittels MALDI-TOF MS berücksichtigt werden. Aus Zeit- und Kostengründen wurden im Winter 56 % und im Sommer lediglich 42 % aller gezählten KBE zur weiteren Analyse geschickt.

Interessant sind die in der VDI 4250 Blatt 3 zu berücksichtigenden anlagenbezogenen Leitparameter, die umwelthygienisch zum Schutz vor der Gesundheit von humanrelevanter Bedeutung sind. Dazu zählen *Staphylococcus aureus*, Staphylokokken, Enterokokken, Enterobacteriaceen und Streptokokken. Obwohl einige, auch humanrelevante, Staphylokokken-Arten nachgewiesen wurden, konnte *Staphylococcus aureus* in den Proben nie identifiziert werden. Auch humanrelevante Bakterien wie *Enterobacter spp.*, *Pantoea spp.*, *Enterococcus spp.* und *Streptococcus spp.* konnten nur in sehr geringen Konzentrationen nachgewiesen werden.

Den größten Anteil der bakteriellen Zusammensetzung machten aber die Umweltmikroorganismen der Risikogruppe 1 aus, die ihren Lebensraum im Boden, im Wasser sowie auf Pflanzen haben, und auch vorübergehend in der Luft zu finden sind. Auch bisher neue Arten wurden gefunden, die sogar mittels 16S-rRNA-Sequenzierung nicht identifiziert werden konnten. Das bei 22°C kultivierte und analysierte Bioaerosol beschreibt die prozentuale Zusammensetzung der vorkommenden Arten in der Umgebungsluft am besten. Von Bedeutung sind auch potenziell pflanzenpathogene Arten. Identifiziert wurden *Erwinia billingiae*, *Pseudomonas viridiflava*, *Clavibacter michiganensis*, *Curtobacterium flaccumfaciens* und *Rhodococcus fascians*.

Einfluss der Umgebungstemperatur, Windgeschwindigkeit und Windrichtung auf die Konzentration der Bakterien und Schimmelpilze

Es gab keinen Zusammenhang zwischen Windgeschwindigkeit und KBE-Anzahl, wobei ein Optimum-bereich der Windgeschwindigkeit zwischen 1-2 m/s zu erkennen war. Je nach Sammelsystem sind höhere Windgeschwindigkeiten suboptimal, da die Partikel schlechter erfasst werden können.

Die Umgebungstemperatur spielte eine signifikante Rolle in der KBE-Anzahl, an beiden Standorten jedoch in unterschiedlicher Ausprägung. Je wärmer es in Lom war, desto mehr KBE wurden auch gezählt. In Deutschneudorf konnte ein umgekehrter beziehungsweise kein Effekt der Temperatur auf die KBE-Anzahl gefunden werden. Ausschlaggebend waren die gemessenen Werte bei Temperaturen im Minusbereich. In diesem Bereich wurden erstaunlicherweise verhältnismäßig hohe KBE-Werte gemessen. Hier könnten weitere Faktoren wie Windrichtung und optimale Windgeschwindigkeit die KBE-Anzahl positiv beeinflusst haben. Nahm man diese extremen Werte aus der Berechnung, gab es keinen Einfluss der Temperatur auf die Anzahl der KBE.

Einen signifikanten Einfluss auf die KBE-Anzahl hatte die Windrichtung:

Lom: **SW**-Windrichtung → erhöhte KBE Anzahl auf Blut 37°C und TSA 22°C

SO-Windrichtung → erhöhte KBE Anzahl auf Mannit-Kochsalz 37°C und TSA 22°C

NO-Windrichtung → erhöhte KBE Anzahl auf TSA 22°C

DND: **SW**-Windrichtung → erhöhte KBE Anzahl auf DG18 25°C, Blut 37°C und TSA 22°C

SO-Windrichtung → erhöhte KBE Anzahl auf TSA 37°C, Blut 37°C und TSA 22°C

O-Windrichtung → erhöhte KBE Anzahl auf TSA 22°C

NO-Windrichtung → erhöhte KBE Anzahl auf Blut 37°C und TSA 22°C

N/NW-Windrichtung → erhöhte KBE Anzahl auf TSA 22°C

Zu berücksichtigen ist bei der Auswertung der Bakterien und Schimmelpilze nach Windrichtung die Anzahl der Messungen je Windrichtung und die tatsächliche Anzahl der bestimmten KBE mittels MALDI-TOF MS. Da der Anteil der humanrelevanten Bakterien sehr gering ausfiel, zeigen die Windrosen in der alle gezählten KBE/m³ sowie alle mittels MALDI-TOF MS analysierten KBEs.

Die Abb. 68 zeigt einmal die Verteilung der Bakterienkonzentrationen gesammelt mit dem MAS Impaktor und angezchtet bei 22°C auf TSA Nährboden und einmal gesammelt mit dem MAS Impaktor und angezchtet bei 37°C auf Blut-Nährboden am Standort Deutschneudorf. Aus östlicher bis südsüdöstlicher Windrichtung stammten die meisten Bakterien. Womöglich könnte hier eine höhere Anzahl aus SO stammenden Partikeln eine

Rolle spielen. Aber auch aus südwestlicher Richtung zeigten die 22°C-Proben höhere Konzentrationen. Einflüsse aus der Gemeinde und der umliegenden Landwirtschaft spielten hier überwiegend eine Rolle.

Die Abb. 69 zeigt einmal die Verteilung der Bakterienkonzentrationen gesammelt mit dem MAS Impaktor und angezchtet bei 22°C auf TSA Nährboden und einmal gesammelt mit dem MAS Impaktor und angezchtet bei 37°C auf Blut-Nährboden am Standort Lom. Eine Umgebung mit weniger Vegetationsfläche (Tagebau nordöstlich-südöstlich) und mehr Hausbrand bedingte eine höhere Partikelanzahl in der Umgebungsluft. Die Bakterienkonzentrationen korrelierten positiv mit einer Zunahme der Partikelanzahl. Aus Südwesten stammende Bakterienkonzentrationen werden durch die Landwirtschaft beeinflusst.

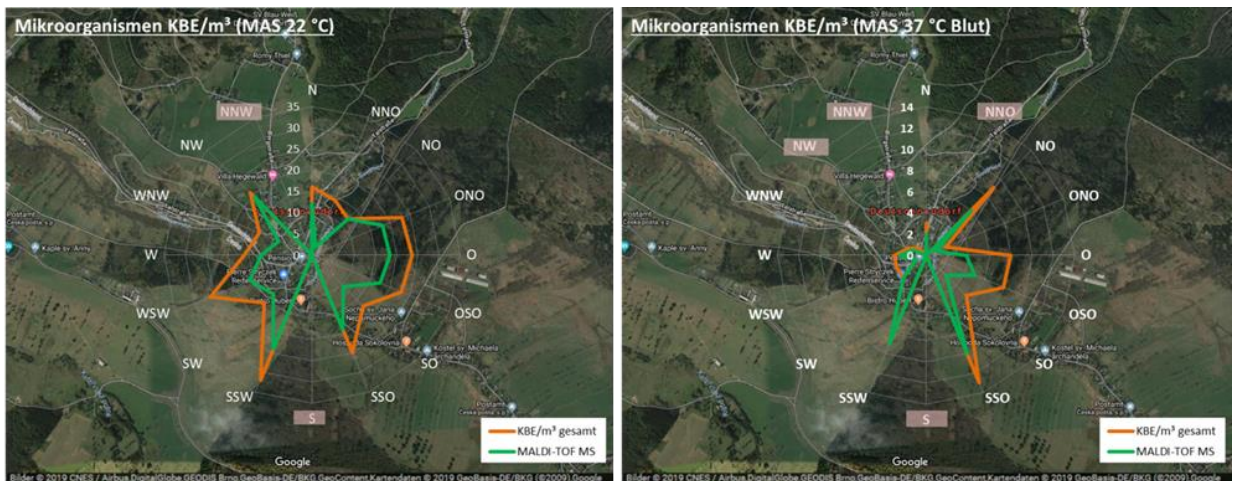


Abb. 68: Verteilung der Gesamtbakterienkonzentration (orange) und der Konzentration mittels MALDI-TOF MS untersuchten Bakterien (grün) nach Windrichtung am Standort Deutschneudorf. Rot hinterlegte Windrichtungen = keine Messung erfolgt. Anzahl der Bakterien gesammelt mit dem MAS Impaktor und angezchtet bei 22°C auf TSA Nährboden (links) und bei 37°C auf Blut-Nährboden (rechts).

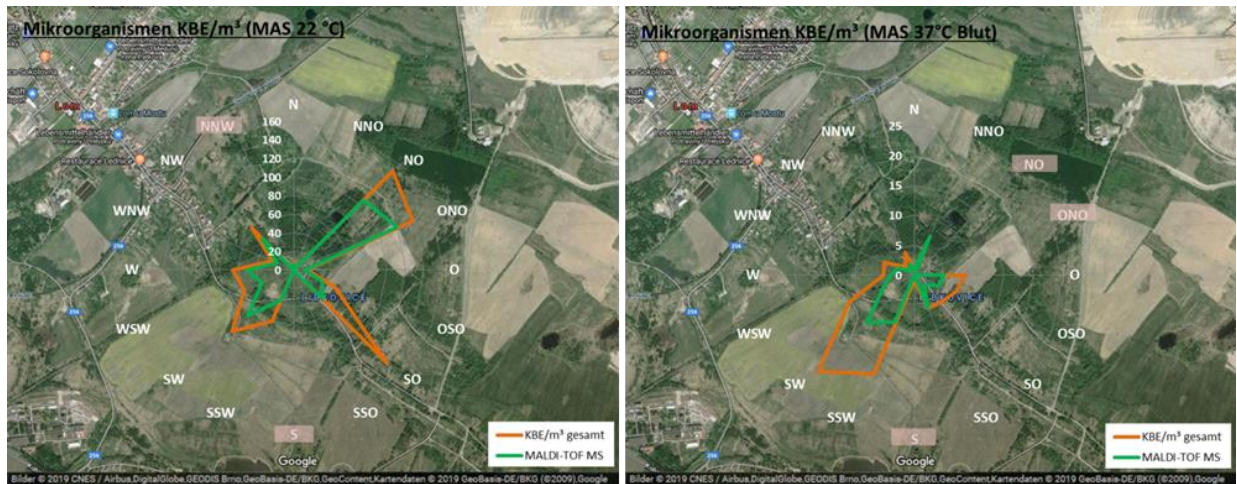


Abb. 69: Verteilung der Gesamtbakterienkonzentration (orange) und der Konzentration mittels MALDI-TOF MS untersuchten Bakterien (grün) nach Windrichtung am Standort Lom. Rot hinterlegte Windrichtungen = keine Messung erfolgt. Anzahl der Bakterien gesammelt mit dem MAS Impaktor und angezchtet bei 22°C auf TSA Nährboden (links) und bei 37°C auf Blut-Nährboden (rechts).

Die Abb. 70 zeigt Konzentrationsverteilung der Schimmelpilzarten nach Windrichtung am Standort Deutschneudorf und Lom. Aspergillen, die den prozentual größten Anteil am Standort Deutschneudorf ausmachten, wurden aus Richtung SO, SW, NW und NNO lokalisiert. Ein überwiegend landwirtschaftlicher Einfluss könnte aus süd-östlicher Richtung stammen, da grenznah größere Heuballen zu beobachten waren. Aspergillen-Sporen sind Bestandteil des Aerosols in der Luft. Die meisten Arten kommen als Saprophyten (von zersetzenden Stoffen lebend) vor. Es ist denkbar, dass aus süd-westlicher, nord-westlicher und nord-östlicher Richtung die urbanen und landwirtschaftlichen Einflüsse eine große Rolle spielten. Kleinere Viehställe in der Gemeinde könnten zur höheren Aspergillen-Konzentration beitragen. Am Standort Lom überwiegte der Anteil der Cladosporien in der prozentualen Zusammensetzung der Schimmelpilze. Diese wurden hauptsächlich aus NW-, SW- und SO-Windrichtung lokalisiert, mit Einfluss aus Stadt und Landwirtschaft. Der Tagebau aus nordöstlicher-östlicher Richtung hatte, im Gegensatz zu den Bakterien, kaum einen Einfluss auf die Schimmelpilzkonzentration.

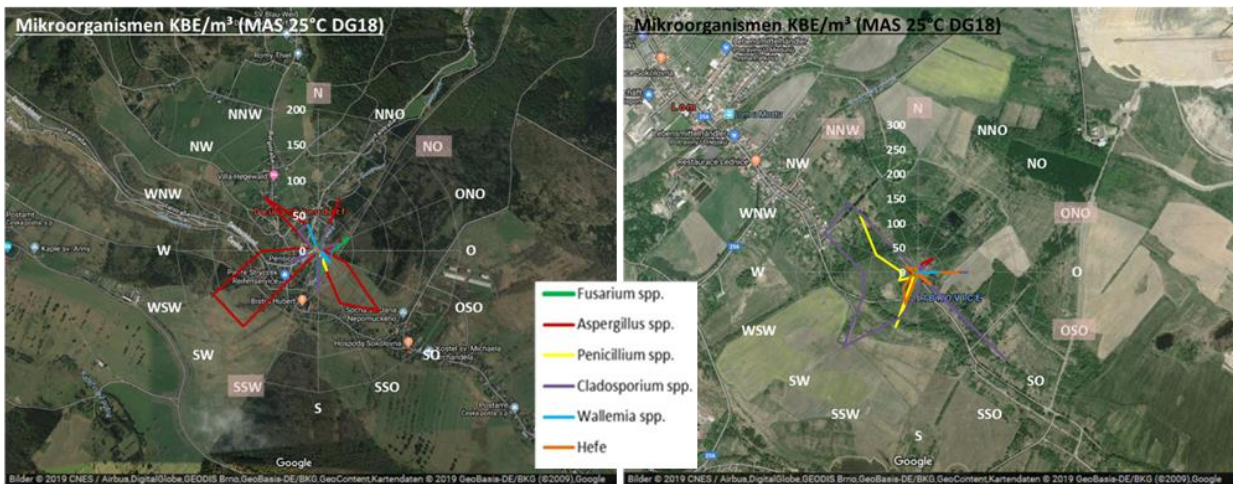


Abb. 70: Konzentrationsverteilung der Schimmelpilzarten nach Windrichtung am Standort Deutschneudorf (links) und Lom (rechts). Rot hinterlegte Windrichtungen = keine Messung erfolgt.

Risikobewertung und Grenzwertbestimmungen aus umwelthygienischer Sicht

Obwohl an einigen **signifikanten Beschwerdetagen** Bioaerosolmessungen durchgeführt wurden, konnte kein Zusammenhang zwischen erhöhter Bioaerosolkonzentration und einer erhöhten Anzahl der Beschwerden festgestellt werden. Zum Zeitpunkt signifikanter Beschwerdetage konnten sowohl aus südöstlicher Richtung, als auch aus anderen Windrichtungen mal höhere, und mal niedrigere Konzentrationen gemessen werden.

Die in dem Projekt gemessenen Bioaerosolkonzentrationen können so bewertet werden, dass die Anwohner an beiden Standorten keinem gesundheitlichem Risiko ausgesetzt sind. Die Konzentrationen, ob Bakterien, Schimmelpilze oder Endotoxine, liegen alle unter den geltenden oder empfohlenen Bestimmungs- oder Aufmerksamkeitswerten. Erhöhte Bioaerosolkonzentrationen kommen vorwiegend in der Nähe von Abfallbehandlungsanlagen und Tierställen vor. Um Bioaerosolkonzentrationen in der Umwelt bewerten zu können, werden im LAI-Leitfaden Orientierungswerte für Leitparameter festgelegt, nach denen beim Überschreiten weitere Maßnahmen zur gesundheitlichen Beurteilung eingeleitet werden. Zu diesen Ergebnissen herangezogen werden auch immer die festgestellten Hintergrundkonzentrationen.

Nach dem LAI-Leitfaden (2014) und der VDI-Richtlinie 4250 Blatt 3 gelten grundlegende Beurteilungswerte für anlagenbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter für Schimmelpilze mit folgenden Konzentrationen im Jahresmittel: *Aspergillus spp.* (100 KBE/m³), *Aspergillus fumigatus* (50 KBE/m³), *Penicillium spp.* (300 KBE/m³). Es konnten keine für die menschliche Gesundheit bedeutenden Schimmelpilzarten in diesen Konzentrationsbereichen nachgewiesen werden.

Für anlagenbezogene Leitparameter Bakterien gelten folgende Konzentrationen im Jahresmittel: *Staphylococcus aureus* (80 KBE/m³), Staphylokokken (80 KBE/m³), Enterokokken (80 KBE/m³), Enterobacteriaceen (80 KBE/m³) und Streptokokken (80 KBE/m³). Es konnten keine für die menschliche Gesundheit bedeutenden Bakterien in diesen Konzentrationsbereichen nachgewiesen werden. Die im Projekt OdCom gemessenen Konzentrationen im Winter und im Sommer lagen an beiden Standorten unter den relevanten Aufmerksamkeitswerten bzw. den Bestimmungsgrenzen. Da die Orientierungswerte für eine Sonderfallprüfung relevant sind, muss der Aufmerksamkeitswert bzw. die Bestimmungsgrenze um den Faktor 3 überschritten sein (LAI-Leitfaden, 2014). Alle nachgewiesenen Werte liegen demzufolge auch unter dem Orientierungswert. Obwohl einige, auch humanrelevante, Staphylokokken-Arten nachgewiesen wurden, konnte *Staphylococcus aureus* in den Proben nie identifiziert werden. Ein regelmäßiger Nachweis von Staphylokokken ist nicht ungewöhnlich. Sie sind resistenter gegenüber Umwelteinflüssen, besitzen eine größere Austrocknungsresistenz, und können theoretisch auch mehrere Kilometer zum Probenahmeort verdriftet werden (Clauß et al., 2013). Viele Arten sind am Abbau von organischer Substanz beteiligt (z. B. *Staphylococcus xylosus*). Ein urbaner Einfluss besteht bei beiden Standorten. So konnten auch humanrelevante Bakterien wie *Pantoea* spp., *Enterococcus* spp. und *Streptococcus* spp. in geringen Konzentrationen nachgewiesen werden, die der Risikogruppe 2 angehören. Auch diese Bakterienarten kommen ubiquitär in der Luft vor und gehören in unbedenklichen Konzentrationen zur Umwelt dazu. *Enterobacter* spp. konnte ebenfalls nachgewiesen werden, jedoch keine Spezies, die der Risikogruppe 2 angehört.

Von den potenziell pflanzenpathogenen Arten ist *Clavibacter michiganensis* besonders hervorzuheben, da er große Schäden in der Landwirtschaft anrichten kann. Die untersuchten *Clavibacter*-Proben deckten sich aber nicht mit dem für Kartoffel und Tomate schädlichen Quarantäne-Schaderregern.

Aufgrund ihrer komplexen Wirkung und uneinheitlicher Messmethoden gibt es in Deutschland derzeit keine Grenz- oder Richtwerte für Endotoxine, empfohlen werden allerdings 90 IE/m³ am Arbeitsplatz (Health Council of Netherlands, 2010; Liebers et al., 2017). In Klassenräumen wurden bereits 15.3 IE/m³ nachgewiesen (Fromme et al., 2013). Erst bei einem Wert von >100 IE/m³ ist die Häufigkeit von Atemwegsentzündungen gehäuft (ICOH, 1997). Andererseits können niedrige Dosen über lange Expositionszeiten sogar einen protektiven Effekt aufweisen (Schuijs et al., 2015).

5.1.10 Analyse der Geruchsquellen

Entnahmen in Kanister

Die Luftproben wurden in Kanister direkt an den Quellen entnommen – bei der Verbrennung von Hartholz in einer Hausfeuerstelle, im Tunnel Panenská auf der Autobahn D8 und bei der Reinigung der Erdgasleitung im Ort Hora Svaté Kateřiny. Bei großen Industriequellen wurden die Proben in ihrer Nähe, abhängig von der Windrichtung, entnommen und (im Falle der Wahrnehmung des Geruches durch den Probenahmehemer). Auf diese Art wurden die Proben genommen bei der: Petrochemie-Unipetrol in Záluží u Mostu, Möbelfabrik in Seiffen, Produktionsstätten von Fettsäuren Oleochem a.s. und Speiseölherstellung (Glencore Agriculture Czech s.r.o.) in Ústí nad Labem Střekov.

Messungen bei den Geruchsquellen

Im Verlauf des Projekts wurden einige Luftproben in Kanister in der Nähe der Geruchsquellen entnommen und auf der Basis des berechneten Geruchsaktivitätswertes (OAV) wurde auch die mögliche Auswirkung auf die Bevölkerung in der Umgehung bewertet. Die Ergebnisse sind in der Tab. 10 dargestellt.

Holzverbrennung: Die Probe wurde im Eigenheim beim Verbrennen von Hartholz (Esche, Eiche) im Kaminofen entnommen. Die Probe wurde am Schornsteinaustritt genommen.

Kraftverkehr: Der Tunnel Panenská ist ein Zweiröhren Tunnel der Autobahn D8 für je eine Fahrtrichtung in der Nähe der Grenze zwischen ČR und Deutschland.

Petrochemie: Die Probe wurde beim Areal Unipetrol und der Straße Most (Most, Litvínov) entnommen. Ihre Zusammensetzung wurde durch den starken Kraftverkehr beeinflusst, sodass die nachgewiesenen Analyten sowohl aus den Raffinerieimmissionen als auch aus dem Kraftverkehr stammen können. Zu der Probenahmezeit war ein starker „öliger“ Geruch wahrnehmbar.

Erdgas: In diesem Falle traten an der Öffnung der Erdgasleitung und dessen Reinigung Gerüche auf. Die Probe wurde ca. 10 m vom Objekt genommen.

Tab. 10: In der Nähe der Quellen festgestellte OAV Werte.

Zdroj	OAV (ou/m ³)
Holzverbrennung - Hausfeuerstelle	34,29
Verkehr - Tunnel Panenská	1,34
Petrochemie-Chemopetrol, Litvínov	13,51
Reinigung der Erdgasleitung - Hora Sv. Kateřiny	30,51
Produktionsstätte der Speiseöle Ústí nad Labem	1,3

Herstellung von Speiseölen: Die Probe wurde während des Auftretens eines intensiven Geruchs in einen vorbereiteten Kanister entnommen. Technologie der Speiseölenherstellung emittiert eine Mehrzahl von Aldehyden – Stoffen mit intensivem Geruch (Ranau et al.2005). Da in den entnommenen einmaligen Proben diese Stoffe nicht nachgewiesen werden konnte, wurde versucht, die geruchsbelästigenden Stoffe anhand einer anderen Methode nachzuweisen.

Für die Entnahme der Probe wurde deshalb die Methode der Diffusionsprobenahme mittels Sorptionsröhrchen von Typ Radiello® mit selektiver Sorption von Carbonylverbindungen gewählt. Das Sorptionsröhrchen für die Diffusionsprobenahme war während des gesamten gemessenen Zeitintervalls der Luftwirkung ausgesetzt. Die volatilen organischen Verbindungen gelangten infolge der Diffusion durch das Röhrchen, wurden am Silikagel mit angebundem 2,4-Dinitrophenyl-hydrazin (2,4-DNPH) eingefangen und durch Derivationsreaktion in entsprechende Hydrazone verwandelt. Die eingefangenen Analyten wurden dann nach der Elution mit Acetonitril mit der Methode HPLC mit UV Detektion bestimmt.

Die Luftprobe wurde während der gesamten Zeit vom 14.8. bis zum 24.8.2017 in der Nähe des Areals des ehemaligen Betriebs STZ, (jetzt Oleochem, a.s., Ústí nad Labem und Glencore Agriculture Czech s.r.o.) in Purkyňova Straße in Střekov entnommen. Die gemessenen Carbonylkonzentrationen wurden mit der Schwelle der Geruchswahrnehmung der nachgewiesenen Stoffe verglichen und die Geruchsaktivitätswerte berechnet. Die gemessenen Daten sind in der beigelegten

Tab. A. 16 zusammengefasst. Die fett gedruckten Werte gehören den durch die Fettdegradation entstandenen und in der Nähe der Ölproduktionsstätte nachgewiesenen Analyten (Forss 1972, Ranau 2005).

Der Geruchsaktivitätswert (OAV) für den gemessenen Zeitraum betrug 35,8 ou/m³, und im Durchschnitt wurde in der gegenständlichen Lokalität der Geruchsschwellenwert 36x überschritten.

Die Messung der Geruchsstoffe wurde an zwei Orten in Střekov vorgenommen. Es wurden Carbonyle – durch Degradation von ungesättigten Fettsäuren entstehende Geruchsstoffe – verfolgt. Die Ergebnisse wurden mit den Literaturangaben über diese Stoffe verglichen. Die chemisch nachgewiesenen Geruchswerte wurden mit den zeitgleich aufgetretenen registrierten Geruchsintensitäten an beiden Messorten korreliert.

Messung der Geruchsstoffe in Ústí nad Labem-Střekov in den Tagen 27.9-18.10. 2018

Die Luftproben wurden parallel an zwei Orten entnommen (Abb. 71):

- 1) Purkyňova Straße Nr. 13, die sich unmittelbar östlich vom Areal des ehemaligen Betriebs STZ (jetzt Oleochem, a.s., Ústí nad Labem und Glencore Agriculture Czech s.r.o.) befindet.
- 2) Železničářská 10, die sich ca. 200 m westlich vom Areal des ehemaligen Betriebes STZ (Abb. 71) befindet.

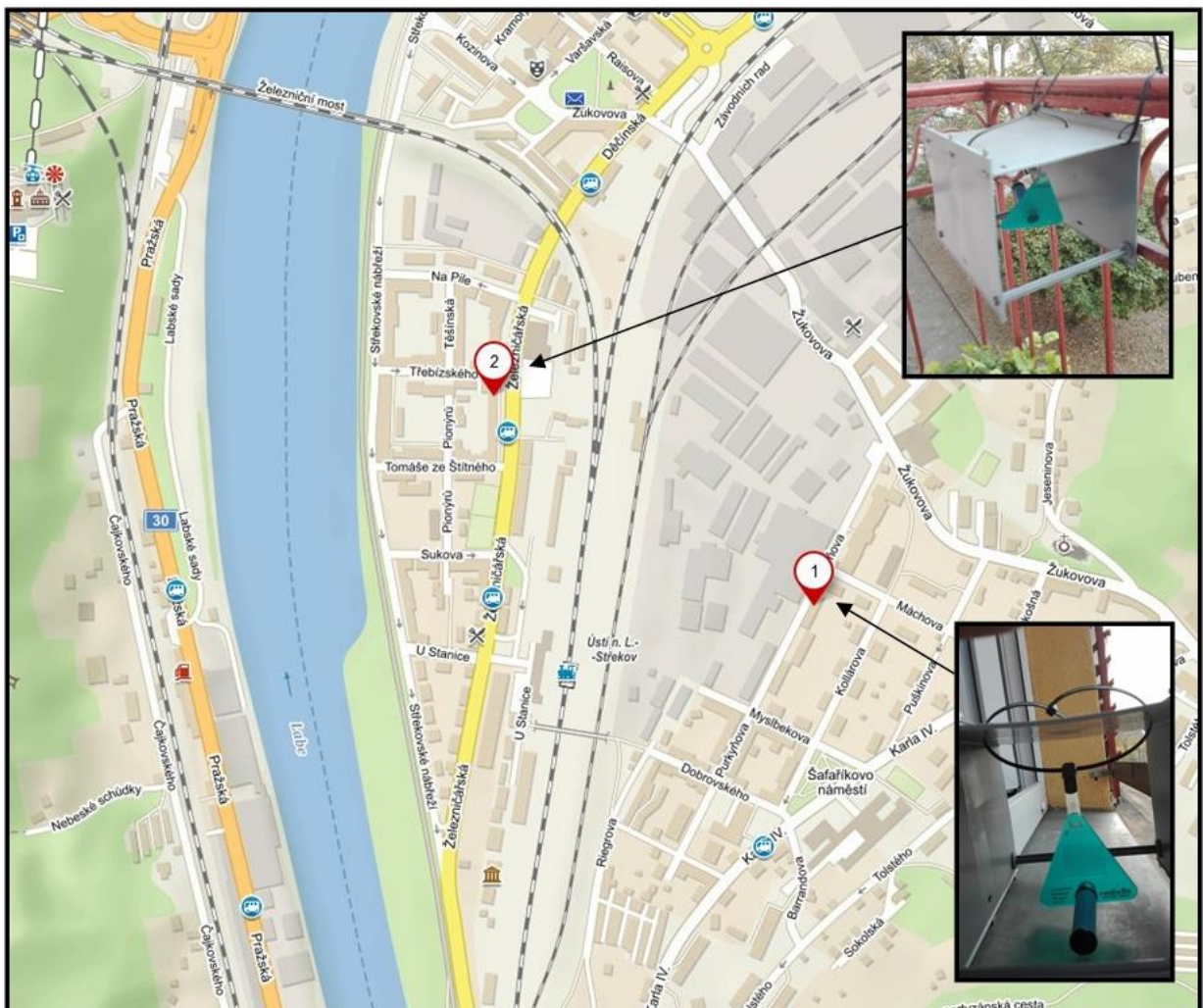


Abb. 71: Probenahmeorte.

Für die Entnahme der Probe wurde die Methode der passiven Probenahme mittels Sorptionsröhrchen der Marke Radiello® 12-1 mit selektiver Sorption von Carbonylverbindungen gewählt. Insgesamt wurden 4 Luftproben in den Straßen Purkyňova und Železničářská entnommen. Diffusionsprobensammler wurden während der gesamten Zeit exponiert - die Proben 1 und 2 während 264 Stunden und die Proben 1A und 2A während 240 Stunden. Der in den einzelnen Abnahmeorten registrierte Geruch hing von den Emissionstechnologie und der Windrichtung ab.

In Anbetracht dessen, dass es sich um langzeitige Probenahmen handelte, wurde die Windrichtung und -geschwindigkeit nicht verfolgt, da es sehr schwierig bis unmöglich wäre auf diese Weise die Quelle des Geruches zu bestimmen.

Stattdessen füllten die Teilnehmer des Probandenprogramms einen Fragebogen aus, in welchem die Zeitdauer der einzelnen Episoden erfasst und die Geruchsintensität subjektiv bewertet wurde.

Wert:

- 1- bezeichnet schwachen Geruch
- 2- starken Geruch
- 3- extremen Geruch.

Aus den registrierten Geruchsepisoden wurde für jede Probe der gewogene Durchschnitt der Geruchsintensität (I_v) nach der Formel

$$I_v = (I \cdot t) / \Sigma t$$

berechnet, wobei

I den Wert der registrierten Geruchsintensität (Werte 1-3),

t die Zeit der Geruchsepisode,

Σt die Gesamtzeit der registrierten Gerüche für die gegebene Probe (1, 2, 1 A, 2 A) bedeutet.

Carbonyle, die in den entnommenen Proben nachgewiesen und mit der Degradation der Fette und ungesättigter Fettsäuren verbunden sind: Azetaldehyd, Azeton, Propionaldehyd, 2- Butanon, Butyraldehyd, Benzaldehyd, Valeraldehyd, Hexaldehyd, Heptaldehyd, Oktaldehyd, Nonaldehyd und Decylaldehyd.

Alle diese Stoffe (mit der Ausnahme des Azetons) haben eine niedrige Geruchsschwelle und können also die Quelle des unangenehmen Geruchs in der Umgebung des ehemaligen Betriebes STZ (heute: Oleochem, a.s., Ústí nad Labem und Glencore Agriculture Czech

s.r.o.) sein. Die Ergebnisse der gemessenen OAV Werte und die mit dem Geruchssinn wahrgenommenen Geruchsintensitäten sind in der

Tab. 11 dargestellt.

Tab. 11: Chemisch und organoleptisch bewiesener Geruch an den gemessenen Orten.

Datum	Probe/Ort	I_v Geruchsintensität	OAV (ou/m ³) gemessen
27.8-8-9	1/Purkyňova	2,21	73,7
8.9.-18.9.	1 A/Purkyňova	2,0	66,5
27.8. -8.9.	2/Železničářská	1,38	60,3
27.8. -8.9.	2 A/Železničářská	2,75	89,4

Die berechneten mit Geruchssinn registrierten durchschnittlichen Geruchsintensitäten I_v für die einzelnen gemessenen Perioden korrelierten mit den gemessenen Werten der Geruchsaktivität ($R^2 = 0,9256$) (Abb. 72).

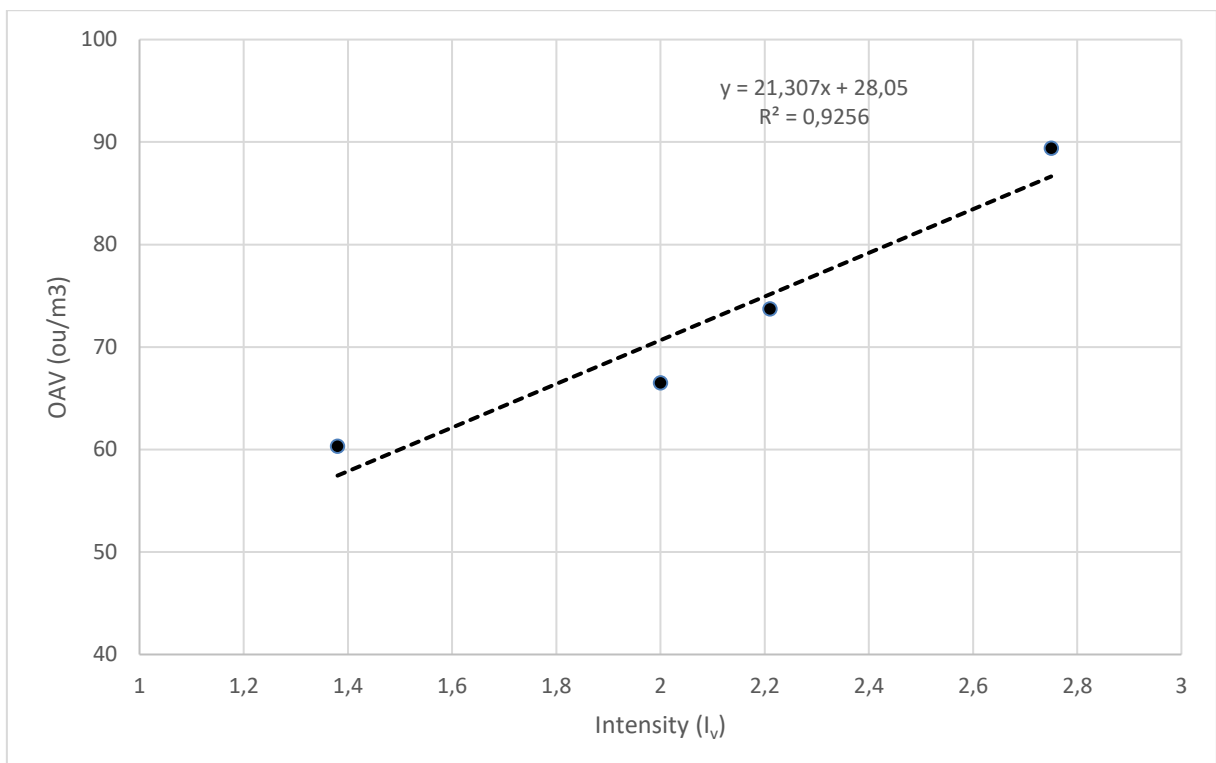


Abb. 72: Durch Geruchssinn und chemische Analyse ermittelte Geruchsintensität.

Diese Studie wurde zu den Ergebnissen des Projekts OdCom mit der Zustimmung des OU in Ústí nad Labem-Střekov zugefügt.

5.2 TEILPROJEKT 2: GERUCHSPROBANDENPROGRAMM

5.2.1 Freiwillige Geruchsbeobachter (Probanden)

Beobachtungszeiträume (Winterperioden)

Im Laufe des Projektes wurden insgesamt drei Beobachtungszeiträume realisiert (weiter als Winterperioden bezeichnet), in denen eine Gruppe von Freiwilligen (sog. Probanden) sowohl auf der deutschen als auch auf tschechischer Seite des Erzgebirges rekrutiert worden sind. Ist der Fall aufgetreten, dass die Freiwilligen einen unangenehmen Geruch in der Außenluft (oder auch im Gebäude, aber mit Sicherheit von draußen stammendem Geruch) wahrgenommen haben, füllten die Probanden den Fragebogen aus.

- 1. Winterperiode: 1.1.2017 – 31.3.2017 (insgesamt drei Monate)
- 2. Winterperiode: 1.11.2017 – 31.3.2018 (insgesamt fünf Monate)
- 3. Winterperiode: 1.11.2018 – 31.12.2018 (insgesamt zwei Monate)

Der ganze Beobachtungszeitraum umfasste insgesamt zehn Monate.

An der Verfolgung der Geruchsspur waren zwölf Probanden auf deutscher (DE01 – DE012) 19 auf der tschechischen Seite (CZ01 – CZ19) tätig. Davon waren zwei deutschen Probanden inaktiv (DE04, DE06). Die Anzahl der aktiven Probanden variierte von Periode zu Periode. In der Tschechischen Republik variierte die Anzahl der aktiv teilnehmend Probande in jeder Wintersaison. Darüber hinaus waren die tschechischen Probanden in zwei räumlich voneinander getrennte Gruppen aufgeteilt – (1) Litvínov – als Bereich der sich spiegelverkehrt zum deutschen Kerngebiet befand (hier waren insgesamt zwölf Probanden tätig) sowie (2) Karlovy Vary und Umgebung davon (hier waren insgesamt 5 Probanden tätig) (Abb. 73 und Abb. 74).

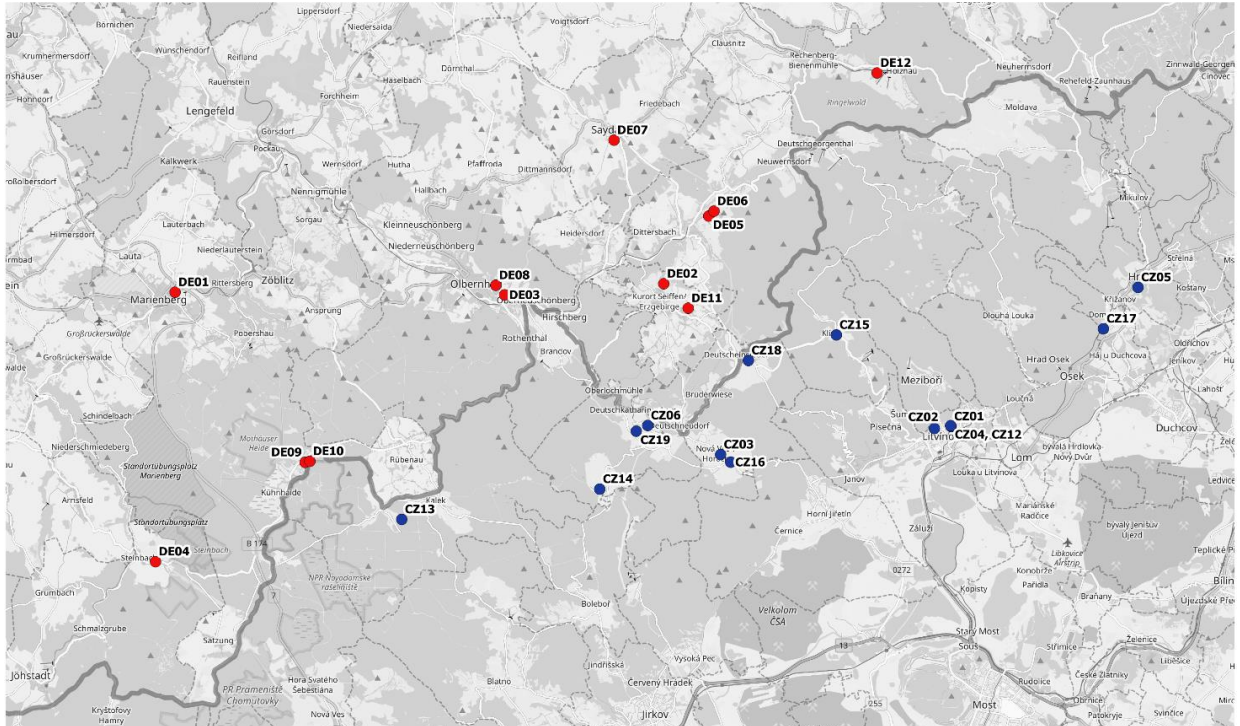


Abb. 73: Räumliche Verteilung der Probanden (Wohnort) Kartengrundpage: OpenStreet-Map).



Abb. 74: Räumliche Verteilung der Probanden um Karlovy (Wohnort) (Kartengrundpage: OpenStreetMap).

Auf deutscher Seite nahmen fünf Frauen und sieben Männer teil. Das Durchschnittsalter lag hier bei 59 Jahren. In der Tschechischen Republik betrug die Teilnehmerzahl in (1) Litvínov: elf Frauen und drei Männer mit einem Durchschnittsalter von 44 Jahren, in (2) Karlovy Vary: zwei Frauen und drei Männer mit einem Durchschnittsalter von 49 Jahren (Abb. 75).

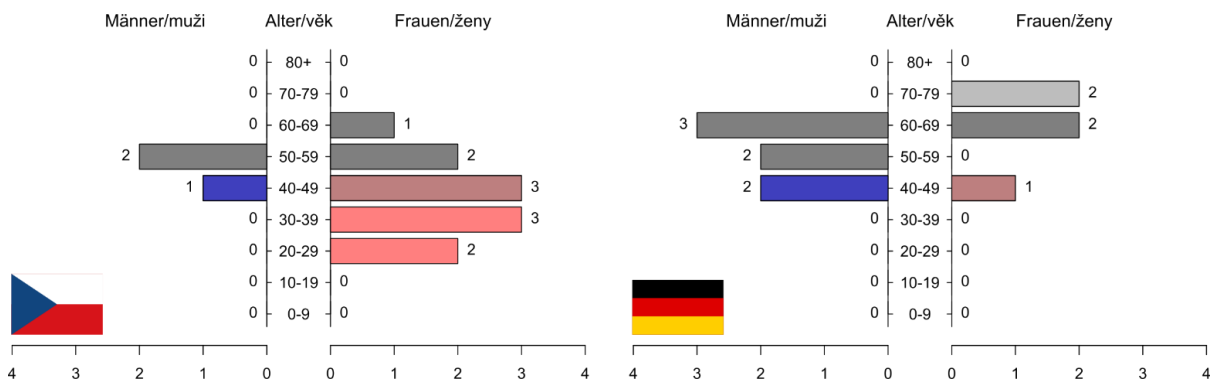


Abb. 75: Altersverteilung der deutschen und tschechischen Probanden (Litvínov).

In der Gesamtheit der tschechischen Probanden (Litvínov) ist weder das Geschlecht (16 Frauen und acht Männer) noch das Alter gleichmäßig verteilt. Die Ergebnisse der statistischen Analysen könnten dadurch beeinflusst worden sein. Die unterschiedliche aktive Teilnahme der Probanden können diesen Effekt noch verstärken.

5.2.2 Meldebögen

5.2.2.1 Anzahl und Bewertung der Meldungen in den einzelnen Winterperioden

Die Bewertung der Meldungen konzentrierte sich auf die Gegenüberstellung des deutschen Beschwerdekerngebietes mit dem Gebiet um Litvinov.

Bei der Bewertung der gemeldeten Geruchsereignisse wurde beachtet, inwieweit die Einträge relevant hinsichtlich der Quellenbewertung sind und inwiefern diese auf größere Flächen übertragbar sind. Die Probanden gaben an, welche möglichen Quellen ihrer Meinung nach zur Geruchsbelastung geführt haben könnte. Sollte der Proband einen Geruch gemeldet haben, der aus einer offensichtlichen Quelle stammte (z. B. aus dem Lagerfeuer des Nachbarn, Schornstein des Nachbarn), wurde diese Geruchsmeldung als nicht relevant eingestuft.

Winterperiode (1.1.2017 – 31.3.2017)

In der ersten Winterperiode haben die Probanden insgesamt 162 Meldungen eingetragen (DE: 110, CZ: 52). Die meisten Meldungen (minimal fünf Meldungen) erfolgten an folgenden Tagen. 21.1., 23.1., 26.1., 27.1., 30.1., 4.2., 5.2., 15.2. Von großem Interesse waren dabei die Zeiträume 19.1. – 6.2. und 13.2. – 16.2 (Abb. 76). Die meisten Einzelmeldungen (25) erzeugte Proband DE11 (Mann, Seiffen), gefolgt von Proband DE02 (Frau, Olbernhau) und DE03 (Frau, Seiffen) mit jeweils mehr als 20 Einzelmeldungen. Bei den tschechischen Probanden meldete Proband CZ10 (Frau, Litvínov) die meisten Geruchsereignisse (19). Im Allgemeinen stammten die meisten Meldungen aus Seiffen und Umgebung sowie auf der tschechischen Seite aus Litvinov, vereinzelt aus Nova Ves v Horách. Nur eine Meldung machte der deutsche Proband DE10 aus Kühnheide. Insgesamt vier Meldungen wurden in der unmittelbaren Nähe von Záluží durch den Probanden CZ05 gemacht (Abb. 77).

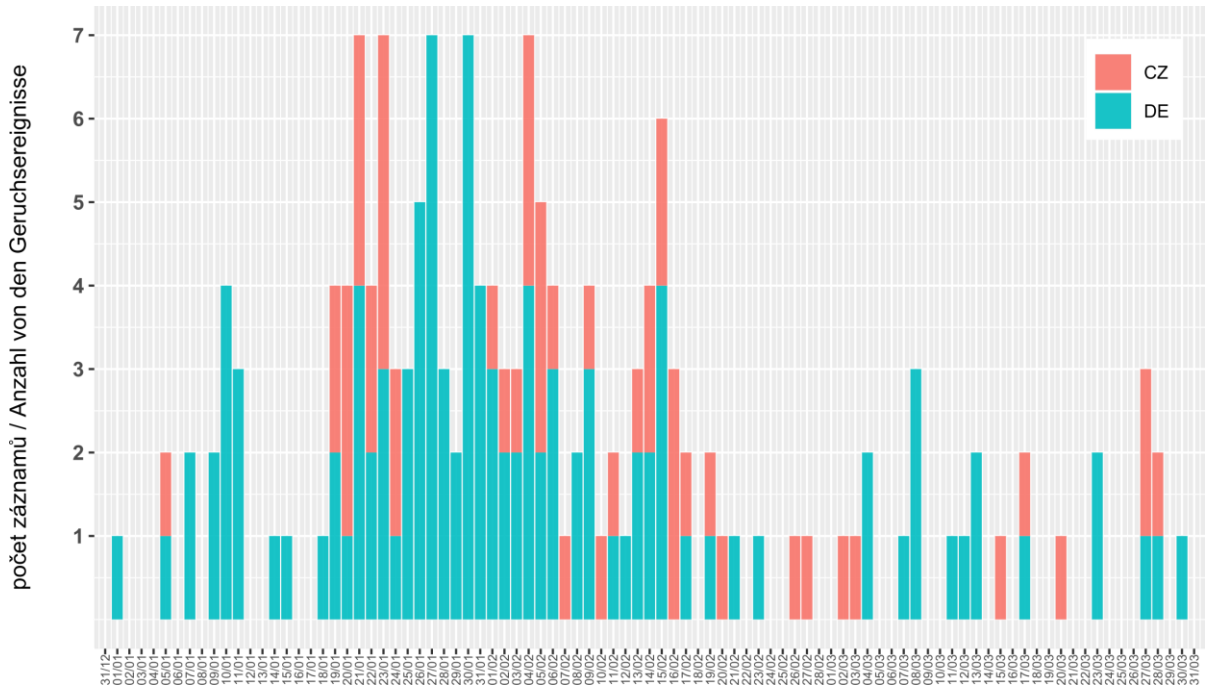


Abb. 76: Anzahl der Meldugen an den Tagen der 1. Wintersaison (aufgeteilt nach der Nationalität).

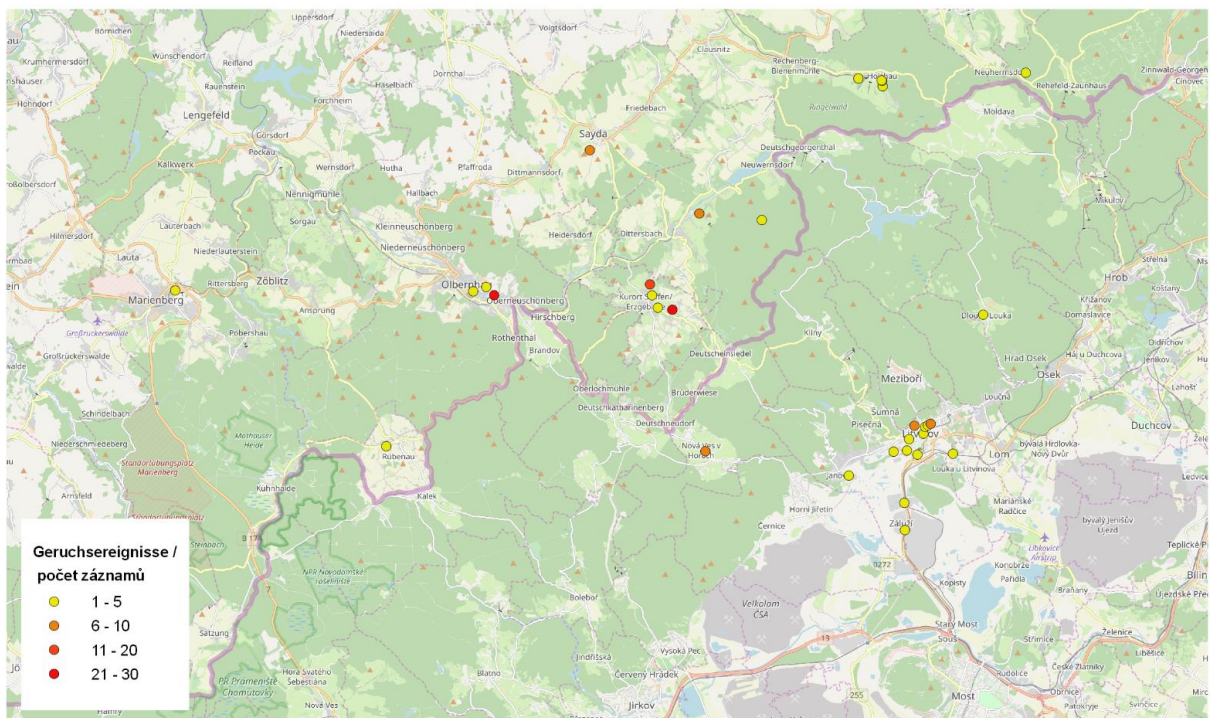


Abb. 77: Karte der räumlichen Verteilung der Meldungen in dem 1. Winter (klassifiziert farblich nach Anzahl) (Kartengrundpage: OpenStreetMap).

2. Winterperiode (1.11.2017 – 31.3.2017)

In der zweiten Wintersaison sind durch die Probanden insgesamt 173 Meldungen (DE: 91, CZ: 82) eingegangen. Die meisten Meldungen (minimal fünf Meldungen) erfolgten an folgenden Tagen: 15.11., 16.11., 10.1., 25.1., 26.1., 5.3. Vom großen Interesse waren die Zeiträume 15. – 16.11., 10.1. – 11.1., 25.1. – 26.1., 5.3. – 7.3 (

Abb. 78). Die meisten Meldungen (27) machte Proband DE03 (Frau, Olbernhau). Proband CZ16 (Frau) meldete in 23 Geruchseignisse (überwiegend in Nová Ves v Horách). Proband DE07 (Mann, Sayda) nahm in 16 Fällen Gerüche wahr. Einige Probanden meldeten über die Winterperiode hinaus.

Auch in der zweiten Winterperiode waren einige Probanden inaktiv, überwiegend auf der tschechischen Seite – Proband CZ05 (Mann, Háje u Duchcova und Moldau), CZ13 (Frau, Kalek), CZ14 (Mann, Rudolice v Cechách). Auf deutscher Seite betraf es Proband DE05 (Frau, Neuhausen). Im Allgemeinen kamen die meisten Meldungen aus Olbernhau, Nová Ves v Horách und Litvínov. Nur eine Meldung stammte unmittelbar aus dem Chemiapark in Záluží (Proband CZ02) (Abb. 79).

In dieser Winterperiode tauchten verstärkt Meldungen auf, die offensichtlich auf lokale Quellen hinweisen. Im Punkt „Ihre Meinung zur Quelle“ im Meldebogen tauchten unter anderen:

- Lokale Heizstellen – extremer Frost
- Asphaltlegung auf der Straße direkt im Wohnort
- Pyrotechnik (Silvesterfeier)
- Nachbarn (Gartenfeuer, Verbrennung vom Zeug)
- LKW's (Forstarbeiten)
- Müllverbrennung auf.

Für die Gesamtbewertung der Geruchsituation spielten diese Angaben eine marginale Rolle. Diese Angaben wurden aus der primären Auswertung herausgenommen. Insgesamt fielen nach diesem Kriterium vor allem in der Tschechischen Republik 34 Meldungen aus der Auswertung heraus, während im Sachsen das nur einmal der Fall war. Der Zeitraum mit den meisten Einträgen blieb trotzdem unverändert.: 15.11. – 16.11., 8.1. – 12.1., 25.1. – 27.1., 5.3. – 7.3.

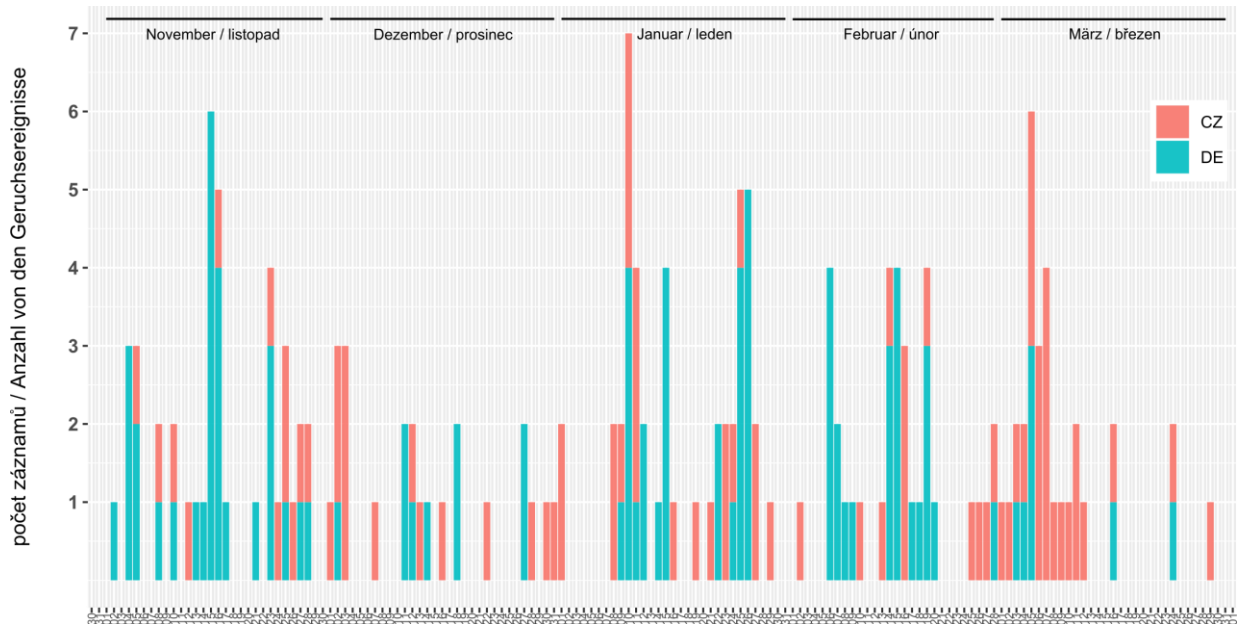


Abb. 78: Anzahl der Meldungen an den Tagen der 1. Wintersaison (aufgeteilt nach der Nationalität).

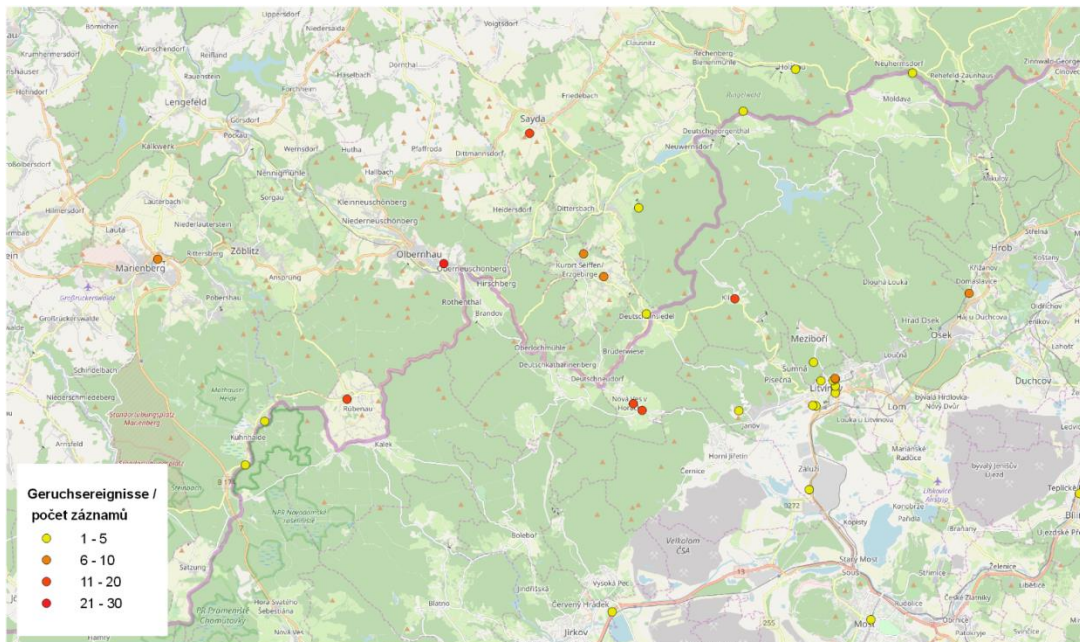


Abb. 79: Karte der räumlichen Verteilung der Meldungen im 2. Winter (farblich klassifiziert nach der Anzahl) (Kartengrundlage: OpenStreetMap).

3. Winterperiode (1.11.2018 – 31.12.2018)

In der dritten Winterperiode haben die Probanden insgesamt 156 Meldungen (DE: 84, CZ: 72) aufgezeichnet. Eine tschechische Aufzeichnung ist zum 30.10.2018 datiert. Trotzdem wurde die Meldung in die Datenbank aufgenommen. Die meisten Meldungen stammen von November (Abb. 80). Auffällig in 54 tschechischen Meldungen ist die Tatsache, dass begleitend zu den von den Probanden beschriebenen, kaum wahrnehmbaren bis sehr schwachen Gerüchen ein dichter Nebel auftrat. Hinzu wurden Atembeschwerden berichtet.

Während dieser Periode machte Proband DE03 (Frau, Olbernhau) und CZ19 (Frau, Hora Svaté Kateřiny) die meisten Angaben – in beiden Fällen 18 Meldungen. Proband CZ18 (Frau, Mníšek) meldete 16 Ereignisse. Dagegen berichtete Proband CZ14 (Mann, Rudolice v Horách) kein Geruchsereignis. Ähnlich meldete auf der deutschen Seite Proband DE12 (Mann, Holzhau) kein Geruchsereignis.

Die Probanden gaben an, dass die Quellen des Geruchs beispielsweise „lokale Heizstelle“ oder „Gestank auf dem Marktplatz vorm Haus“ waren. In dem meisten Fällen jedoch vermuteten die Probanden folgende Quellen „Industrie“, „Záluží“, „Kuhstall – Beladung der Gülle“.

Als signifikant können diese Tage angesehen werden: 4.11. – 14.11., 20.11. – 25.11., 18.12.

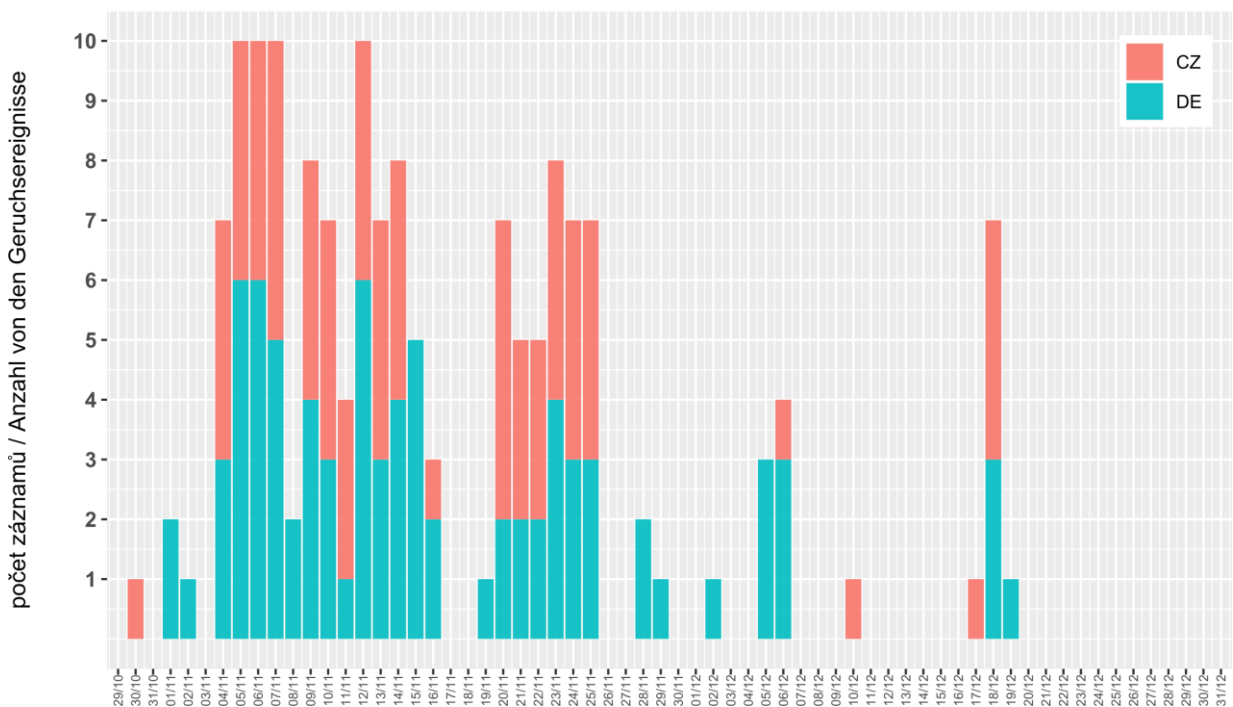


Abb. 80: Anzahl der Meldungen an den Tagen der 3. Wintersaison (aufgeteilt nach der Nationalität).

5.2.2.2 Luftprobenahmen ohne Eintrag in die Meldebögen

In wenigen Fällen haben Probanden Luftproben in die Kanister gefüllt ohne einen kompletten Eintrag in den Meldebogen zu machen. Diese Proben wurden in die Datenbank aufgenommen, jedoch mit dem Vermerk „ohne Eintrag“. Aus der Auswertung wurden sie ausgenommen, sind der Vollständigkeit halber in den Tabellen und Abbildungen enthalten (Tab. 12, Tab. 13 und Abb. 81).

Tab. 12: Luftprobenahmen ohne kompletten Eintrag.

Probenahme Datum	Proband	Ort/Lokalität
8.2.2017	DE10	13,2934E 50,5962N
23.1.2018	DE05	13,4802E 50,6842N
10.3.2018	DE05	13,4802E 50,6842N
13.11.2017	DE12	13,6888E 50,7209N
20.10.2017	DE11	13,4518E 50,6514N
20.10.2017	DE11	13,4518E 50,6514N
12.1.2018	DE12	13,4920E 50,6343N
15.3.2018	DE03	13,3577E 50,6533N
16.11.2018	CZ12	13,6180E 50,6049N

Tab. 13: Zusammenfassung der Geruchsmeldungen in allen Winterperioden.

	I. Winter	II. Winter	III. Winter
Zahl der Meldungen – insgesamt	162	173	156
Zahl der Meldungen – Deutschland	110	91	84
Zahl der Meldungen – Tschechien	52	82	72
Ertrag der Meldungen – Deutschland (Anteil der Tage mit Verfolgung im Verhältnis des Gesamttage (%))	17,80	7,84	22,40
Ertrag der Meldungen – Tschechien (Anteil der Tage mit Verfolgung im Verhältnis des Gesamttage (%))	13,33	6,02	16,86
Anzahl der Luftprobenahmen Kanister – Deutschland (erfolgreich entnommen und analysiert)	11	19	3
Anzahl der Luftprobenahmen Kanister – Tschechien (erfolgreich entnommen und analysiert)	1	9	5

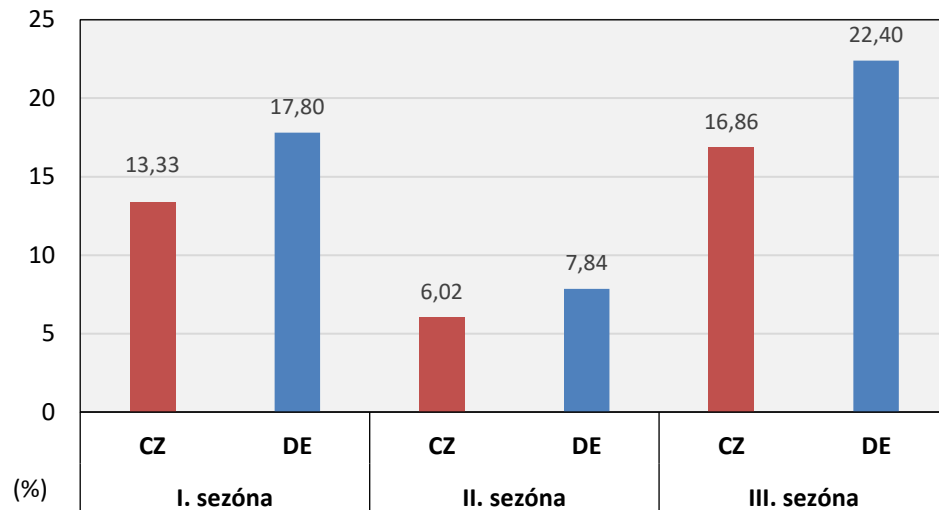


Abb. 81: Anteil der Tage mit Verfolgung im Verhältnis des Gesamttagge (%) (alle Probandengruppen)

5.2.3 Geruchsmeldungen aus Sicht der Probanden

Tab. 14 zeigt, dass die Probanden CZ18 und CZ19 die meisten Geruchsereignisse meldeten. Von den Probanden wurden auch Angaben an Tagen gemacht, an denen ein sehr dichter Nebel auf dem Kamm des Erzgebirges auftrat. Der Grund für die Meldung ohne Geruchsereignis war das Auftreten von gesundheitlichen Problemen, beispielsweise Schwierigkeiten beim Atmen. Diese Probanden meldeten, dass der Nebel keineswegs mit einem Geruch verbunden war. Dagegen gab es auf deutscher Seite zu diesem Zeitpunkt (November 2018) mehrere Meldungen, die einen starken Geruch beschrieben. Die Meldungen zum Nebel ohne Geruch wurden in der Auswertung nicht berücksichtigt. Die verbleibenden tschechischen Meldungen, die mit Geruch einhergingen, stehen in Tab. 14. Die tschechischen Probanden CZ19 und CZ18 haben fast ausschließlich den geruchlosen Nebel gemeldet. Der Proband CZ18 hatte auch ein lokale Quellen angegeben. Die Geruchsursache lag in diesem Fall auf dem Markt unweit der Wohnung. Ebenso gaben andere Probanden (CZ15, CZ16) offensichtlich lokalen Quellen als Ursache an (beispielsweise Nachbarn und Pyrotechnik).

Auf der tschechischen Seite stammten die meisten Meldungen aus Litvinov und Umgebung, auf der deutschen aus Seiffen und Olbernhau. Auf der tschechischen Seite gab es von einigen Probanden keine Geruchsmeldung, obwohl sie angegeben haben, dass sie die Situation fast durchgehend beobachtet haben. Es handelte es sich um Proband CZ06 (Hora Sv. Kateřiny), CZ13 (Frau, Kálek und Umgebung), CZ14 (Mann, Rudolice v Horách). An diesen Orten trat nach Angaben dieser Probanden keine Geruchsbelastung auf (Abb. 82).

Tab. 14: Überblick aller Probanden (inklusive der Luftprobenahmen in die Kanister).

	Aktivität (Periode)	Gesamtanzahl der Meldungen	Anteil der Tage mit Meldung zu Gesamttage der Beobachtungen (%)	Meldelokalität
DE01	1+2+3	25	14,88	Alle Meldungen im Marienberg
DE02	1+2+3	45	20,09	Der überwiegende Anteil der Meldungen aus Seiffen, eine Meldung aus Olbernhau
DE03	1+2+3	69	23,55	Alle Meldungen Olbernhau
DE04	∅	∅	∅	∅
DE05	1+2	10	4,48	Alle Meldungen in Neuhausen
DE06	∅	∅	∅	∅
DE07	1+2+3	38	13,24	Der überwiegende Anteil der Meldungen aus Sayda, eine Meldung aus Seiffen
DE08	1	6	10,17	Alle Meldungen aus Olbernhau
DE09	2	1	0,66	Meldung aus Kühnheide
DE10	2+3	29	15,26	Der überwiegende Anteil der Meldungen aus Rübenau, eine Meldung aus Kühnheide
DE11	1+2+3	48	18,53	Alle Meldungen aus Seiffen
DE12	1+2+3	24	8,03	Verschieden Lokalitäten, meistens aus der Umgebung von Holzhaus oder aus Neuhermsdorf
CZ01	1+2	31	14,69	Litvínov und die umliegende Umgebung
CZ02	1+2	19	12,67	meistens Litvínov, eine Meldung aus Janova, Meziboří und Záluží
CZ03	1+2+3	29	10,39	Meisten Meldungen in Nové Vsi v Horách, eine Meldung aus Záluží und Litvínova
CZ04	1	3	18,75	Litvínov und Umgebung
CZ05	1+2	5	2,14	Záluží (4x), Dlouhá Louka (1x)
CZ06	1	0	0	Hora Sv. Kateřiny
CZ12	2+3	12	5,66	Der überwiegende Anteil der Meldungen in Litvínově, eine Meldung aus Most
CZ13	2	0	0	Kalek und Umgebung

CZ14	2+3	0	0	Rudolice v Horách
CZ15	2+3	23	10,85 (5,19)	Meldungen aus Klíny Der überwiegende Anteil der Meldungen aus Nová Ves v Horách,
CZ16	2+3	40	20,20 (12,12)	Most (2×), Jirkov (1×), Janov (1×)
CZ17	2+3	11	7,38	Alle Meldungen aus Háj u Duchcova
CZ18	3	16	26,67 (10,00)	Alle Meldungen aus Mníšku
CZ19	3	18	35,29 (3,92)	Alle Meldungen aus Hora Sv. Kateřiny

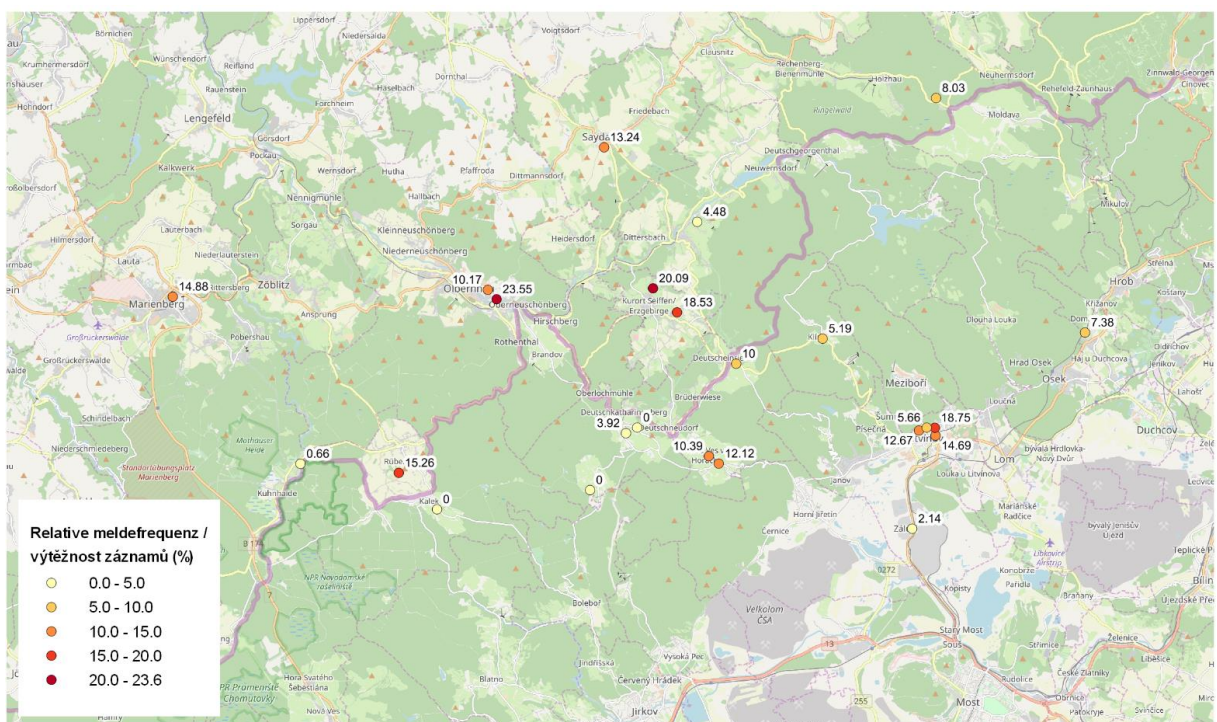


Abb. 82: Karte der räumlichen Verteilung der Meldungen (Kartengrundlage: OpenStreet-Map).

5.2.3.1 Merkmale der Einträge und deren Verteilung

Geschlecht und Alter

Die Gruppe der deutschen und tschechischen Probanden bestand aus acht Männern und 16 Frauen. Es wurden 163 Geruchsmeldungen von Männern und 330 Geruchsmeldungen von Frauen erfasst (Abb. 83). Es stellte sich die Frage, ob die Anzahl der Meldungen mit statistischer Relevanz vom Geschlecht abhängig war. Einen negativen Einfluss auf die Auswertung hat die Tatsache, dass die aktive Teilnahme von Frauen und Männern zeitlich

unterschiedlich war. Deshalb wurde sich auf die relative Meldefrequenz⁹ bezogen auf das Geschlecht des Probanden konzentriert. Der Unterschied in der relativen Meldefrequenz wurde mit einem Zweistichproben-t-Test (100 Permutationen) gerechnet. Durch den Test wurde auf dem Niveau 5 % kein Unterschied zwischen den Mittelwerten bestätigt ($p = 0,1584$). Grundsätzlich kann also festgestellt werden, dass kein geschlechtsrelevanter Unterschied in Bezug auf die Meldung von Geruchereignissen besteht. Ergänzend wurde ein binomischer Test der Übereinstimmung von Häufigkeiten zwischen den Häufigkeiten der Geschlechter im Rahmen der Probandengruppe und im Rahmen der Geruchsmeldungen aus der Bevölkerung (Geruchstelefon) durchgeführt. Die Hypothese der Übereinstimmung von Häufigkeiten ($p = 0,9239$) wurde durch diesen Test auch nicht widerlegt.

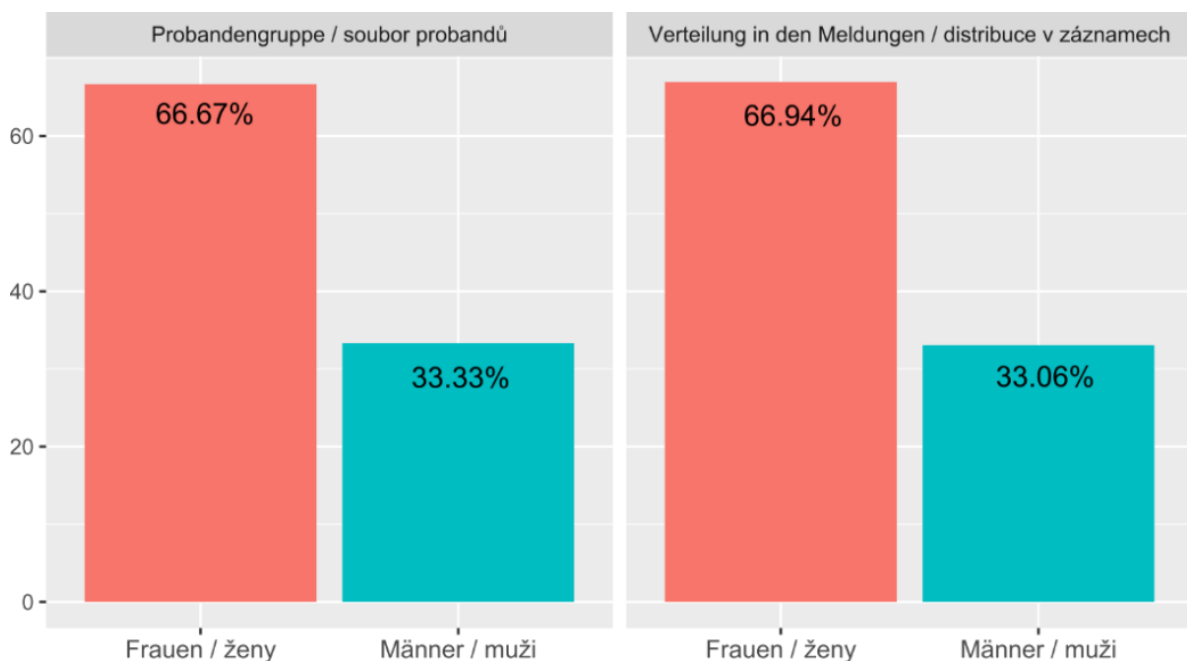


Abb. 83: Verteilung der Geschlechter in der Probandengruppe und in den Geruchsmeldungen.

Im nächsten Schritt wurde die Verteilung der Altersgruppen der Probanden sowie in den Meldungen untersucht. Die Probanden wurden in Altersgruppen je 10 Jahre aufgeteilt (Abb. 84). Es ergab sich folgende Verteilung der Probanden nach Altersgruppen und Meldungen:

- 20-29 Jahre: 2 Probanden, 21 Meldungen
- 30-39 Jahre: 3 Probanden, 64 Meldungen

⁹ Meldefrequenz wurde erfragt durch: Bitte sagen Sie mir wieder ob es täglich, min. einmal wöchentlich, min. einmal monatlich oder seltener riecht

- 40-49 Jahre: 6 Probanden, 111 Meldungen
- 50-59 Jahre: 5 Probanden, 66 Meldungen
- 60-69 Jahre: 6 Probanden, 178 Meldungen
- 70-79 Jahre: 2 Probanden, 53 Meldungen

Die gesamte Dauer der aktiven Teilnahme war bei den einzelnen Altersgruppen unterschiedlich. Aus diesem Grund wurde zuerst die relative Meldefrequenz in Abhängigkeit vom Alter der Probanden untersucht. Aufgrund der geringen in jeder Altersgruppe sind keine Unabhängigkeitstests sinnvoll. Die hohe durchschnittliche relative Meldehäufigkeit für die Altersgruppe 20-29 Jahre ist durch die bereits erwähnte große Anzahl von Meldungen über dichten Nebel im November 2018 bedingt. Diese Situation ist daher gewissermaßen verzerrt. Dennoch wurde ebenfalls untersucht, ob die Häufigkeiten an Meldungen aus der Bevölkerung (Geruchstelefon) in den Altersgruppen statistisch den Häufigkeiten an Meldungen durch die Probanden entsprachen. Dazu wurde der Anpassungstest verwendet (Abb. 84).

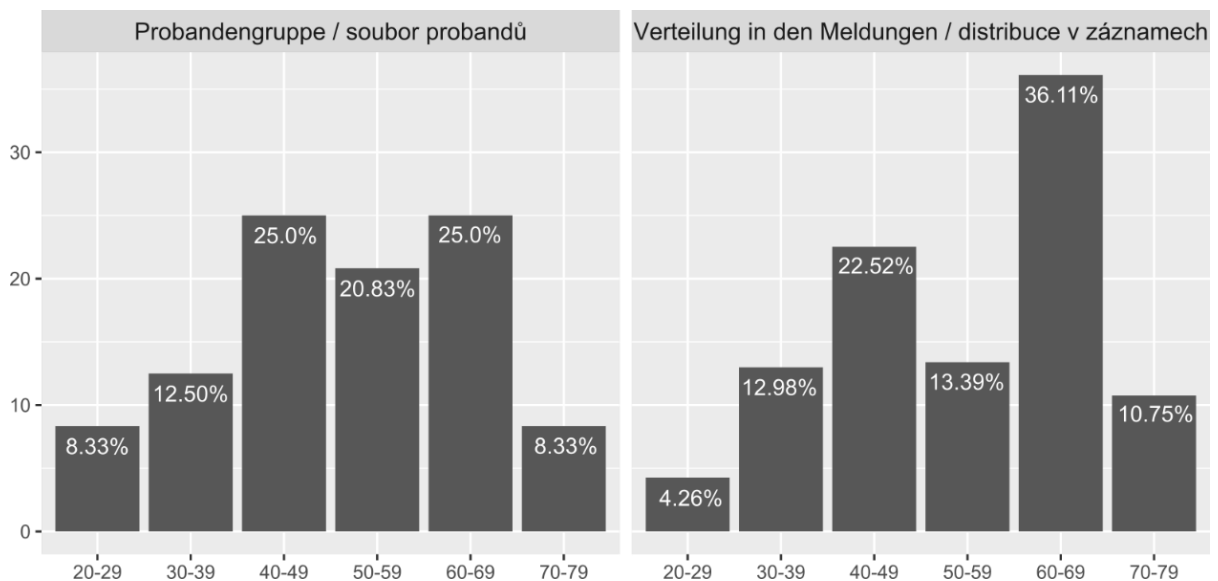


Abb. 84: Verteilung der Altersgruppen in der Probandengruppe und in den Geruchsmeldungen.

Der Anpassungstest ergab, dass die Anzahl der Geruchsmeldungen anscheinend vom Alter des Probanden abhängigen ($p < 0,001$). Die meisten Meldungen kamen von Probanden der Altersgruppe 60- 69 Jahre. Auch in diesem Fall ist die Tatsache zu berücksichtigen, dass jede Altersgruppe unterschiedlich lang aktiv am Probandenprogramm teilnahm (Abb. 85).

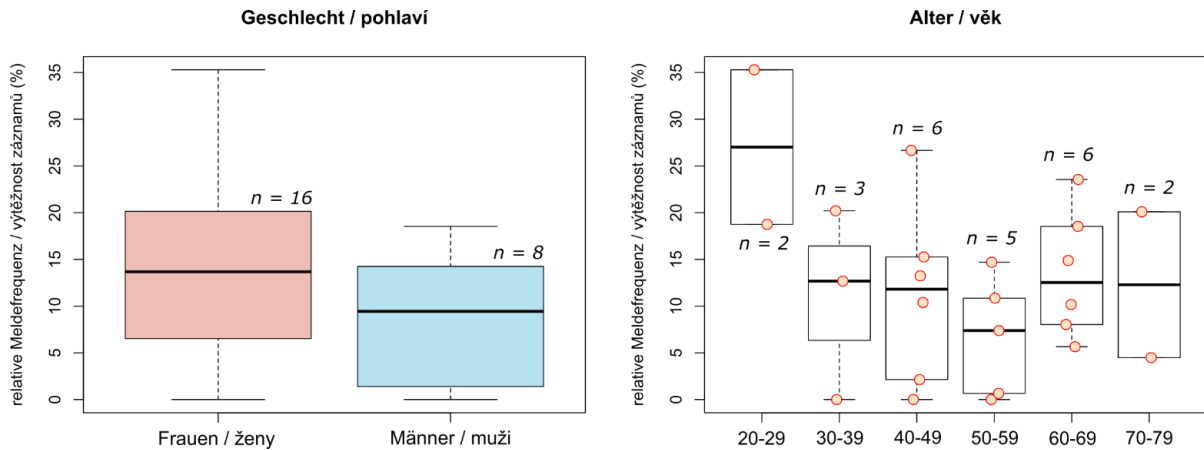


Abb. 85: Relative Meldefrequenz in Abhängigkeit vom Geschlecht und Altersgruppen der Probanden.

Nationalität

Es wurden Unterschiede zwischen den Nationalitäten – der tschechischen und der deutschen Bürger – untersucht (Abb. 86). Untersucht wurde, ob die deutschen oder tschechischen Probanden statistisch mehr Meldungen in den Meldebogen eingetragen haben. Es wurde sowohl der Unterschied in der relativen Meldefrequenz, als auch die Übereinstimmung der Meldehäufigkeit deutscher bzw. tschechischer Probanden und den Meldungen durch die Bevölkerung untersucht. Für den Test der Differenz zwischen Mittelwerten der relativen Meldehäufigkeit wurde ebenfalls der Zweistichproben-t-Test (Anzahl Permutationen = 100) eingesetzt. Durch diesen Test wurde die Hypothese der Gleichheit der Mittelwerte nicht widerlegt ($p = 0,7129$). Mit hoher Wahrscheinlichkeit besteht also kein Unterschied zwischen beiden Nationalitäten bezogen auf die relative Meldefrequenz. Ergänzend wurde ein binomischer Test der Übereinstimmung der Häufigkeiten in der Verteilung der Probanden nach den Nationalitäten und den Einträgen in den Meldebogen durchgeführt. Durch den Test wurde die Nullhypothese abgelehnt ($p < 0,001$). Dieses Ergebnis könnte andeuten, dass die deutschen Einwohner grundsätzlich mehr dazu tendieren, Gerüche aufzuzeichnen. Eine solche Aussage ist jedoch durch die unterschiedliche Dauer der aktiven Teilnahme der deutschen und tschechischen Probanden negativ beeinflusst.

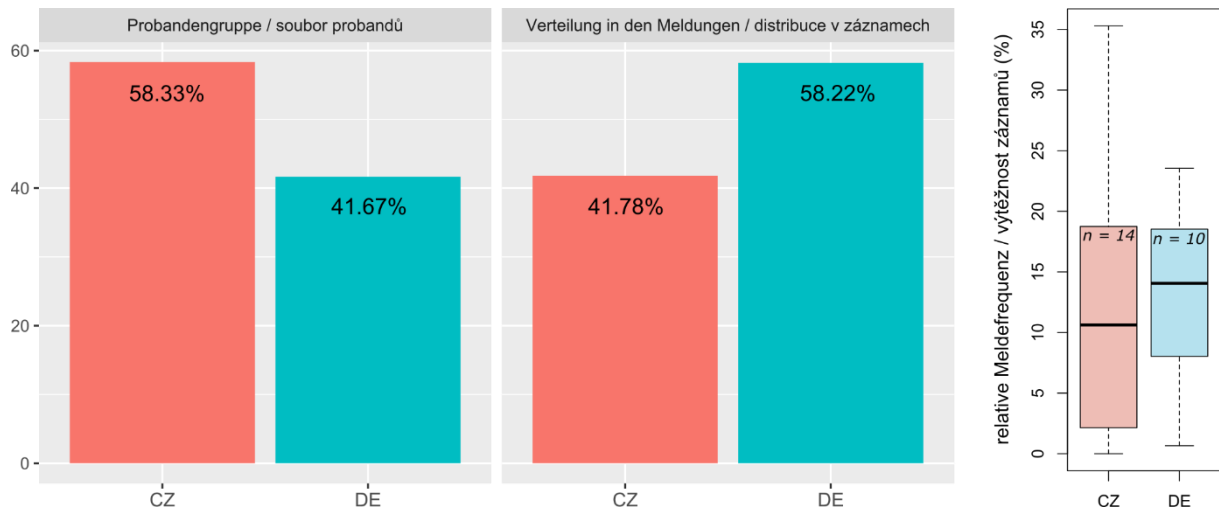


Abb. 86: Verteilung der Nationalitäten im Rahmen der Probandengruppe und zwischen den Geruchsmeldungen (links), relative Meldehäufigkeit bei tschechischen und deutschen Probanden (%) (rechts).

5.2.3.2 Verteilung der Geruchsmerkmale – allgemein

Es ist vorab darauf hinzuweisen, dass die nachstehend dargestellten Geruchsmerkmale bei Menschen als Lebewesen nicht „standardisiert“ oder vereinheitlicht sind. In Wirklichkeit kann sich jeder unter einer Geruchsbezeichnung eine andere Wahrnehmung vorstellen. Es herrscht dennoch eine gewisse Einigkeit in den Begrifflichkeiten, die zur Bezeichnung von Geruchsbeschaffenheit verwendet werden.

Die Probanden hatten mehrere vorgegebene Geruchsmerkmale zur Wahl. Bei jeder Meldung konnten sie sich für einen oder mehrere Merkmale gleichzeitig entscheiden (Mehrfachantworten sind möglich). Wollten sie den Geruch mit eigenen Worten beschreiben, so hatten sie die Möglichkeit „andere Herkunft“ anzukreuzen. Auch für den Fall, dass der Proband weder eine geeignete Beschreibung für den Geruch fand, noch eine vorgegebene Antwortmöglichkeit zutreffend war, gab es die Variante „unbestimmte Herkunft“ (Abb. 87, Abb. 88).

Am häufigsten war die Antwortmöglichkeit „andere Herkunft“ vertreten (fast 30 %), gefolgt von „Benzin, Mineralöl“ (fast 25 %). Am wenigsten vertreten waren dagegen die Optionen „verbrannte Kunststoffe“ (6,5 %) und „Jauche, Mist, Tierstall“ (8,74 %) (Abb. 88).

Bei der eigenen Beschreibung des Geruchs („andere Herkunft“) wurde Folgendes gemeldet: verbrannter Gummi, Butanol (bei Entfernung alter Fensterfarbe), Kanäle oder Gestank vom Siphon, Reifenverbrennung, Verbrennung von Bauabfall, Verbrennung von Bauabfall (beißender Geruch), verbranntes Fleisch, beißender Geruch, Schwefel, Rauch aus dem Auspuff (Verbrennung von Diesel), Lösungsmittel, Schießpulver (Feuerwerk),

Schwefelgestank, süßlicher chemischer Gestank, beißender Geruch, Fenol, Fäule, Ruß - Rauchgas, Ruß (Rauchgas – süßlich), Ruß (Rauchgas – chemisch), chemischer Gestank, ätzend (Ätzmittel), Gülle, Gummi (Phenol), Ölgestank, Kuhstall.

Interessant ist auch der Anteil der einzelnen Antwortmöglichkeiten an allen vorgegebenen Antwortmöglichkeiten gesamt. Am häufigsten wählten die Probanden die Antwortmöglichkeit „andere Herkunft“ (ungefähr 18 %), gefolgt von „Benzin, Mineralöl“ (ungefähr 15 %). Am wenigsten vertreten war die Antwort „verbrannter Kunststoff“ (4 %) (Abb. 87).

Überraschend war, dass die Antwortmöglichkeit „Katzendreck“ nur in zirka 9 % der Meldungen vorkam. Die Probanden wählten diese nur in 5,6 % aus anderen Antwortmöglichkeiten. Dies steht mit der Tatsache in Widerspruch, dass der „Katzendreck“ als Geruch häufig in offiziellen Beschwerden der Bewohner vorkommt (Abb. 87, Abb. 88).

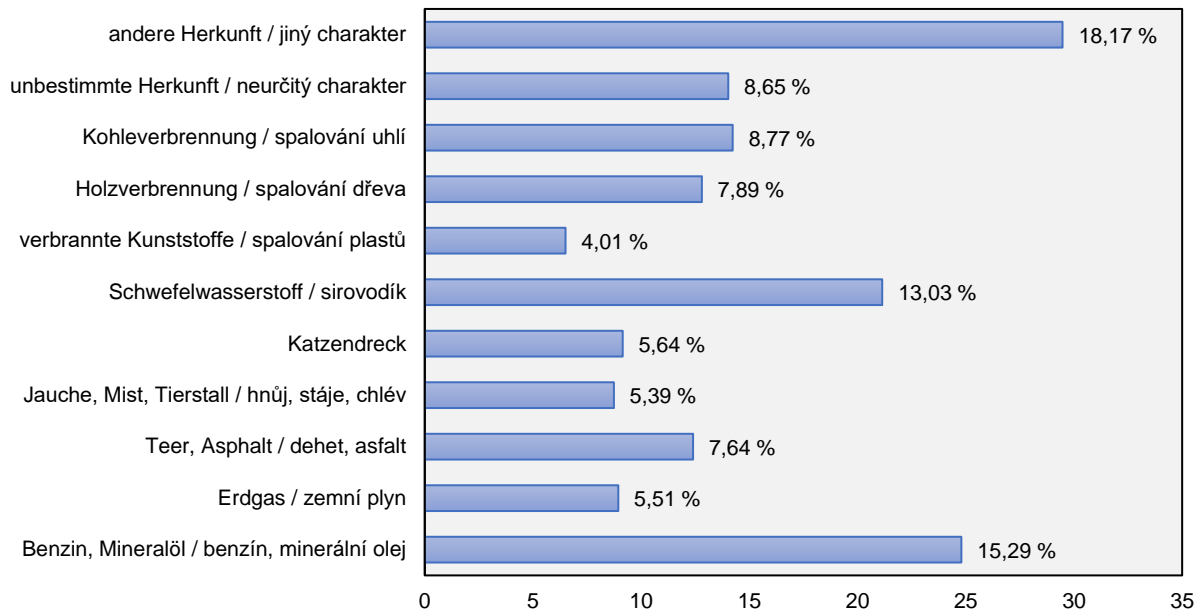


Abb. 87: Anteile der einzelnen Geruchsmerkmale in den Meldungen (%).

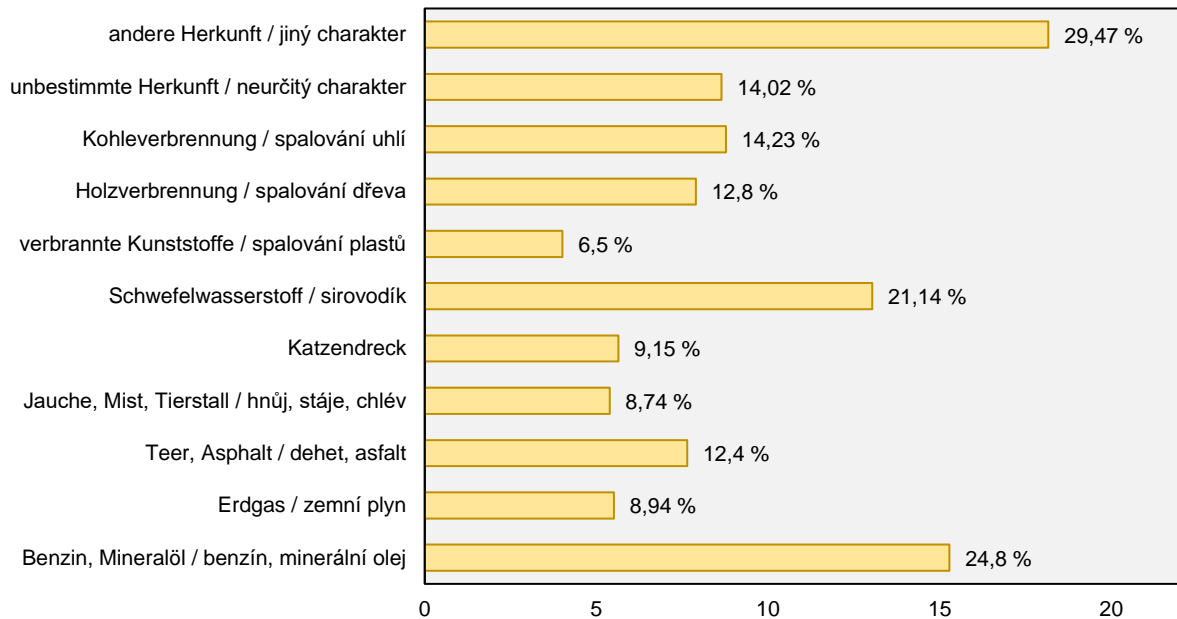


Abb. 88: Anteile der einzelnen Geruchsmerkmale unter allen angebotenen Merkmalen gesamt (%).

5.2.3.3 Verteilung der Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Geschlecht des Probanden

Im nächsten Schritt wurde untersucht, ob das Geschlecht des Probanden mit den genannten Geruchsmerkmalen zusammenhängt (Abb. 89). Die Grundlage dafür war die Gesamtanzahl der einzelnen gemeldeten Geruchsmerkmale (welcher Geruch wahrgenommen wurde). Als Bezugswert wurde die Gesamtanzahl der gemeldeten Geruchsmerkmale (nicht die Gesamtanzahl der Meldungen) verwendet. Es kann die Frage beantwortet werden, ob das Geschlecht die Qualität der Geruchswahrnehmung (welcher Geruch wahrgenommen wurde/Geruchsmerkmal) beeinflussen kann. Dafür wurde ein Unabhängigkeitstest durchgeführt. Durch diesen Test wurde die Null-Hypothese über die Unabhängigkeit abgelehnt ($p < 0,001$). Damit kann der Einfluss des Geschlechts auf die Qualität der Geruchswahrnehmung nicht ausgeschlossen werden. Dies kann jedoch durch die ungleichmäßige Verteilung der Geschlechter verzerrt werden. Deshalb wurde für jedes Geruchsmerkmal ein binomischer Test zur Überprüfung der Übereinstimmung der Häufigkeiten in der Verteilung von Frauen und Männern in der Probandengruppe durchgeführt. Durch den Test wurde die Nullhypothese über die Übereinstimmung der Häufigkeiten für folgende Merkmale abgelehnt ($p < 0,001$): Erdöl, Jauche, Mist, Tierstall, Schwefelwasserstoff, Holzverbrennung, unbestimmte Herkunft; ($p < 0,01$): Teer, Asphalt; ($p < 0,05$): Ben-

zin, Mineralöl. Es zeigt sich daher, dass Männer insbesondere Schwefelwasserstoff, landwirtschaftliche Gerüche (Jauche, Mist, Tierstall), Teer, Asphalt und eine unbestimmte Herkunft des Geruchs melden, Frauen dagegen Holzverbrennung und Erdöl. Bei Merkmalen wie Benzin oder Mineralöl, Katzendreck, verbrannte Kunststoffe oder Kohleverbrennung und andere Herkunft wurde kein markanter Einfluss des Geschlechts festgestellt.

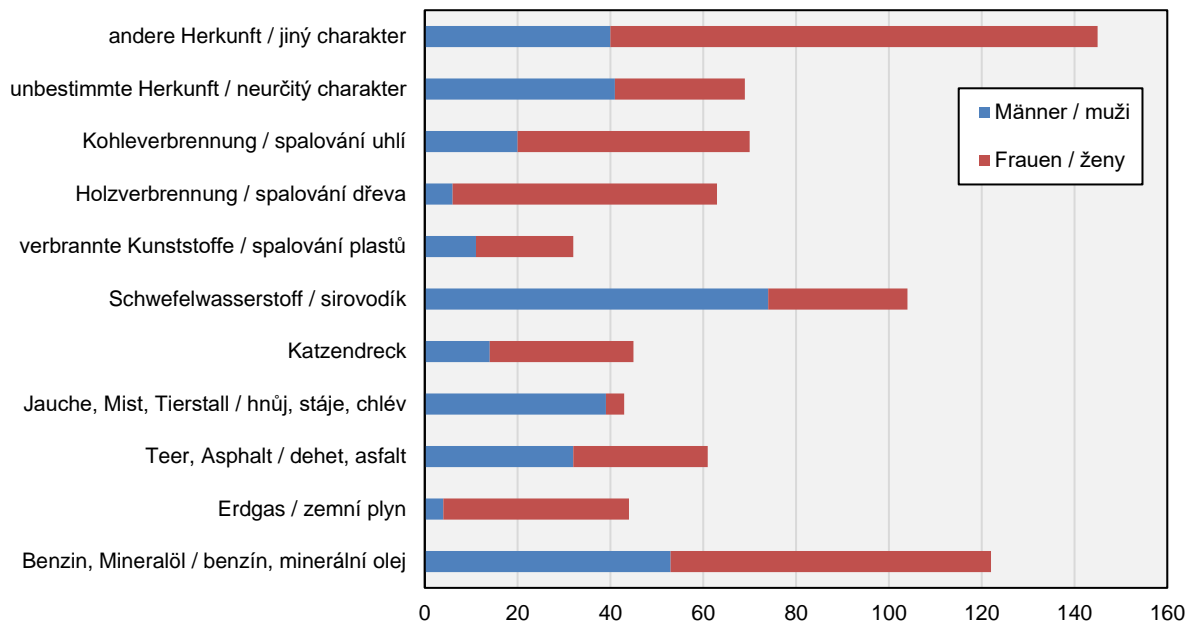


Abb. 89: Absolute Zahlen der einzelnen Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Geschlecht des Probanden.

5.2.3.4 Verteilung der Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Alter des Probanden

Anschließend wurde der Zusammenhang zwischen dem Alter der Probanden und den Geruchsmerkmalen untersucht (Abb. 90). Wie beim Geschlecht wurde die Null-Hypothese auf Unabhängigkeit der Altersgruppen überprüft. Um die Voraussetzungen für die Durchführbarkeit des Unabhängigkeitstests zu erfüllen, musste die Altersgruppe 20 - 29 Jahre ausgeschlossen werden, da diese zu geringe theoretische (erwartete) Häufigkeiten aufgewiesen hat. Durch den Test wurde die Unabhängigkeit der Testniveaus abgelehnt ($p < 0,001$), d.h. der Einfluss des Alters auf die Qualität der Geruchswahrnehmung grundsätzlich kann nicht ausgeschlossen werden. Es ist möglich, dass diese Aussage erneut durch die unterschiedliche Verteilung der Probanden in den Altersgruppen verzerrt ist. Für jedes Geruchsmerkmal wurde entsprechend ein Anpassungstest für die Häufigkeit und Altersstruktur in der Probandengruppe durchgeführt. Durch den Test wurde die Nullhypothese über die Übereinstimmung der Häufigkeiten für folgende Merkmale abgelehnt ($p < 0,001$):

Benzin, Mineralöl, Erdöl, Teer, Asphalt, Jauche, Mist, Tierstall, Holzverbrennung, Kohleverbrennung, unbestimmte Herkunft, andere Herkunft; ($p < 0,01$): Schwefelwasserstoff; ($p < 0,05$): Katzendreck. Das bedeutet, dass bei Merkmalen wie verbrannte Kunststoffe oder Katzendreck der Einfluss von Alter allgemein nicht angenommen werden kann. Bei allen anderen kann dieser Einfluss angenommen werden.

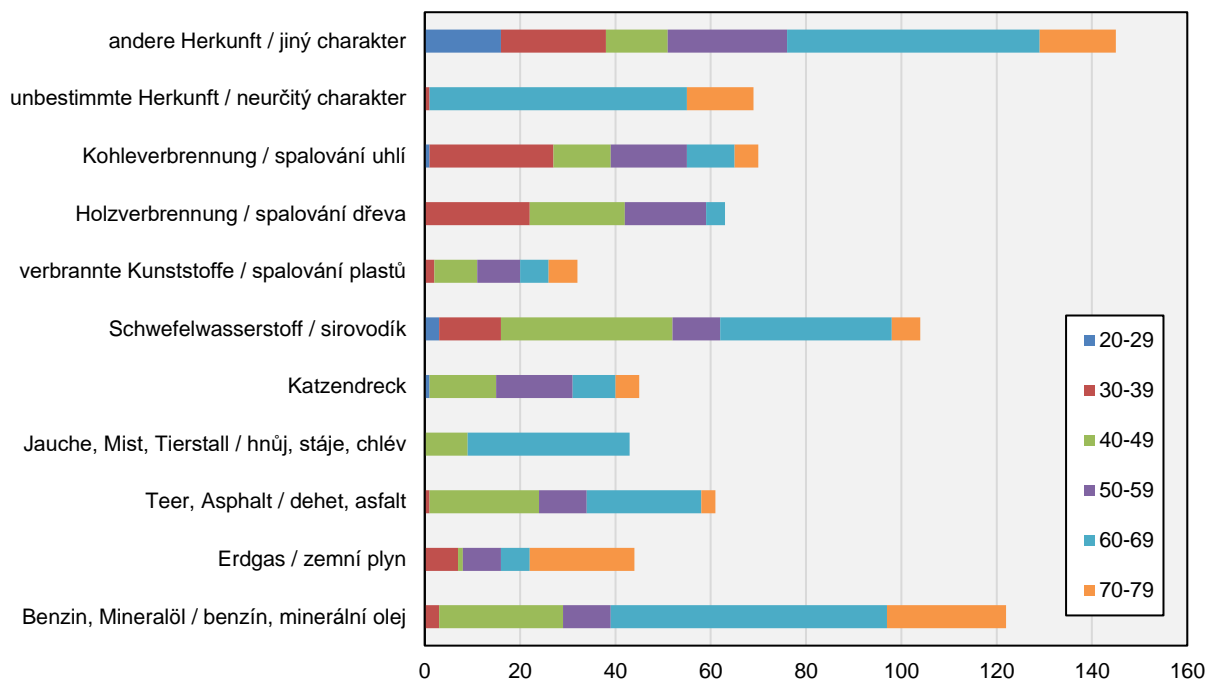


Abb. 90: Absolute Zahlen der einzelnen Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Alter des Probanden.

Zur besseren Orientierung in den Zusammenhängen einzelner Testniveaus wurde ein Ordinationsdiagramm als Ergebnis der sog. Korrespondenzanalyse (CA) erstellt (Abb. 91). Mit dieser Methode können Beziehungen der Variablen analysiert werden. Sie gehört in die Gruppe sog. Ordinationsverfahren, die die Dimension der Daten unter Beibehaltung der maximalen Anzahl der darin enthaltenen Informationen reduzieren. Das anhand einer Korrespondenzanalyse erstellte Ordinationsdiagramm zeigt, dass der Benzingeruch sowie die Option „unbestimmte Herkunft“ insbesondere von Probanden der Altersgruppe 60-69 gewählt wurden. Dagegen rochen die Probanden der Altersgruppe 30-39 Jahre eher Geruch aus lokalen Heizquellen (Kohle- oder Holzverbrennung). Personen der Altersgruppe 40 – 49 Jahre meldeten insbesondere Schwefelwasserstoff, Teer und Asphalt. Der Geruch nach Erdöl wurde vorwiegend von Personen im Alter 70-79 Jahre genannt. Die

Merkmale andere Herkunft, verbrannter Kunststoff oder Katzendreck sind mit höherer Wahrscheinlichkeit mit keinem konkreten Alter verbunden.

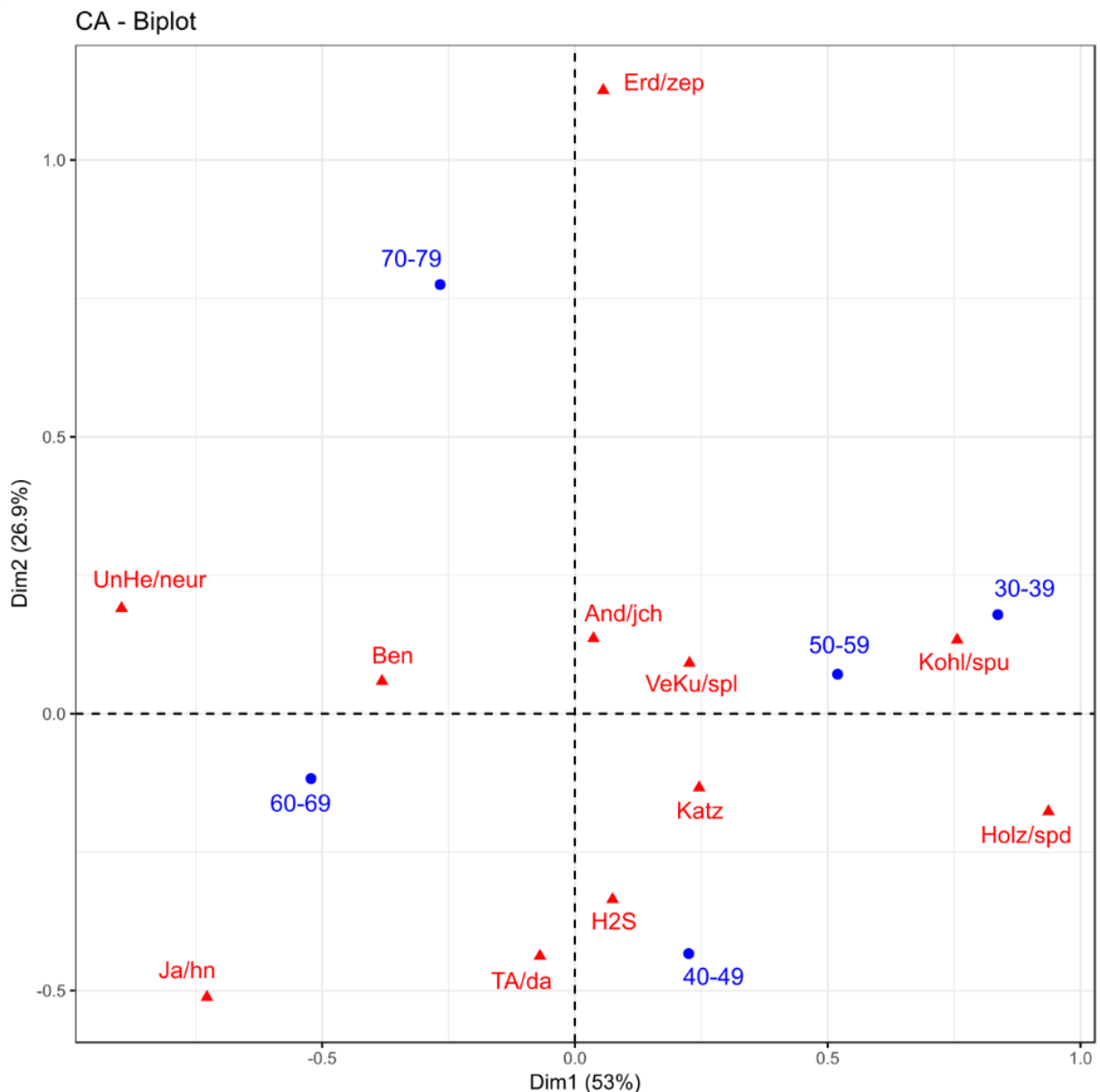


Abb. 91: Das Ordinationsdiagramm stellt den Zusammenhang der Geruchsmerkmale und der Altersgruppen der Probanden dar

Bei den Ordinationsachsen steht jeweils der Prozentwert der Variabilität der Daten, die sie beschreiben (And/jch - andere Herkunft / jiný charakter; UnHe/neur - unbestimmte Herkunft / neurčitý charakter; Kohl/spu - Kohleverbrennung / spalování uhlí; Holz/spd - Holzverbrennung / spalování dřeva VeKu/spl - verbrannte Kunststoffe / spalování plastů; H2S - Schwefelwasserstoff / sirovodík; Katz - Katzendreck; Ja/hn - Jauche, Mist, Tierstall / hnůj, stáje, chlív; TA/da - Teer, Asphalt / dehet, asfalt; Erd/zep - Erdgas / zemní plyn; Ben - Benzin, Mineralöl / benzín, minerální olej).

Es ist jedoch möglich, dass die festgestellte Altersabhängigkeit nur eine Folge der ungleichmäßigen Verteilung des Alters der Probanden im untersuchten Gebiet ist. Mit anderen Worten: Ist das gemeldete Geruchsmerkmal von der geographischen Lage abhängig oder unabhängig vom Alter der Probanden? Die geographische Verteilung der Meldungen nach Alter des Probanden zeigt Abb. 92. Es hat sich herausgestellt, dass die Altersgruppen in der Fläche nicht gleich verteilt sind. Der Einfluss der geographischen Verteilung kann demnach nicht vollständig ausgeschlossen werden. Es ist möglich, dass das Alter der Probanden nur eine irreführende Variable ist (sog. Confounder).

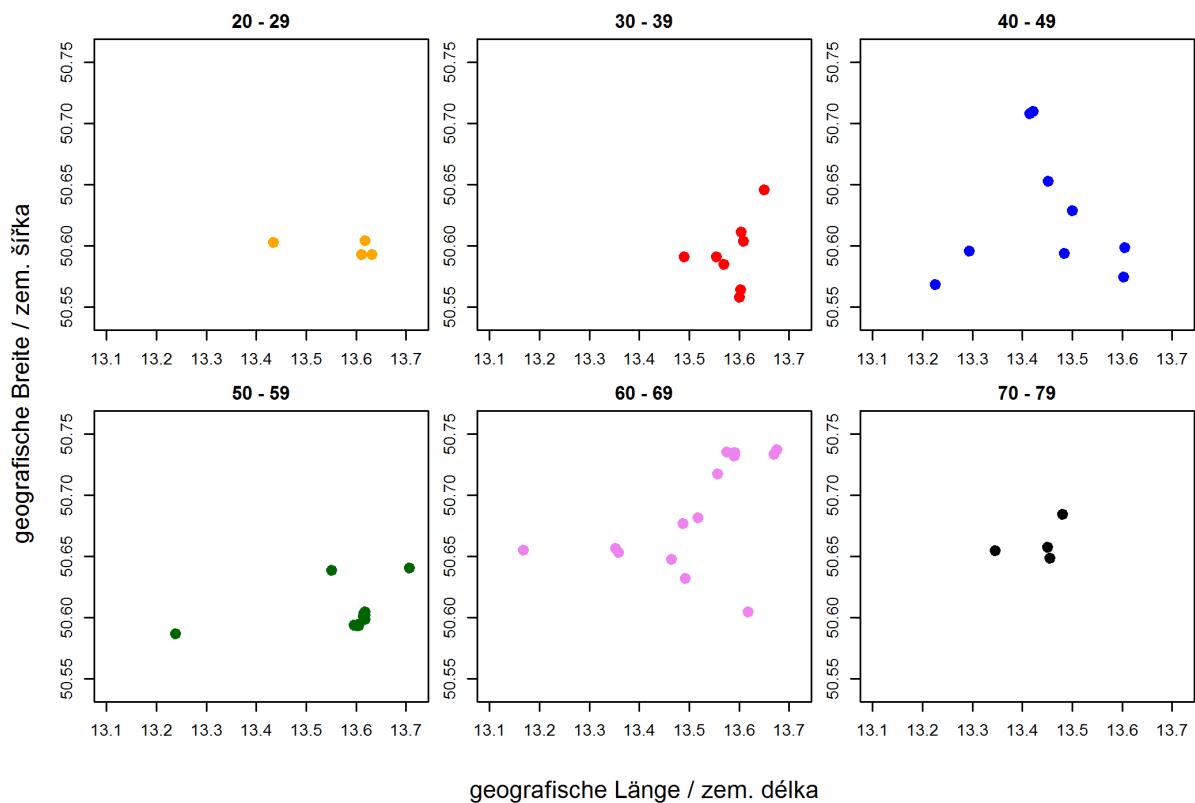


Abb. 92: Geographische Verteilung der Meldungen in Abhängigkeit von der Altersgruppe des Probanden.

5.2.3.5 Zeitliche Verteilung der Geruchsmerkmale

Datengrundlage für die zeitliche Verteilung der Geruchsmerkmale war die Anzahl der gemeldeten Geruchsereignisse während eines Monats im Jahr (im Rahmen der drei Beobachtungszeiträume).

Aus Abb. 93, die die prozentuale Verteilung der einzelnen Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Monat und Jahr der Beobachtung darstellt, ergibt sich kein eindeutiges Abhängigkeitsmodell. Sichtbar und überraschend war der verhältnismäßig hohe Anteil des Merkmals „andere Herkunft“ im November 2018. Dies hängt mit den tschechischen Meldungen über intensiven Nebel zusammen, bei denen jedoch kein oder nur ein sehr schwacher Geruch wahrgenommen wurde. Auch wurde ein relativ hoher Anteil der Holz- und Kohleverbrennung im März 2018 festgestellt. Diese Merkmale deuten auf lokale Geruchsquellen in unmittelbarer Umgebung, d.h. lokale Heizquellen hin. Das Merkmal „Katzenreck“ war am meisten im November 2017 und Februar 2018 vertreten.

Ein belastbarer Test auf Unabhängigkeit zwischen den Testniveaus konnte nicht durchgeführt werden, da die Voraussetzungen für die Durchführbarkeit nicht erfüllt waren. Die Ergebnisse der theoretischen Häufigkeit waren in vielen Fällen zu niedrig. Unter diesen Voraussetzungen wäre das Ergebnis des Tests irreführend.

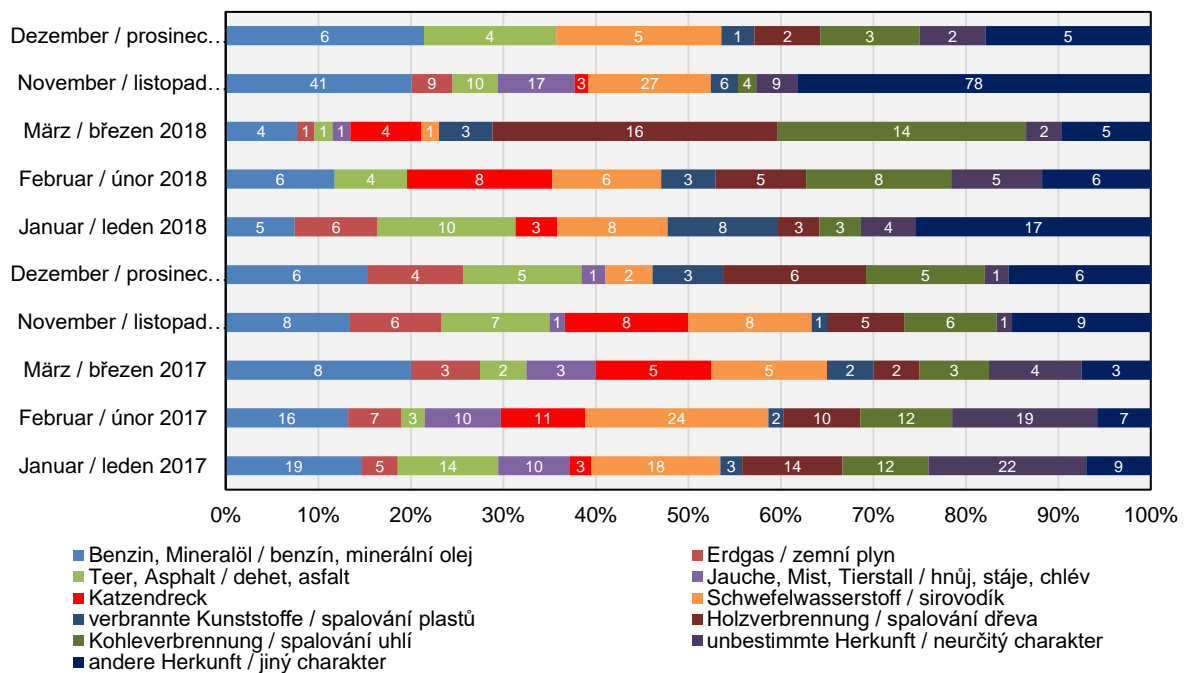


Abb. 93: Prozentuale Vertretung einzelner Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Monat und Jahr der Beobachtung (Die Zahlen im Diagramm sind die absoluten Zahlen).

Wie im vorherigen Fall könnte auch hier die geographische Verteilung der Gerüche in Abhängigkeit zur Zeit eine Rolle gespielt haben. Anhand der Punktediagramme der Meldungen nach Monat der Beobachtung ist eher anzunehmen, dass das Gebiet von den Probanden ungefähr gleich abgedeckt wurde (Abb. 94). Es gibt also keine Fläche, in welcher

sich in einem Monat die überwiegende Anzahl an Meldungen kumulieren oder umgekehrt ganz fehlen. Abb. 94 veranschaulicht, wie sich das räumliche Muster der Meldungen infolge geänderter Zusammensetzung des Probandenkollektives auf tschechischer sowie deutscher Seiten saisonabhängig änderte.

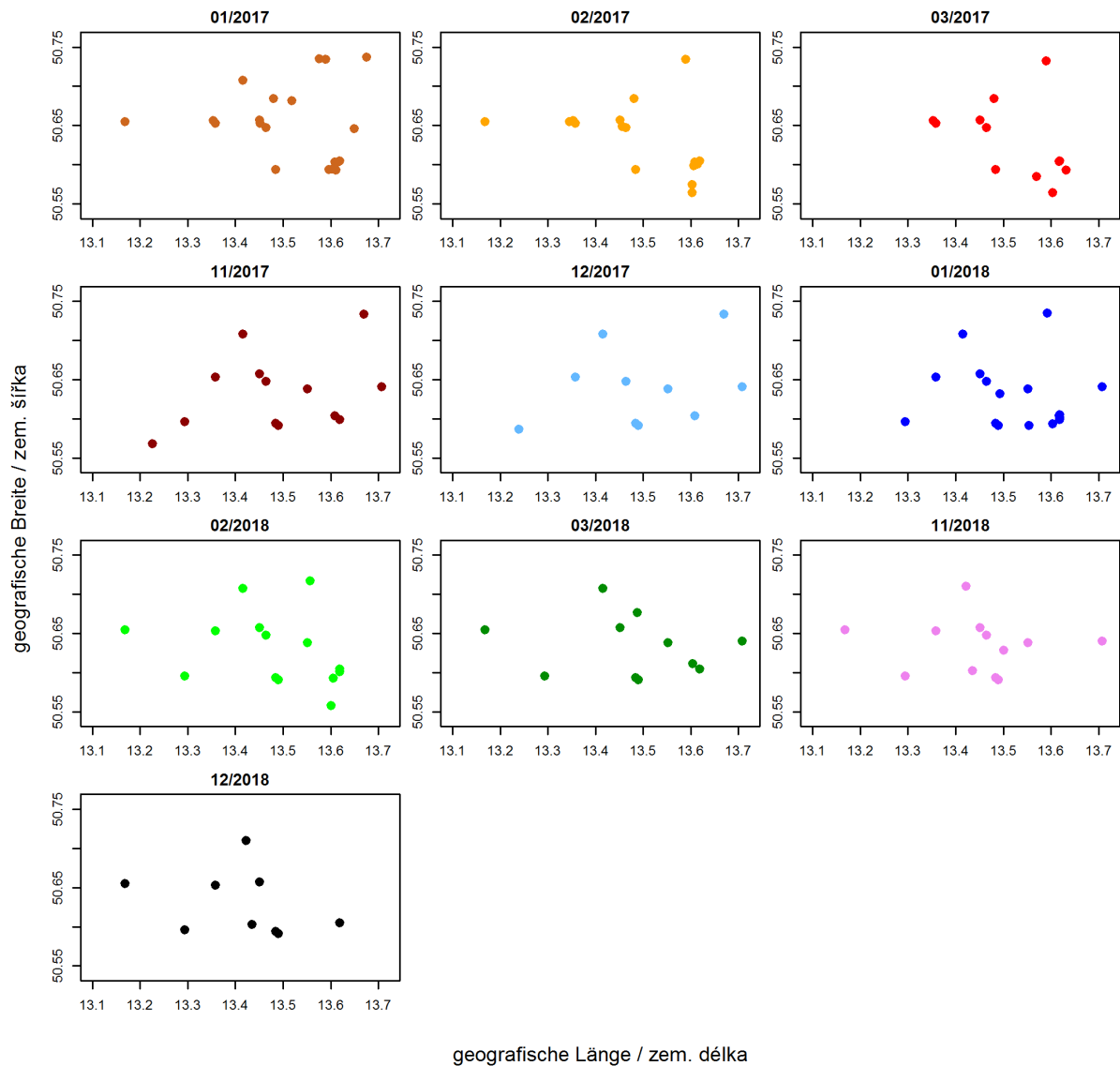


Abb. 94: Geographische Verteilung der einzelnen Meldungen in Abhängigkeit vom Zeitraum der Beobachtung.

5.2.3.6 Geographische Verteilung der Geruchsmerkmale

Zur Übersicht über die geographische Verteilung der gemeldeten Geruchsmerkmale während aller drei Winterperioden wurde Punktdiagramme erstellt (Abb. 95). Dargestellt ist

auch der geographische Durchschnitt der Geruchsmerkmale (Durchschnitt der geographischen Länge und Breite aller Meldungen im Rahmen eines Merkmals).

Kein Merkmal weist eine ausgesprochene lokale Kumulierung aus. Dennoch tendiert die Verbrennung von Kunststoffen und Kohle dazu, sich im westlichen Sektor zu kumulieren (also auf der tschechischen Seite). Dem entsprechen auch die geographischen Durchschnitte, die sich für die Merkmale verbrannte Kunststoffe, Holz- und Kohleverbrennung auf der tschechischen Seite kumulieren.

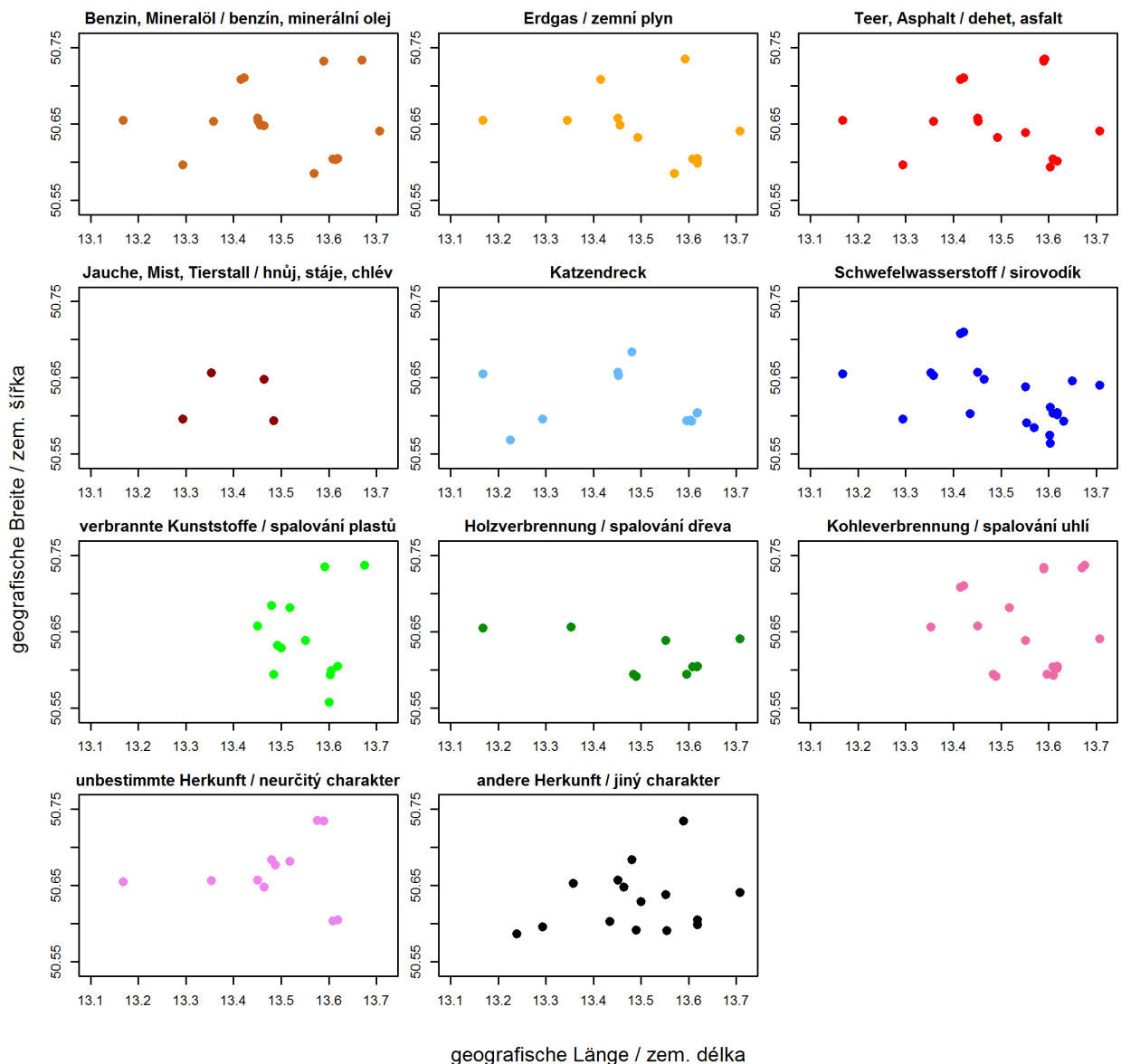


Abb. 95: Geographische Verteilung einzelner Geruchsmerkmale.

Aufgrund der bisherigen Ergebnissen stellt sich die Frage, ob die Variabilität in den Geruchsmerkmalen mehr durch das Alter des Probanden oder den Standort beeinflusst ist, also ob eine lokale Geruchsquelle in Betracht gezogen werden soll. Den Diagrammen in der Abb. 92 ist zu entnehmen, dass die Altersgruppen 30-39 Jahre und 50-59 Jahre nur auf der tschechischen Seite vorkommen. Diese Gruppen (insbesondere 30-39 Jahre) sind gemäß Abb. 96 insbesondere mit dem Geruch der Kohle- und Holzverbrennung assoziiert. Eine globalere Betrachtung dieser Tatsache ermöglicht die multikriterielle Entscheidungsanalyse (MCA), die die Zusammenhänge zwischen den Kategorien Geruch, Alter und geographischer Standort übersichtlicher darstellt. Für dieser Analyse wurde das Gebiet in sechs Teilflächen oder Sektoren unterteilt (Abb. 97).

Die Analyse ergab eindeutig, dass sich die Merkmale Kohle- und Holzverbrennung dem Unabhängigkeitsmodell am meisten entziehen, d.h. dass sie in den Meldungen nur gemeinsam und zugleich mit keinen anderen Merkmalen vorkommen. Aus dem Ordinationsdiagramm ergibt sich ebenfalls, dass diese Merkmale mit der Altersgruppe 30 - 39 Jahre und Sektoren B2 und B3 verbunden sind, insbesondere auf der tschechische Seite. Anscheinend haben Alter und geografische Lage einen ähnlichen Einfluss auf das Vorkommen der Geruchsmerkmale Kohle- und Holzverbrennung. Der Standort aller drei Kategorien (Geruchsmerkmal, Alter, geografische Lage) kann anhand eines V-Tests als signifikant betrachtet werden. Im Hinblick auf den Koeffizienten der Darstellung auf den Ordinationsachsen scheint die Assoziation mit der Altersgruppe etwas größer zu sein (Abb. 98).

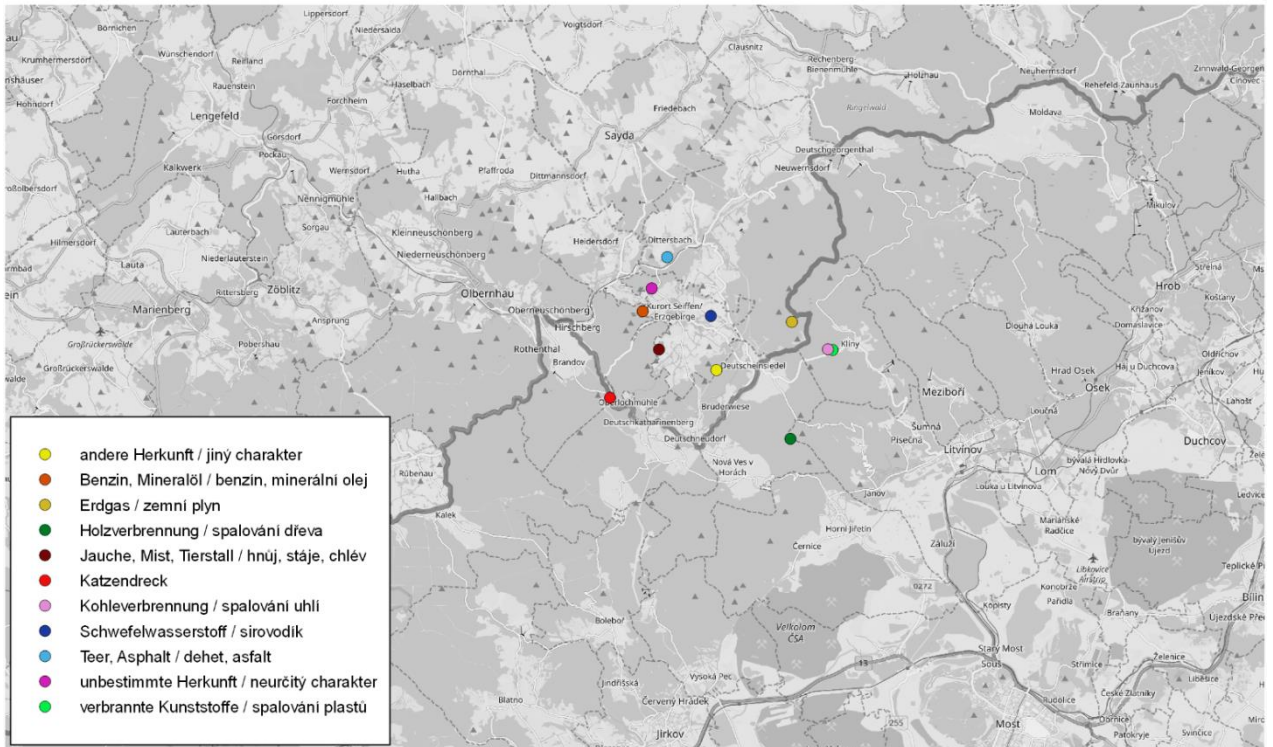


Abb. 96: Geographische Durchschnitte einzelner Geruchsmerkmale (Kartenquelle: OpenStreetMap).

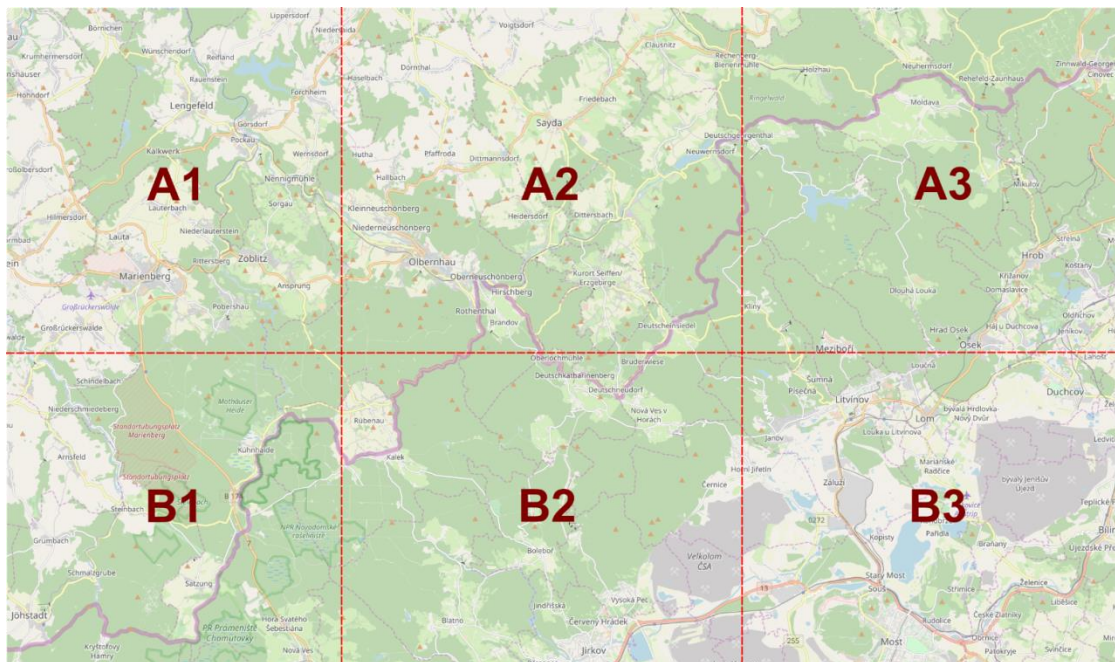


Abb. 97: Aufteilung des Projektgebiets in 6 Sektoren (Kartenquelle: OpenStreetMap).

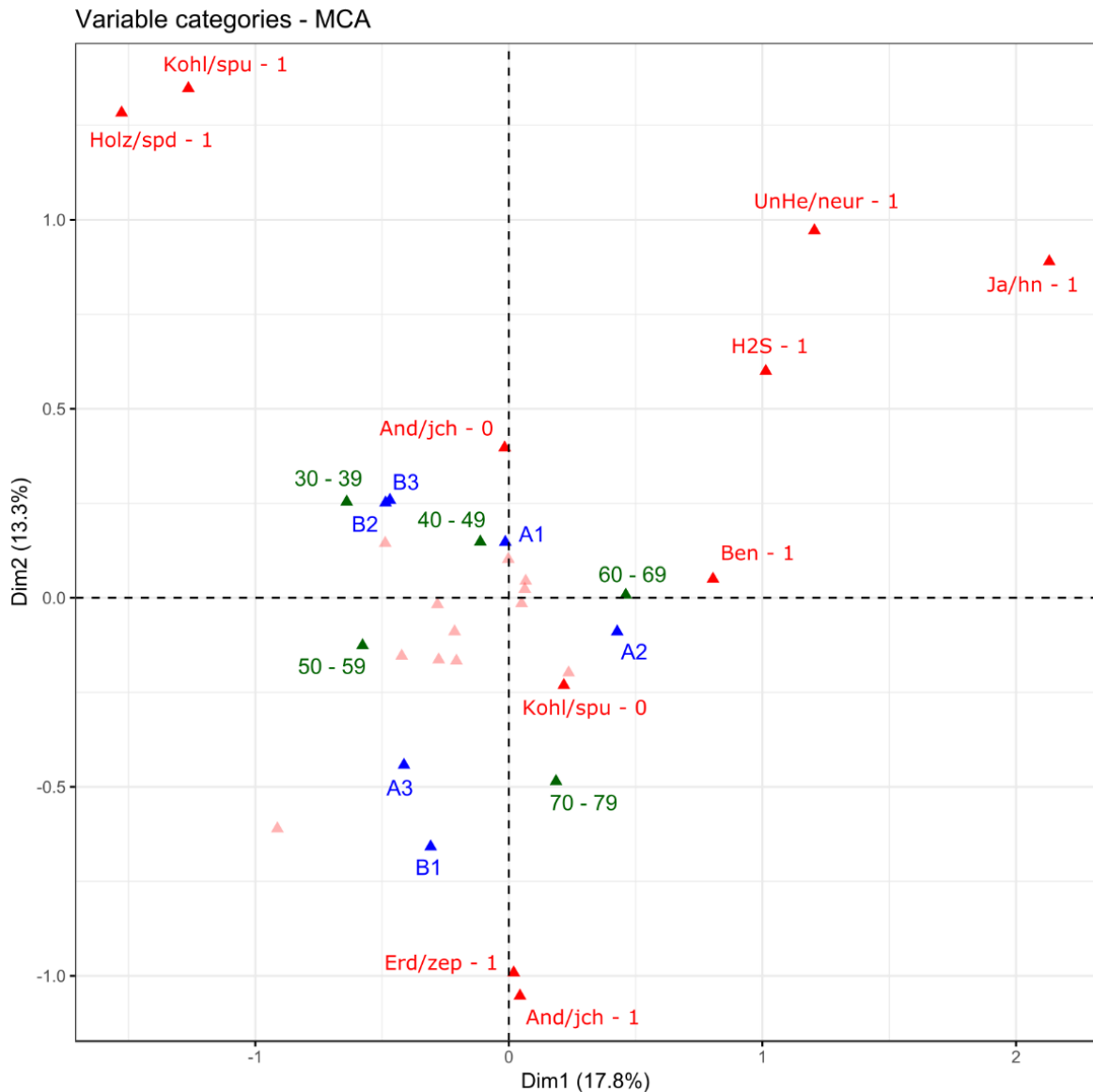


Abb. 98: Ordinationsdiagramm (MCA-Analyse) stellt den Zusammenhang zwischen den Geruchsmerkmalen untereinander, mit den Altersgruppen der Probanden sowie mit der geographischen Lage (Sektoren);

1 – das Merkmal kommt in der Meldung vor, 0 – das Merkmal kommt in der Meldung nicht vor, bei den Ordinationsachsen sieht jeweils das Prozent der Variabilität der Daten, die diese Achsen beschreiben, (And/jch - andere Herkunft / jiný charakter; UnHe/neur - unbestimmte Herkunft / neurčitý charakter; Kohl/spu - Kohleverbrennung / spalování uhlí; Holz/spd - Holzverbrennung / spalování dřeva; H2S - Schwefelwasserstoff / sirovodík; Ja/hn - Jauche, Mist, Tierstall / hnůj, stáje, chlív; Erd/zep - Erdgas / zemní plyn; Ben - Benzin, Mineralöl / benzín, minerální olej).

Auf dem gegenüberliegenden Ende der ersten Ordinationsachse erscheinen Gerüche aus der Landwirtschaft, Schwefelwasserstoff und unbestimmter Herkunft. Diese Geruchsmerkmale kommen sehr häufig in Assoziation vor und sind eher mit der Altersgruppe 60-69 Jahre verbunden und tendieren dazu, häufiger im Sektor A2 vorzukommen. Der Geruch von Benzin oder Mineralöl ist stärker mit der Altersgruppe 60-69 Jahre sowie mit dem Sektor A2 (Seiffen, Olbernhau, Sayda usw.) assoziiert. Zugleich kommen in diesem Sektor fast keine Meldungen über Kohleverbrennung vor. Der Sektor A3 (Háj u Duchcova, Holzhaus usw.) und insbesondere B1 (Kühnheide, Rübenau, Steinbach usw.) sind mit häufigen Meldungen über Erdölgeruch und Geruch anderer Herkunft verbunden. Mit diesen Meldungen ist die Altersgruppe 70-79 Jahre verbunden. Auf diesem Gebiet wurde jedoch eine niedrige relative Häufigkeit festgestellt, bei der Gemeinde Kalek lag die relative Meldedefrequenz eines Probanden sogar bei 0 %. Laut ihrer eigenen Aussage fühlt sich diese Person in dieser Gegend nie durch unangenehmen Geruch belastet.

Das Alter sowie die geografische Lage haben anscheinend den gleichen Einfluss auf die Qualität der Geruchswahrnehmung und dadurch auch auf die Assoziation mit einem „identifizierbaren“ Geruch. Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, wäre eine gleichmäßige Abdeckung des Gebiets mit Probanden in Bezug auf die Altersgruppen notwendig.

5.2.4 Meldungen über subjektive gesundheitliche Auswirkungen

5.2.4.1 Verteilung subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen

Die Probanden sollten bei einer Geruchswahrnehmung auch Angaben über die subjektiv wahrgenommenen Änderungen in ihrem Gesundheitszustand machen. Es standen häufig berichtete Auswirkungen zur Auswahl. Die Probanden konnten ihre Beschwerden zusätzlich mit eigenen Worten beschreiben („Sonstiges“ + Beschreibung). Es konnten ebenfalls mehrere gesundheitliche Auswirkungen angegeben werden, d.h. Mehrfachantworten waren möglich. Es sollte gesundheitliche Beschwerden berichtet werden, die unmittelbar nach der Wahrnehmung des Geruchs bzw. am gleichen Tag eingetreten sind.

Bei 56 % der Geruchsmeldungen wurden von Probanden keine Auswirkungen angegeben. Bei 18,3 % der Meldungen wurde eine eigene Beschreibung von Auswirkungen eingetragen. Häufige Auswirkungen waren Kopfschmerz (16,5 % der Meldungen) und Husten (16,1 % der Meldungen). Nur in 1,4% der Meldungen wurde Brechreiz genannt (Abb. 99).

In der eigenen Beschreibung der gesundheitlichen Auswirkungen wurde Folgendes gemeldet: Schmerz im Magenbereich, Bauchschmerzen, Bindehautentzündung / Halskratzen, Halsbrennen, verschlechterte Atmung, Asthmaanfälle, metallischer Beigeschmack

auf den Lippen, Halskratzen, Durchfall, schlechtes Gefühl auf der Mundschleimhaut, Brennen in der Kehle, Brennen in der Kehle und Nase, Durchfall / Schlappeheit, Bauchschmerz / Schleim in der Nase, Brennen im Rachen, metallischer Geschmack, Magenbeschwerden, Reizung der Mundschleimhaut, Brennen im Nasenrachenraum sowie Übelkeit.

Den größten Anteil im Rahmen aller genannten Auswirkungen bildet die Antwortmöglichkeit „ohne Auswirkung“ (39,5 %). Die zweithäufigste Antwort zu den Auswirkung ist „Sonstiges“, d.h. die Beschreibung der Auswirkung mit eigenen Worten. An dritter Stelle kommt Kopfschmerz (11,5 %). Am wenigsten wurde die Auswirkung Brechreiz genannt (1 %) (Abb. 100).

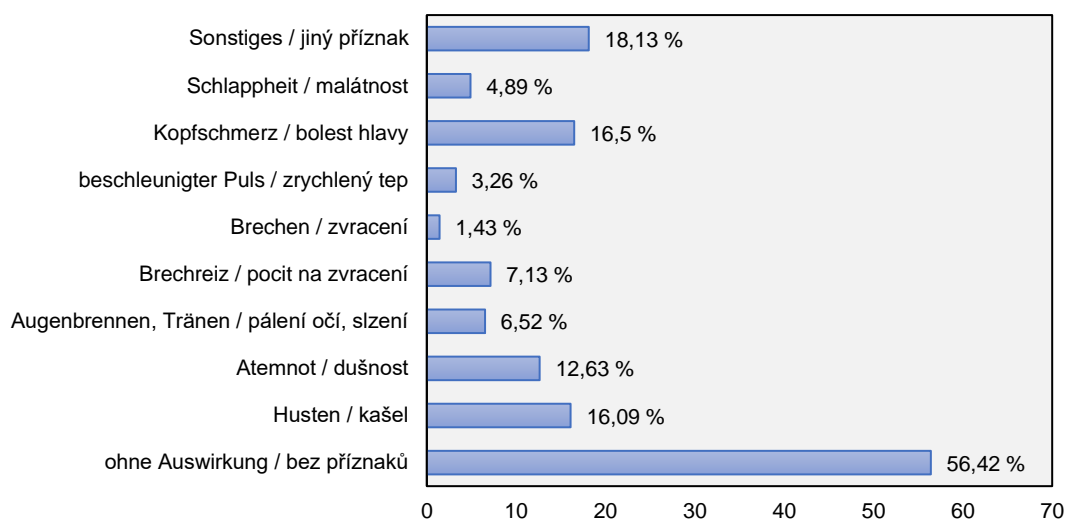


Abb. 99: Anteile einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen bei den Meldungen (%).

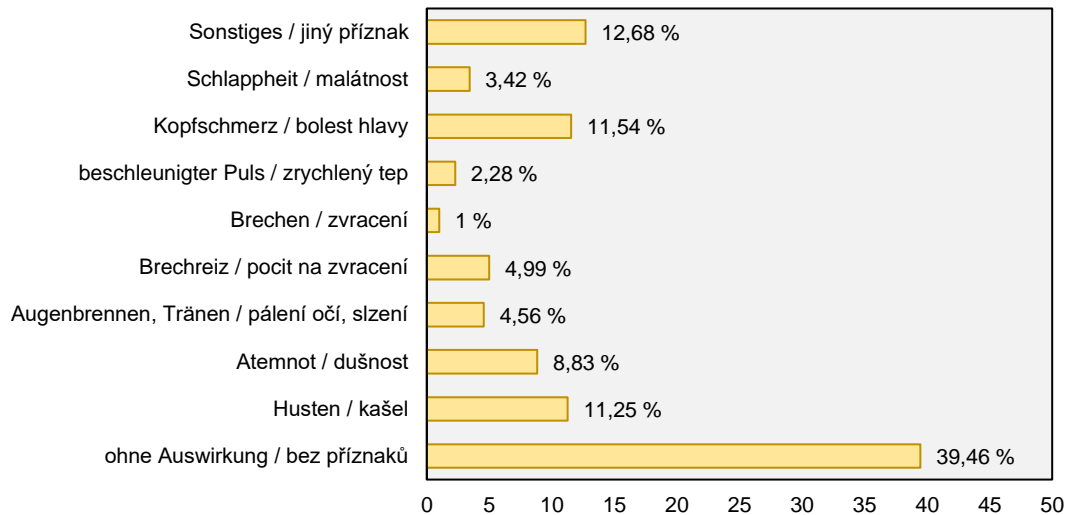


Abb. 100: Anteile einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen unter allen angebotenen Auswirkungen gesamt (%).

Verteilung subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen in Abhängigkeit vom Geschlecht des Probanden

Die Untersuchung, inwieweit das Geschlecht die wahrgenommenen Beschwerden beim Geruch beeinflusst, ergab, dass Kopfschmerz, Atemnot, Schlappeheit oder eigene Beschreibung insbesondere von Frauen genannt wurden. Dagegen berichteten Männer häufiger über Brechreiz, Augenbrennen und Augentränen. Brechen aufgrund eines Geruches wurde nur von Frauen genannt. Durch den Unabhängigkeitstest für die genannten gesundheitlichen Auswirkung und das Alters wurde die Nullhypothese abgelehnt ($p < 0,001$). Um die Testkriterien zu erfüllen, wurden Angaben über Brechen ausgeschlossen, da die theoretischen Häufigkeiten in diesem Fall sehr niedrig waren. Es kann also grundsätzlich angenommen werden, dass der Arten der gesundheitlichen Auswirkungen durch das Geschlecht beeinflusst wird. Anschließend wurden Anpassungstests für Häufigkeiten und Geschlechtsstruktur in der Probandengruppe durchgeführt. Diese Tests zeigten eine bedeutende Nichtübereinstimmung: $p < 0,001$ für Augenbrennen oder Tränen bzw. Brechreiz; $p < 0,05$ für Sonstiges. Bei den Auswirkungen Augenbrennen oder Tränen bzw. Brechreiz kann also der Einfluss des Geschlechtes angenommen werden. Beides kommt häufiger bei Männern vor (Abb. 101).

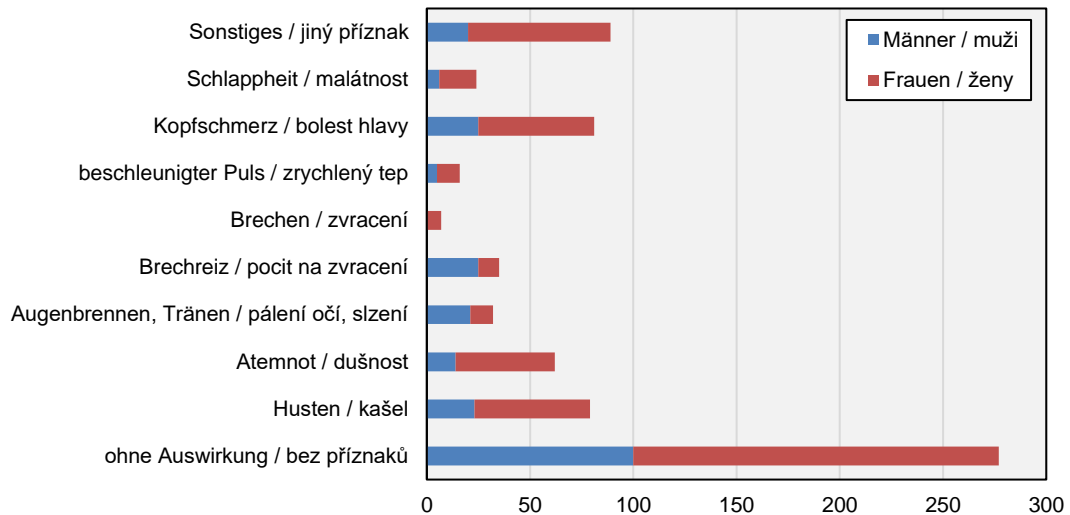


Abb. 101: Absolute Zahlen einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen in Abhängigkeit vom Geschlecht des Probanden.

Verteilung subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen in Abhängigkeit vom Alter des Probanden

Ähnlich wurde der Einfluss des Alters auf die Auswirkungen untersucht. Um den Test korrekt durchführen zu können, wurden die Auswirkungen Brechen, beschleunigter Puls und Schlaptheit sowie die Altersgruppen 20-29 Jahre und 70-79 Jahre nicht aus der Analyse ausgeschlossen. Unter diesen Voraussetzungen wurde durch den Test die Unabhängigkeitshypothese ($p < 0,001$) abgelehnt. Anschließend wurden Anpassungstests mit Häufigkeiten in den Altersgruppen in der Probandengruppe durchgeführt. Durch diese Tests wurde die Übereinstimmung mit der Altersstruktur bei folgenden Auswirkungen abgelehnt: $p < 0,001$ für ohne Auswirkung, Atemnot, Tränen oder Augenbrennen, Brechen, beschleunigter Puls, Schlaptheit, Sonstiges; $p < 0,01$ für Kopfschmerz; $p < 0,05$ für Husten. Bei diesen Auswirkungen kann also der Einfluss des Alters nicht ausgeschlossen werden (Abb. 102).

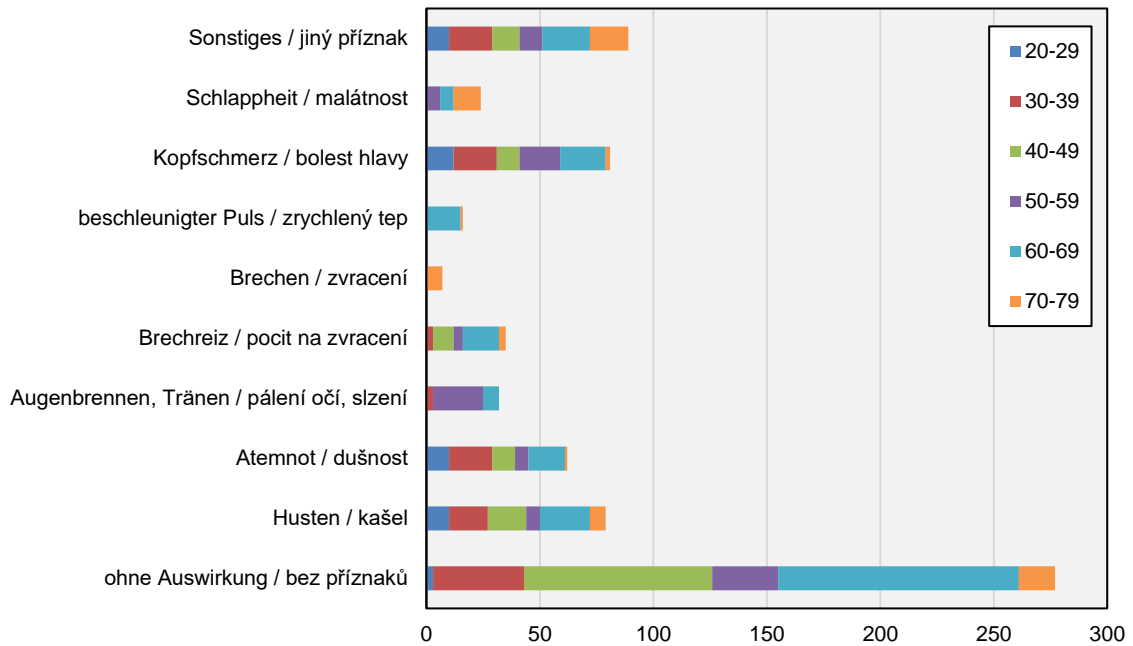


Abb. 102: Absolute Zahlen der einzelnen subjektiven gesundheitlichen Auswirkungen in Abhängigkeit vom Alter des Probanden.

Um Aussagen über Zusammenhänge machen zu können, wurde eine Korrespondenzanalyse (CA) durchgeführt. Das Ordinationsdiagramm zeigt das Ergebnis der Korrespondenzanalyse (Abb. 103). Deutlich ersichtlich ist, dass die größte Variabilität in den gesundheitlichen Auswirkungen bei der Aufteilung der Probandengruppe in zwei Gruppen (1) unter 70 Jahre und (2) mehr als 70 Jahre vorhanden ist. Am Pol (Endpunkt) der 1. Ordinationsachse befindet sich die Auswirkung Brechen, die nur mit der Altersgruppe mehr als 70 Jahre verbunden ist. Das Brechen hängt leicht mit der Schlapheit zusammen, die überwiegend auch von dieser Altersgruppe gemeldet wurde. Auf dem gegenüberliegenden Pol der gleichen Achse befindet sich die Atemnot, die am meisten mit der Altersgruppe 30-39 Jahre verbunden ist. Die Auswirkungen Tränen oder Augenbrennen, die auf dem Pol der 2. Ordinationsachse liegen, sind am meisten mit der Gruppe der Fünfzigjährigen verbunden. Diese Altersgruppe sowie die Gruppe bis 30 Jahre weisen auch den Kopfschmerz auf. Auf dem gegenüberliegenden Pol dieser Achse liegt die Auswirkung beschleunigter Puls, die insbesondere mit der Gruppe der vierzigjährigen verbunden ist. Ohne subjektive Auswirkungen sind insbesondere Personen aus den Altersgruppen 30-39 Jahre und 60-69 Jahre. Die Auswirkung „Sonstiges“, d.h. Beschreibung der Auswirkung mit eigenen Worten, ist eher mit Personen über 70 Jahren verbunden. Die Auswirkungen Husten und Brechreiz beeinflussen das Unabhängigkeitsmodell (ein Modell, dass von unkorrelierten Daten ausgeht; von zumindest teilweise unabhängige Dimensionen) nicht maßgeblich, d.h. sie sind mit keiner konkreten Altersgruppe markant verbunden.

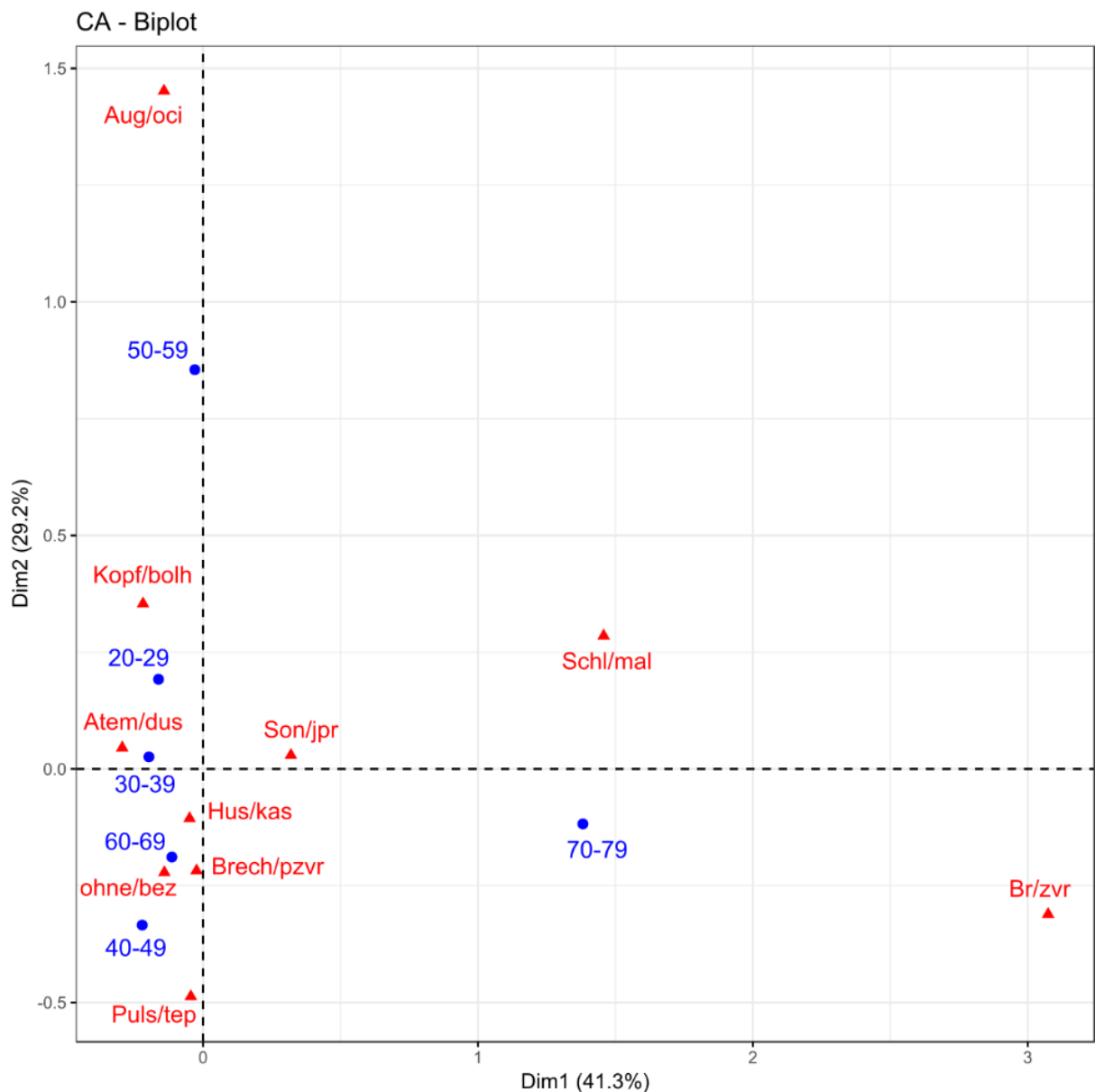


Abb. 103: Das Ordinationsdiagramm stellt den Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Auswirkungen und Altersgruppen der Probanden dar

Bei den Ordinationsachsen steht immer das Prozent der Variabilität der Daten, die sie beschreiben (Son/jpr – Sonstiges / jiný příznak; Schl/mal – Schlappeheit / malátnost; Kopf/bolh – Kopfschmerz / bolest hlavy; Puls/tep – beschleunigter Puls / zrychlený tep; Br/zvr – Brechen / zvracení; Brech/pzvr – Brechreiz / pocit na zvracení; Aug/oci – Augenbrennen, Tränen / pálení očí, slzení; Atem/dus – Atemnot / dušnost; Hus/kas – Husten / kašel; ohne/bez – ohne Auswirkung / bez příznaků).

5.2.4.2 Zusammenhang zwischen Geruchsmerkmalen und gesundheitlichen Auswirkungen

Bei der Untersuchung der Abhängigkeit zwischen Geruchsmerkmalen und gesundheitlichen Auswirkungen wurde ein Unabhängigkeitstest durchgeführt. Für die konkrete Durchführung des Tests mussten einige Kategorien beider Variablen ausgeschlossen werden. Es wurden (1) Geruchsmerkmale: Katzendreck, verbrannte Kunststoffe, Holzverbrennung, Kohleverbrennung; und (2) gesundheitliche Auswirkungen: Brechen, Schlappeheit, beschleunigter Puls, Tränen oder Augenbrennen ausgeschlossen (Abb. 104). Diese Kategorien wiesen zu geringe theoretische Häufigkeiten auf. Die übrigen Kategorien entsprachen bereits den erwarteten Werten. Durch den Unabhängigkeitstest wurde auf dem Testniveau 5 % die Unabhängigkeit der Kategorien abgelehnt ($p < 0,001$). Einen komplexeren Überblick über die Verhältnisse zwischen Kategorien bietet die Korrespondenzanalyse (CA) an (Abb. 105). Der größte Anteil der Variabilität (80,5 %) wird mit Auswirkungen Atemnot und ohne Auswirkung beschrieben. Das bedeutet, dass das Spektrum der assoziierten Geruchsmerkmale eben bei diesen beiden Auswirkungen die größten Unterschiede ausweist. Die Auswirkung Atemnot ist am häufigsten mit der eigenen Geruchsbeschreibung (d.h. andere Herkunft) verbunden. Dagegen hängt mit der Abwesenheit subjektiver gesundheitlicher Beschwerden der Benzin- oder Erdölgeruch stark zusammen. In der nicht korrelierten Richtung (2. Ordinationsachse) wechselt die größte Variabilität (16,6 %) von der Kategorie andere Auswirkung (d.h. eigene Beschreibung der Beschwerden) zur Kategorie Brechreiz. Die zuletzt erwähnte Auswirkung ist insbesondere mit dem Schwefelwasserstoff sowie mit dem landwirtschaftlichen Geruch (Jauche, Mist usw.) verbunden. Die eigene Beschreibung der Auswirkung ist insbesondere mit eigener Beschreibung des Geruchsmerkmals verbunden. Kopfschmerz und Husten sind eher mit der Kategorie unbestimmte Herkunft oder mit landwirtschaftlichem Geruch verbunden. Der Teer- oder Asphaltgeruch beeinflusst das Unabhängigkeitsmodell nur gering und ist mit keinem konkreten Merkmal verbunden.

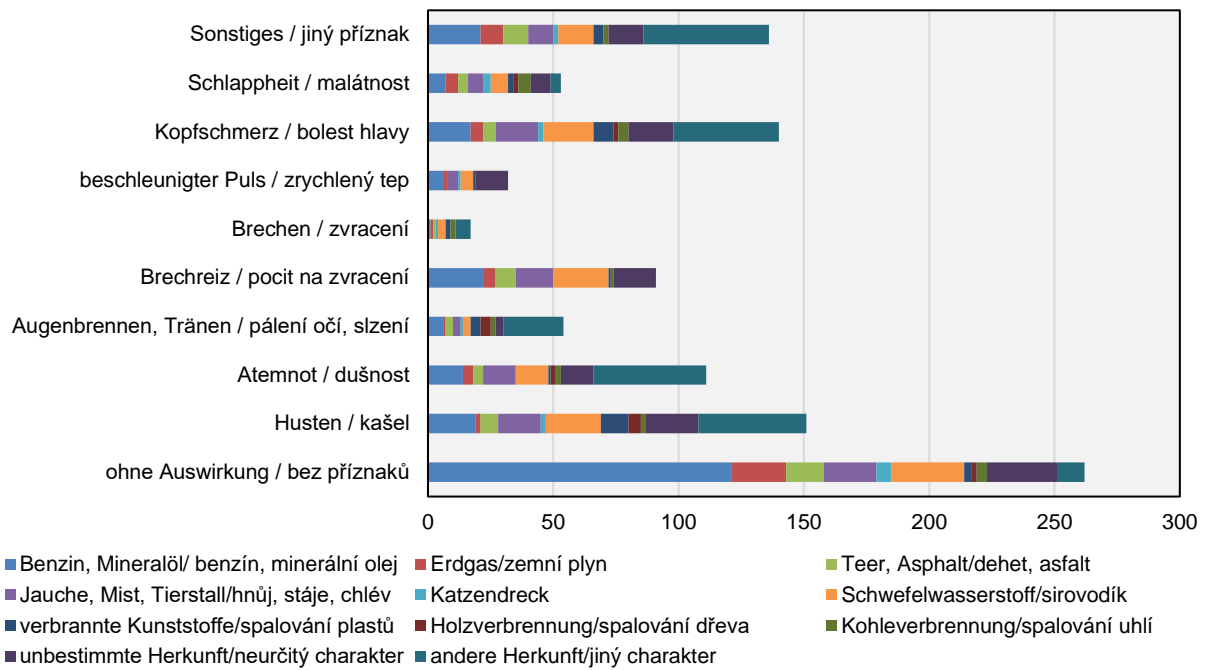


Abb. 104: Absolute Zahlen einzelner gesundheitlicher Auswirkungen in Abhängigkeit vom Geruchsmerkmal.

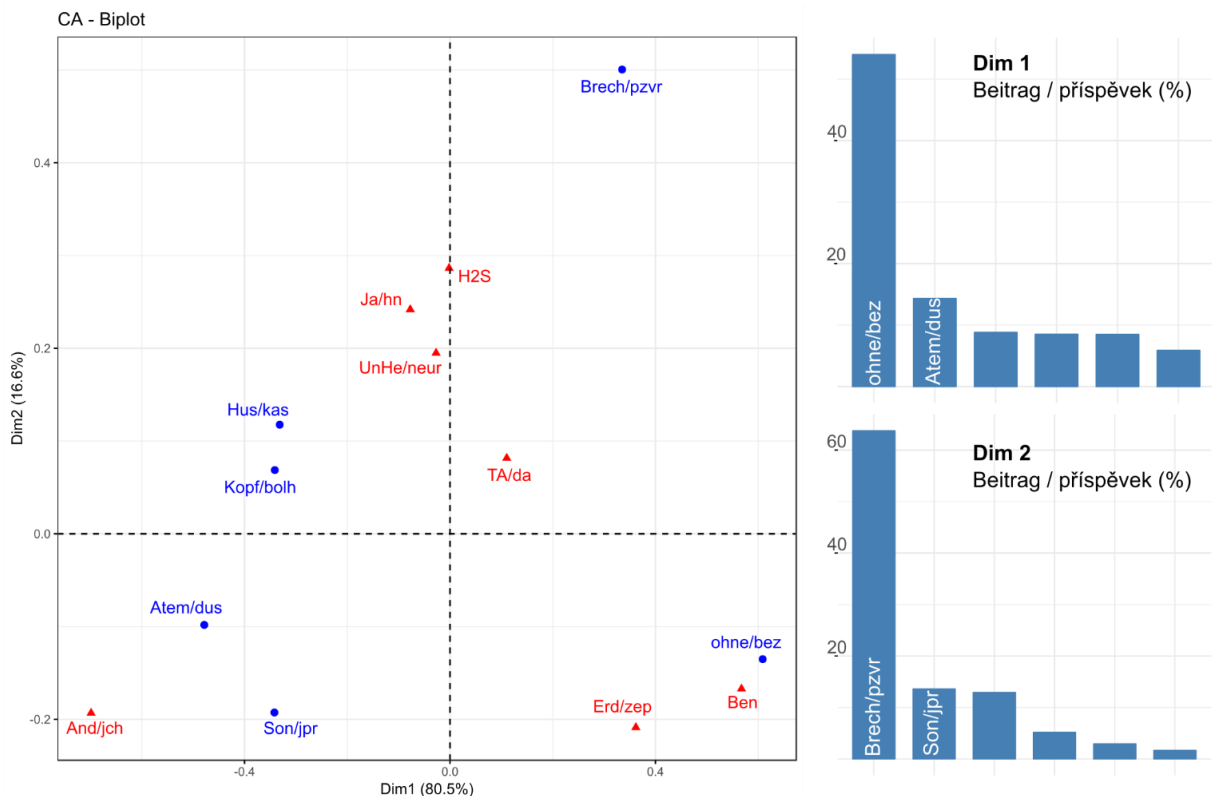


Abb. 105: Das Ordinationsdiagramm stellt den Zusammenhang der Geruchsmerkmale mit den gesundheitlichen Auswirkungen der Probanden (links),

Beiträge gesundheitlicher Kategorie zur Lage von Ordinationsachsen (%) (rechts) dar (Son/jpr – Sonstiges / jiný příznak; Kopf/bolh – Kopfschmerz / bolest hlavy; Brech/pzvr – Brechreiz / pocit na zvracení; Atem/dus – Atemnot / dušnost; Hus/kas – Husten / kašel; ohne/bez – ohne Auswirkung / bez příznaků; And/jch - andere Herkunft / jiný charakter; UnHe/neur - unbestimmte Herkunft / neurčitý charakter; H2S - Schwefelwasserstoff / sirovodík; Ja/hn - Jauche, Mist, Tierstall / hnůj, stáje, chlív; TA/da - Teer, Asphalt / dehet, asfalt; Erd/zep - Erdgas / zemní plyn; Ben - Benzin, Mineralöl / benzín, minerální olej).

Aus den Analysen ergibt sich zusammengefasst, dass gewisse gesundheitliche Auswirkungen mit einigen Geruchsmerkmalen erheblich verbunden sind. Es ist verständlich, dass z.B. einige Gerüche Brechreiz verursachen können. In unserer Studie handelt es sich insbesondere um Wahrnehmung des Schwefelwasserstoffs oder des landwirtschaftlichen Geruchs. Bei älteren Personen kann der Geruch zum Brechen führen. Die Reaktion des Organismus hängt jeweils von vielen Umständen ab, insbesondere von der Geruchskonzentration, Dauer der Reizung des Geruchszentrums sowie vom aktuellen gesundheitlichen Zustand der Person (inkl. des psychischen Zustands). Aus den Ergebnissen ergibt sich, dass die gesundheitlichen Auswirkungen bei den Probanden gewissermaßen auch durch das Alter und das Geschlecht der Person beeinflusst sind.

Während der Beobachtung von Geruchsereignissen wurden insgesamt 491 Meldungen aufgenommen, davon 285 auf dem deutschen und 206 auf dem tschechischen Gebiet. Einige Meldungen standen im Zusammenhang mit Geruch, durch welches anscheinend eine größere Region betroffen wurde. Einige Gerüche weisen eher auf eine lokale Quelle in der Nähe der Geruchswahrnehmung hin.

Es wurden während des Untersuchungszeitraumes von den Probanden 48 Außenluftproben (Befüllen von Kanistern mit Luft) genommen, die anschließend chemisch analysiert wurden. Auf der deutschen Seite wurden von insgesamt zehn Probanden, auf der tschechischen Seite 14 Probanden Luftproben genommen. Die Dauer der aktiven Teilnahme an der Beobachtung war bei den Probanden unterschiedlich.

Grundsätzlich wurde kein Einfluss der Nationalität oder des Geschlechts der Probanden auf die Erstellung von Meldungen bestätigt. Der Einfluss des Alters ist in diesem Fall umstritten, dennoch zeigen die Ergebnisse, dass die meisten Meldungen von Probanden in der Altersgruppe 60-69 Jahre kamen. Ältere Menschen tendieren im Allgemeinen mehr dazu einen Geruch zu melden. Als Geruchsmerkmal wählten die Probanden am meisten „Benzin oder Mineralöl“ (kommt in einem Viertel aller Meldungen vor). In 29 % der Fälle gaben Probanden eine eigene Beschreibung des Geruchs. Das Geruchsmerkmal „Katzen-dreck“ kam nur in 9 % der Fälle vor. Es handelte sich somit um keinen häufig genannten Geruch. Dies steht insbesondere mit den offiziellen Geruchsbeschwerden in Widerspruch, wo gerade diese Bezeichnung sehr häufig genannt wurde. Die Häufigkeit einiger gemeldeter Geruchsmerkmale ist wahrscheinlich durch Geschlecht sowie Alter bedingt. Diese beiden Variablen spielen also wahrscheinlich eine Rolle in der Qualität der Geruchswahrnehmung (welcher Geruch wahrgenommen wurde). Es hat sich herausgestellt, dass der Zeitraum keinen großen Einfluss auf die genannten Merkmale hatte. Zu erwähnen sind die relativ hohen Anteile der Holz- und Kohleverbrennung im März 2018. Es gibt keine Hinweise darauf, dass eine konkretes Geruchsmerkmal nur auf einem kleinen Raum konzentriert wäre. Dennoch tendiert der Geruch der Kunststoff- oder Kohleverbrennung dazu, sich im westlichen Teil des Projektgebiets (d.h. auf der tschechischen Seite) zu kumulieren. Für diese Problematik wären ausführlichere geostatistische Analysen notwendig. Wichtig ist an dieser Stelle zu erwähnen, dass die Probanden – in Bezug auf das Geschlecht und Alter – nicht gleichmäßig verteilt wurden. Diese Tatsache kann eine Rolle bei der Verzerrung der obigen Aussagen spielen.

In 56 % der Meldungen wurde von den Probanden angegeben, dass sie keine subjektiven gesundheitlichen Auswirkungen aufgrund des Geruchs wahrnehmen. Bei den gemeldeten gesundheitlichen Auswirkungen kommt am häufigsten der „Kopfschmerz“ (16,5 % der

Meldungen), „Husten“ (16,1 % der Meldungen) oder eigene Beschreibung der Auswirkungen (18,1 % der Meldungen) vor. Die Option „ohne Auswirkungen“ wurde insbesondere beim Auftreten von Bezin- oder Erdölgeruch gewählt. Probanden, die die gesundheitlichen Auswirkungen mit eigenen Worten beschrieben haben, haben in den meisten Fällen auch das Geruchsmerkmal mit eigenen Worten beschrieben. Der Brechreiz wurde häufig mit dem Geruch von Schwefelwasserstoff oder mit landwirtschaftlichem Geruch verbunden. Eine Rolle bei der beschriebenen Auswirkung spielen das Alter und das Geschlecht des Probanden. Der Brechreiz oder das Augenbrennen bzw. Tränen kamen insbesondere bei Männern vor. Brechen wurde nur bei Frauen über 70 Jahre gemeldet.

5.2.5 Meldungen der Probanden aus der Region Karlovarský kraj

5.2.5.1 Einleitung

In der Region Karlovarský kraj in der Tschechischen Republik waren fünf Probanden tätig. Es handelte sich um drei Männer und zwei Frauen. In dieser Region wird im Zusammenhang mit dem Geruch meist der große Industriebetrieb der Aktiengesellschaft Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s. erwähnt. In der angrenzenden sächsischen Region (Vogtlandkreis) wurden auch Beschwerden über Geruch gemeldet.

Der Geruch wurde in dieser Region nur in der ersten und zweiten Periode des Projekts aufgezeichnet. In der ersten Periode gab es insgesamt 30 Meldungen. In der zweiten Periode waren es 35 Meldungen. Am 17.3.2017 wurden insgesamt vier Meldungen aufgezeichnet. An anderen Tagen der ersten Periode gab es maximal eine Meldung (mit Ausnahme vom 14.3.2017 mit zwei Meldungen). Es kann also festgestellt werden, dass die Geruchsbelastung im Zeitraum 14.3.2017 – 17.3.2017 größer war. In der zweiten Periode wurden am 20.12.2017 drei Meldungen erfasst. An anderen Tagen waren es maximal zwei Meldungen. Von Bedeutung sind die: 4.11. – 8.11.2017, 15.11. – 16.11.2017, 21.1. – 25.1.2017. Die höchste relative Meldefrequenz (10,36 %) hatte die Probandin CZ07, die niedrigste (2,10 %) wurde beim Probanden CZ11 verzeichnet. Eine Zusammenfassung für jeden Probanden ist folgender Tabelle zu entnehmen (Tab. 15).

Tab. 15: Zusammenfassung der Meldungen der einzelnen Probanden („Karlsbader“ Gruppe).

	Aktivi- tät (Peri- ode)	Gesamtan- zahl Meldun- gen	Anzahl Tage mit Mel- dung zur Gesamtan- zahl der Tage (%)	Standorte der Meldungen
CZ07	1+2	23	10,36	Alle Meldungen aus Stará Role (Karlovy Vary)
CZ08	1+2	6	2,90	Meiste Meldungen aus der Umgebung von Horní Slavkov oder Loket, auch Meldung aus Chodov und Tašovice
CZ09	1+2	14	8,14	Meiste Meldungen aus Horní Blatná, eine Meldung aus Jáchymov
CZ10	1+2	17	10,18	Meiste Meldungen aus Nové Hamry, dann Meldungen aus der Umgebung von Vřesová, Mezirolí, Nejdek und seine Umgebung, Tisová und Vysoká Pec
CZ11	1+2	5	2,10	Meiste Meldungen aus Luby (Cheb), eine Meldung aus Nebanice

Die relative Meldefrequenz der Probanden der „Karlsbader“ Gruppe betrug hiermit 6,74 %. Der gleiche Durchschnitt der deutschen bzw. der tschechischen Gruppe in der Region Litvínov war 12,89 % bzw. 11,76 %. Es besteht also keine große Differenz in diesem Parameter, wie auch der Abb. 106 zu entnehmen ist.

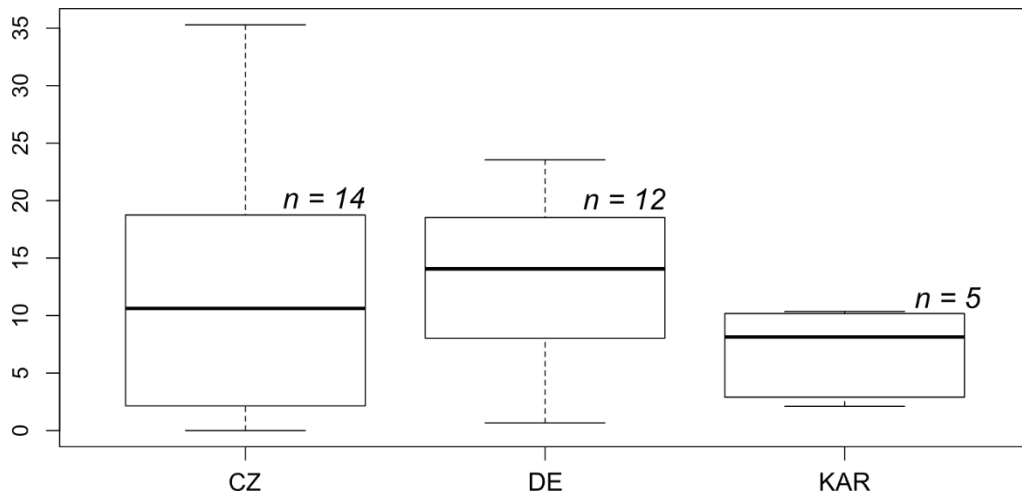


Abb. 106: Vergleich der relativen Meldefrequenz einzelner Probanden bei drei Gruppen - Raum Litvínov: tschechische (CZ), deutsche (DE), Raum Karlsbad (KAR).

Die Aufteilung der Meldungen in Abhängigkeit vom Geschlecht und Alter der Probanden ist in folgender Tabelle zusammengefasst (Tab. 16).

Tab. 16: Verteilung der Meldungen in Abhängigkeit vom Geschlecht und Alter des Probanden in der Karlsbader Region.

	30 – 39 Jahre	50 – 59 Jahre	60 – 69 Jahre	insgesamt
Männer	17	5	6	28
Frauen	14	0	23	37
Summe	31	5	29	65

Mehr Geruchsereignisse wurden von Frauen als von Männern gemeldet, die meisten kamen von der Altersgruppe 30-39 Jahre. Im Gegensatz zu Probanden aus der Region Litvínov gab es hier einen gewissen Unterschied. In der Probandengruppe aus Litvínov wurden die meisten Meldungen in der Altersgruppe 60-69 Jahre gemacht. Ein statistisch exakter Vergleich ist hier jedoch nicht möglich, da in der Gruppe der Karlsbader Probanden die Häufigkeiten zu niedrig sind. Es ist daher festzustellen, dass kein großer Unterschied zwischen den Probandengruppen aus beiden Regionen in Bezug auf den Einfluss von Geschlecht und Alter auf die Anzahl der Meldungen besteht. Die relative Meldefrequenz bei Männern aus der Karlsbader Region war im Schnitt etwas niedriger als die relative Meldefrequenz der Frauen (ähnlich wie bei Probanden in der Region Litvínov). Die größte durchschnittliche Meldefrequenz in Bezug auf das Alter herrschte in der Altersgruppe 30-39 Jahre.

5.2.5.2 Geruchsmerkmale und gesundheitliche Auswirkungen

In der Karlsbader Region kamen im Rahmen aller Geruchsmeldungen am häufigsten der Schwefelwasserstoff (29,23 %), die Kohleverbrennung (29,23 %) und die eigene Beschreibung des Geruchs („andere Herkunft“) (29,32 %) vor (Abb. 107). Die kleinste Häufigkeit wies der als „Katzendreck“ bezeichnete Geruch auf. Dieser Geruch war in der Summe am wenigsten (0,98 %) in allen Meldungen vertreten (Abb. 108).

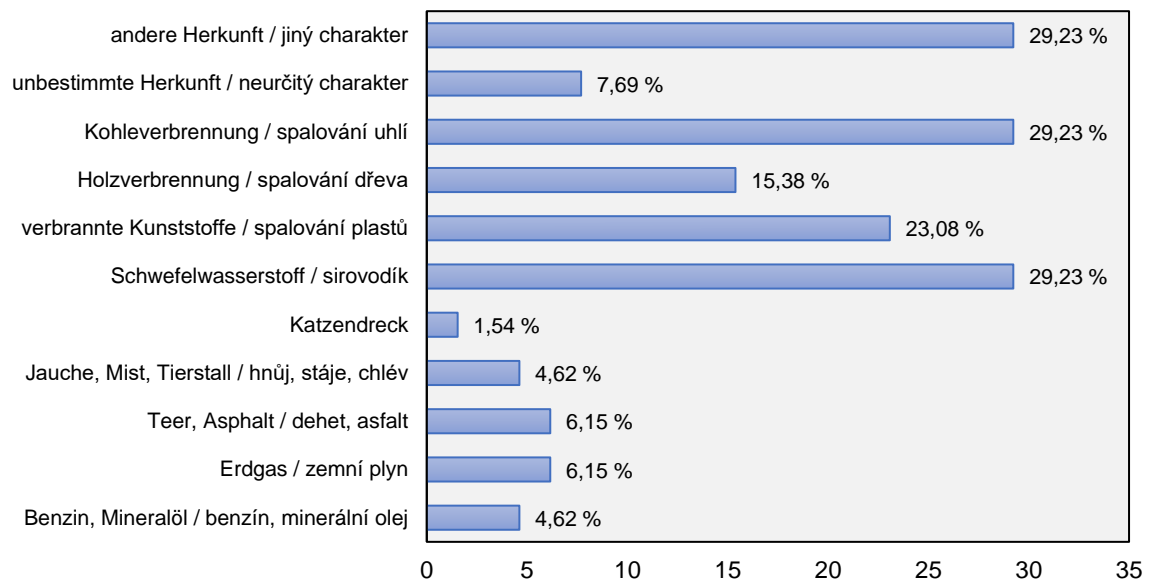


Abb. 107: Anteile einzelner Geruchsmerkmale in den Meldungen – Karlsbader Region (%).

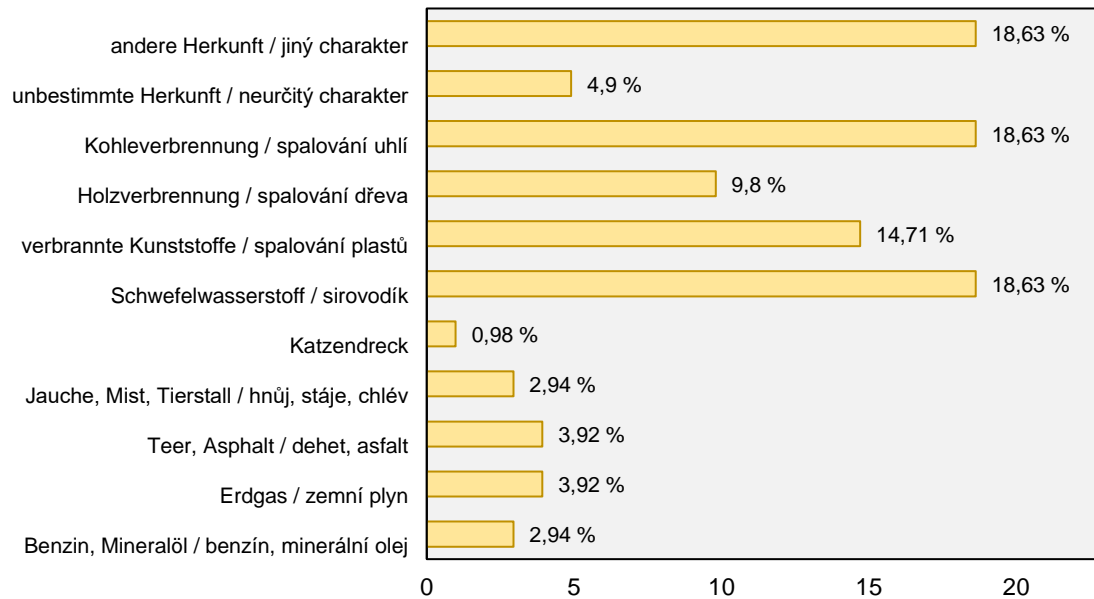


Abb. 108: Anteile einzelner Geruchsmerkmale an allen angebotenen Geruchsmerkmalen insgesamt – Karlsbader Region (%).

Im Vergleich zur Region Litvínov wurde hier häufiger der Geruch der Kohleverbrennung gemeldet (Litvínov: 14,23 %). In der Region Litvínov wurde relativ häufig der Benzin- oder Mineralölgeruch gemeldet (24,80 %). Bei den Probanden aus der Karlsbader Region waren es nur 4,62 %. Der Schwefelwasserstoff wurde in der Karlsbader Region häufiger als in der Region Litvínov gemeldet (21,14 %). Der „Katzendreck“-Geruch kam dagegen etwas häufiger in der Region Litvínov vor (9,15 %).

Bei der eigenen Beschreibung des Geruchs (Merkmal „andere Herkunft“) kamen folgende Angaben vor: Butanol, Smog, süßlicher Geruch, Butanol (säuerlich), Smog (sauer), chemischer Geruch (beißend), beißender und erstickender Geruch, beißender und säuerlicher Geruch, Müllverbrennung, morsches Fleisch, süßlicher Geruch.

In den Meldungen gesundheitlicher Auswirkungen bei Geruch wurde (ähnlich der Region Litvínov) am häufigsten die Option „keine Auswirkungen“ (41,54 %) genannt, gefolgt von den Auswirkungen Husten (27,69 %) (ähnlich wie in der Region Litvínov mit 16,09 %) und Brechreiz (26,15 %) (hier ist ein markanter Unterschied sichtbar – in der Region Litvínov sind es nur 7,13 %). Die Beschreibung der Auswirkung mit eigenen Worten ist bei den Karlsbader Probanden kam wesentlich seltener als bei Probanden aus der Region Litvínov (18,13 %) vor. Die Auswirkung „Augenbrennen, Tränen“ wurde in der Karlsbader Region bemerkenswert oft genannt.

Es ist offensichtlich, dass bei einem Anstieg des Riechens von Schwefelwasserstoff die Reaktion „Brechreiz“ gestiegen ist. Mit häufigerem Vorkommen von Schwefelverbindungen

in der Luft kann das Augenbrennen oder Tränen zusammenhängen. Die Probanden aus der Karlsbader Region wählten häufig eine der angebotenen Antwortkategorien. In den Meldungen kamen lediglich die Beschreibungen „oberflächliche schwache Atmung“ und „oberflächliche Atmung“ vor. Die Antwortmöglichkeit „andere Auswirkungen“ wurde nur in 5 % der Fälle gewählt. In der Region Litvínov waren es 12,68 % der Fälle.

Die Probanden aus der Karlsbader Region wiesen ein ähnliches Verhalten wie Probanden aus der Region Litvínov auf. Unterschiede wurden insbesondere bei gewissen Geruchsmerkmalen und folglich auch in der Verteilung der subjektiven gesundheitlichen Auswirkungen verzeichnet. Statistische Bedeutungstests sind in diesem Fall aufgrund kleiner Meldefrequenz nicht sinnvoll (Abb. 109, Abb. 110).

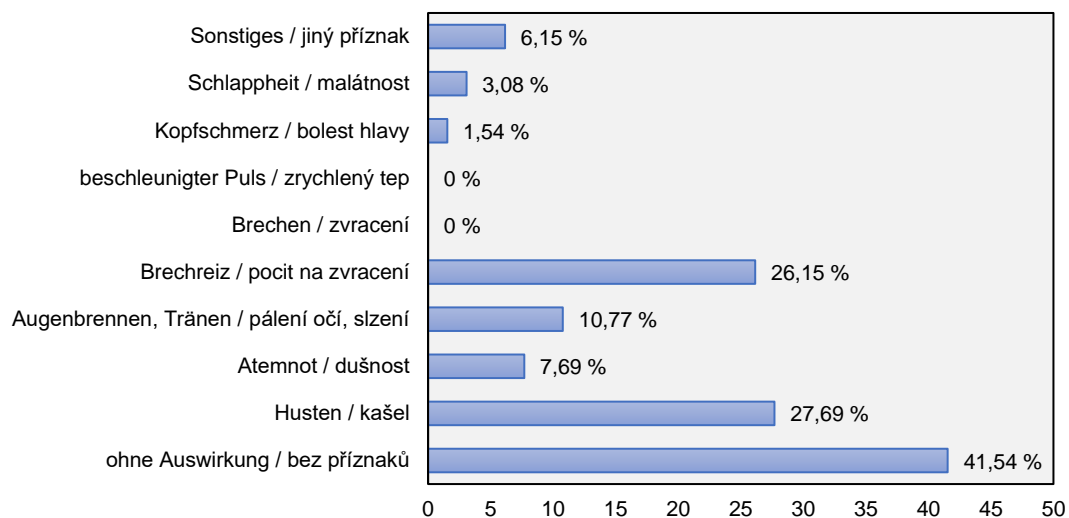


Abb. 109: Anteile einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen in den Meldungen – Karlsbader Region (%).

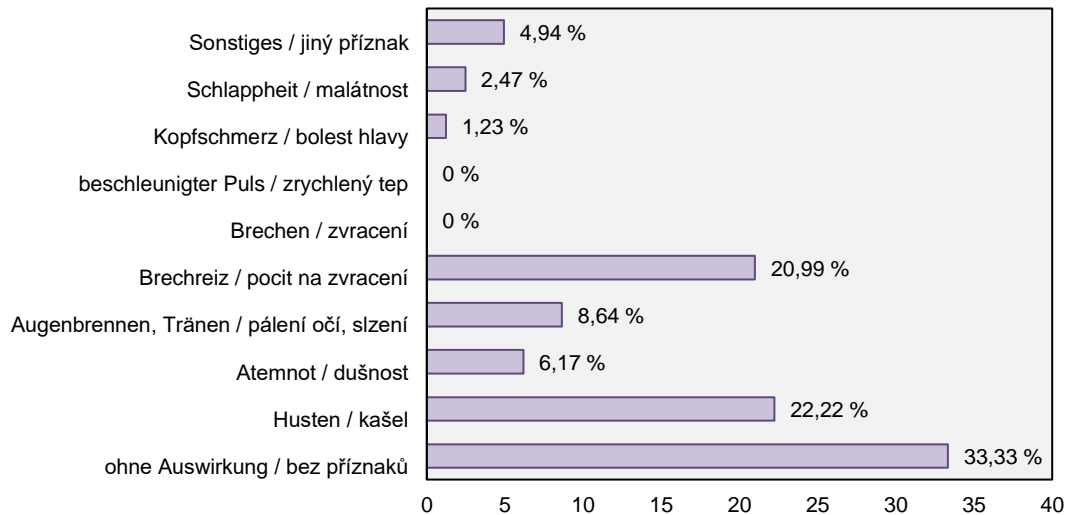


Abb. 110: Anteile einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen unter allen angebotenen Auswirkungen gesamt - Karlsbader Region. (%).

6 TEILPROJEKT 2: ZUSAMMENFÜHRUNG DER ERGEBNISSE DER KOMPLEXEN SIGNALANALYSE

6.1 RÜCKWÄRTSTRAJEKTORIENN UND LUFTMASSENTRANSPORT

Mit Hilfe von zeitlich und räumlich hochaufgelösten Modellrechnungen (mit horizontalen Gitterweiten bis zu 200 m) wurden die Luftströmungen im Erzgebirge für drei ausgewählte Perioden analysiert und veranschaulicht. Ziel der Untersuchungen war es, mögliche Verursacher für die aufgetretenen Geruchsereignisse einzugrenzen und Industrieanlagen und -gebiete als Verursacher auszuschließen. Dabei wurden Strömungsmuster und vertikale Austauschprozesse untersucht, die zur Akkumulation von Schadstoffen im Böhmischem Becken und/oder Transport der Luftmassen über den Erzgebirgskamm führen (Abb. 111). Durch die hohe räumliche Auflösung soll die Auswirkung der komplexen Orographie auf bodennahe Luftströmung möglichst realistisch abgebildet werden.

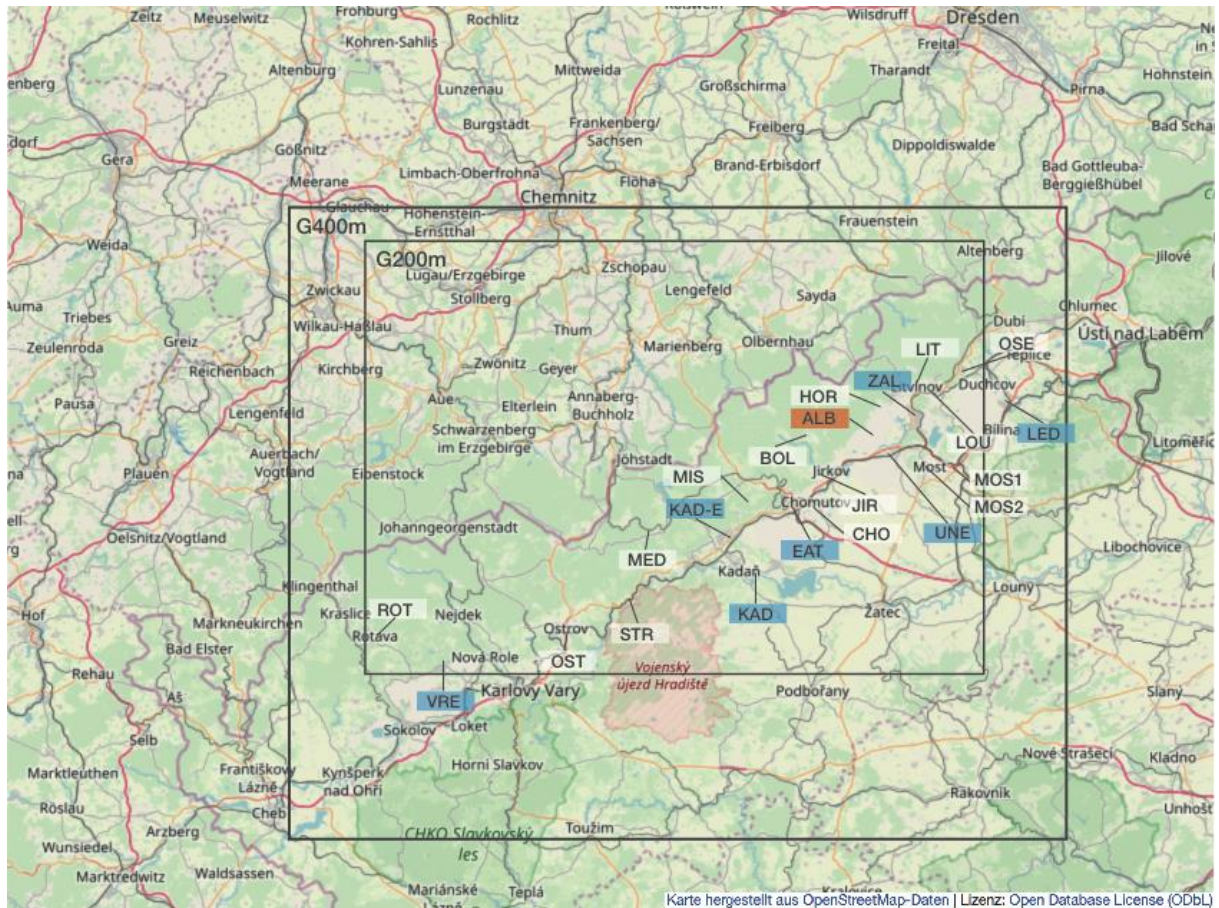


Abb. 111: Übersicht über die Modellgebiete und Tracerquellen.

Blau hinterlegte Quellen sind Industriestandorte oder Kraftwerke. Braun hinterlegt ist der Braunkohletagebau Albrechtice (um die Großflächigkeit abzubilden bestehend aus 6 einzelnen Quellen). Weiß hinterlegt sind zusätzliche hypothetische Quellen für eine bessere Differenzierung möglicher Quellregionen. Bildquelle der Karte: OpenStreet-Map.

Im Einzelnen wurden für die Berechnungen und Untersuchungen die drei folgenden Modelle eingesetzt:

1. Offline-Berechnung von Rückwärtstrajektorien mit dem Modell LAGRANTO (Miltnerberger et al. 2013)
2. Ableitung von „Source-Receptor“-Beziehungen und Veranschaulichung von Strömungsmustern mit Hilfe von COSMO-MUSCAT-Simulationen für passive Tracer aus fiktiven Punktquellen in unterschiedlicher Höhe über Grund (Wolke et al. 2012, Schättler et al. 2009, Baldau et al. 2011)
3. Ausbreitungsrechnungen mit dem online an COSMO gekoppelten Lagrange'schen Partikelmodell LaPaSi (Faust 2017)

Nachfolgend sollen die Ergebnisse für drei ausgewählte Zeiträume dargestellt werden.

Der Zeitraum vom 19. bis zum 21.01.2017 zeichnete sich durch eine sehr stabile Schichtung der bodennahen Atmosphärenschichten aus. Die Höhe der Hauptinversion lag zwischen 1000 m und 1400 m. Dabei herrschte nur eine geringe vertikale Durchmischung. Während diese am 19.01. noch etwa 300 m erreichte, so lag sie am 21.01.17 bei verbreitet weniger als 100 m. Weiterhin wurde zum Ende des betrachteten Zeitraumes Nebel gemeldet. Generell zeichneten sich die beiden Tage durch geringe Windgeschwindigkeiten aus. In den Höhenlagen des Erzgebirges kam der Wind aus Südost bis Ost (Abb. 111).

Die Analyse der Rückwärtstrajektorien hat ergeben, dass Trajektorien, die am Zielort (Probandenstandort) niedrig sind (bis 30 m über Grund, blau in Abb. 112), zumeist aus der Gegend östlich von Litvinov stammen. Trajektorien, die in 30 bis 100 m über Grund (grün in Abb. 112) ankamen, reichten zurück über die Gegend zwischen Bolebor, Jirkov, Most und Litvinov Richtung Südosten.

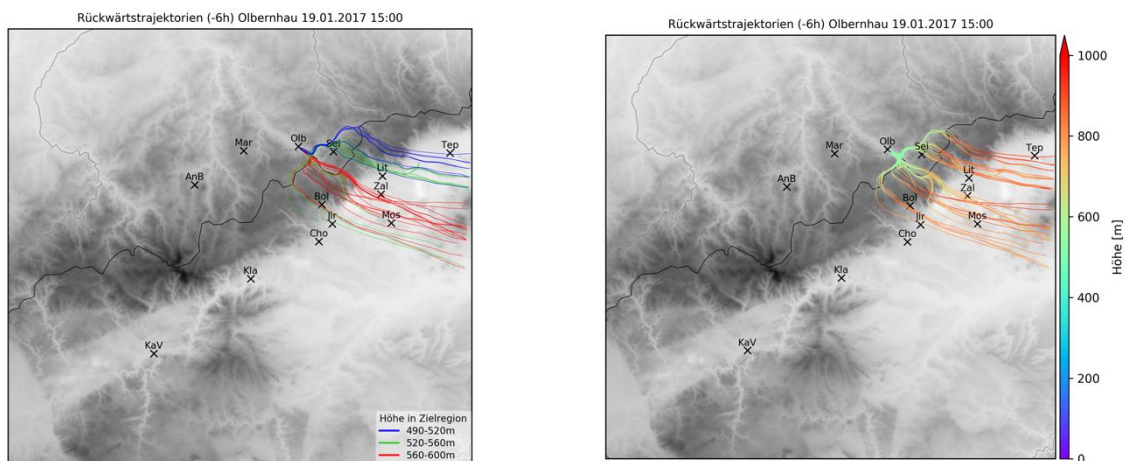


Abb. 112: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Olbernhau am 19.01.2017 15:00 Uhr.

Links: Nach Höhe am Zielgebiet eingefärbt (blau: niedrig, grün: mittelhoch, rot: hoch).
Rechts: Nach absoluter Höhe eingefärbt. Datengrundlage der Orographie: NASA SRTM v4.1.

Dabei kann deutlich die Komplexität der Orographie entnommen werden. Luftpakete aus einem großen Einzugsgebiet und verschiedenen Luftschichten können über die verschiedenen Täler zum selben Zielgebiet gelangen. Am 21.01.17 zeigten die niedrigen Rückwärtstrajektorien wieder in das Gebiet zwischen Litvinov, Most und Jirkov, später am Tag zunehmend aus Gegenden östlich von Litvinov. Trajektorien mit Ursprung südwestlich von Most sowie westlich von Jirkov konnten hingegen nicht festgestellt werden.

Im Zeitraum 25.-26. Januar 2018 lag die Temperatur tagsüber leicht über, nachts leicht unter null. Die Schichtung in den unteren Schichten der Atmosphäre war stabil. Die Höhe der Temperaturinversion lag an beiden Tagen bei ca. 1200 m. Am 25.01. war die vertikale Durchmischung stark eingeschränkt mit bodennahen Mischungsschichthöhen teilweise unter 100 m im Nordböhmischen Becken. Am 26.01. war die vertikale Durchmischung mit Mischungsschichthöhen über 300 m deutlich stärker. An beiden Tagen war es im Nordböhmischen Becken und den Höhenlagen des Erzgebirgskamms häufig neblig. Vereinzelt wurde Sprühregen im Böhmisches Becken gemeldet. Beide Tage waren wieder durch geringe Windgeschwindigkeiten in den Tallagen auf tschechischer Seite des Erzgebirges gekennzeichnet (max. 10 km/h). In den Höhenlagen wehte besonders am 26.01. starker Wind (> 40 km/h). Im Nordböhmischen Becken wehte der Wind am 25.01. zunächst aus südwestlichen Richtungen. Ab ca. 18:00 Uhr drehte der Wind auf Südost und im weiteren Verlauf des 26.01. auf Nord (ab ca. 14:00 Uhr).

Die Trajektorienanalysen zeigen, dass bis ca. 18:00 Uhr am 25.01. kein Transport aus Osten und Südosten zu den Probandenstandorten erfolgte (Abb. 113). Niedrige Trajektorien weisen in diesem Zeitraum entlang des Nordrands des Nordböhmischen Beckens nach Westen über Jirkov, Chomutov, Kadan bis nach Karlsbad und verlaufen dort auch bodennah (innerhalb der untersten 100 m über Grund). Luftpakete in höheren Schichten am Zielort (50 bis 150 m) wurden entlang des Erzgebirgshauptkamms in höheren Schichten bei hohen Windgeschwindigkeiten transportiert. Niedrigere Rückwärtstrajektorien in Litvinov zeigten in die Gegend um Zaluži und Most und etwas westlich davon.

Nach 18:00 Uhr wiesen niedrige Trajektorien an allen Probandenstandorten in die Gegend zwischen Litvínov, Most und südlich davon (Abb. 114). Am Probandenstandort Litvínov kamen ab 21:00 Uhr alle Luftpakete aus Osten.

Am 26.01. fächerten die Trajektorien für die untersuchten Standorte stark auf und deuteten auf ein Einzugsgebiet hin, das sich von Jirkov über Most und Litvínov bis nach Teplice erstreckt. Niedrige Trajektorien zeigten dabei mehr nach Osten (blau), während mittelhohe Trajektorien in die Gegend um Litvínov und Most verweisen (grün, Abb. 115). Luft-

pakete entlang beider Trajektorienkategorien überzogen das Gebiet bodennah. Am Nachmittag drehte der Wind auf nördliche Richtungen, wodurch dann kaum noch Rückwärts-trajektorien nach Süden zeigten (Abb. 115).

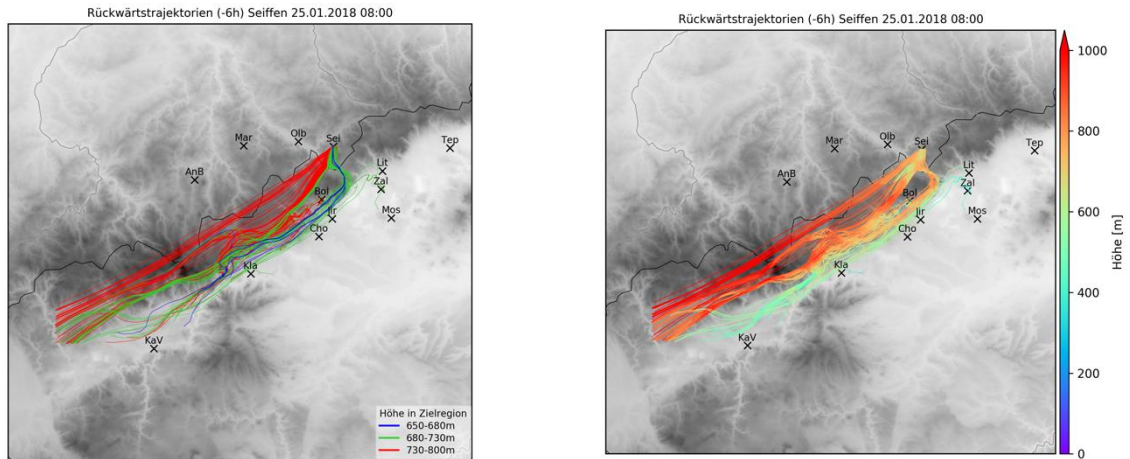


Abb. 113: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Seiffen am 25.01.2018 08:00 Uhr.

Links: Nach Höhe am Zielgebiet eingefärbt (blau: niedrig, grün: mittelhoch, rot: hoch). Rechts: Nach absoluter Höhe eingefärbt. Datengrundlage der Orographie: NASA SRTM v4.1.

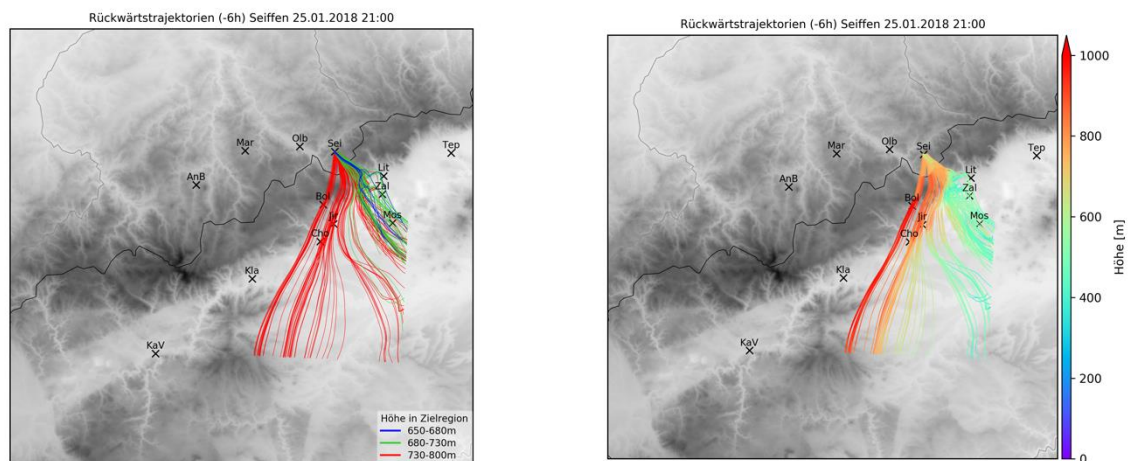


Abb. 114: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Seiffen am 25.01.2018 21:00 Uhr.

Links: Nach Höhe am Zielgebiet eingefärbt (blau: niedrig, grün: mittelhoch, rot: hoch). Rechts: Nach absoluter Höhe eingefärbt. Datengrundlage der Orographie: NASA SRTM v4.1.

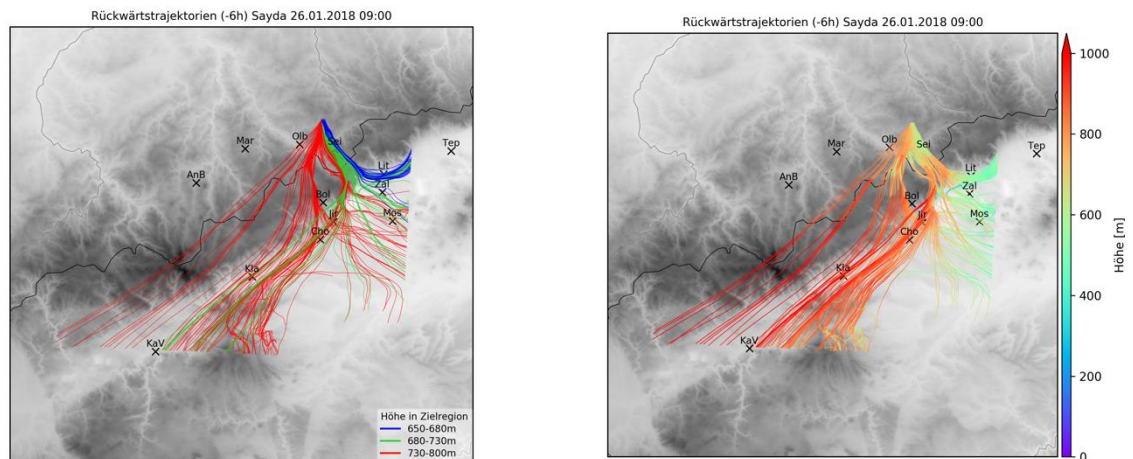


Abb. 115: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Sayda am 26.01.2018 09:00 Uhr.

Links: Nach Höhe am Zielgebiet eingefärbt (blau: niedrig, grün: mittelhoch, rot: hoch).
Rechts: Nach absoluter Höhe eingefärbt. Datengrundlage der Orographie: NASA SRTM v4.1.

Am 14. und 15. Februar 2018 lagen die Temperaturen im Untersuchungsgebiet zumeist unter dem Gefrierpunkt. Erst am Abend des 15.02. setzte Tauwetter ein. Auf tschechischer Seite und in den Kammlagen des Erzgebirges lagen ca.10 cm Schnee. Am Morgen des 14.02. war die atmosphärische Schichtung stabil. Tagsüber wurde sie zunehmend labiler und die Mischungsschicht erreicht eine Höhe von ca. 1000 m im Nordböhmischen Becken. Am darauffolgenden Tag lag die Mischungsschichthöhe bei max. 400 m. Ab der Nacht zum 15.02. wurde vielerorts Nebel und feuchter Dunst im Böhmischem Becken gemeldet. Ab ca. 20:00 Uhr am 15.02. setzte Schneefall ein. Leichter bis mäßiger Wind wehte in den Niederungen meist aus östlichen Richtungen, in den Höhenlagen mäßig bis frisch aus Südwest. Im Laufe des 15.02. drehte der Wind über Süd nach Südwest.

Die Rückwärtstrajektorien am 14.02. wiesen im Tal des Nordböhmischen Beckens alle in Richtung Osten entlang der Nordseite des Tals (Abb. 116). Der Transport über das Erzgebirge nach Marienberg fand über Klíny, über Deutschneudorf, Seiffen und Olbernhau, über Bolebor oder über Hora Svatého statt (Abb. 117), wobei nur die westlichen Trajektorien auf tschechischer Seite in Bodennähe zu finden waren. Rübenau wurde über Bolebor oder Hora Svatého angeströmt, Sayda über Klíny.

Am 15.02. zeigten die Rückwärtstrajektorien während der untersuchten Zeiträume am Vormittag Richtung Süden und Südosten über das Gebiet zwischen Litvínov, Most und

Jirkov. Ab dem Nachmittag kamen Luftpakete häufiger aus Westen über Chomutov, Jirkov und Bolebor bzw. über Deutschneudorf nach Seiffen und Olbernhau (Abb. 118).

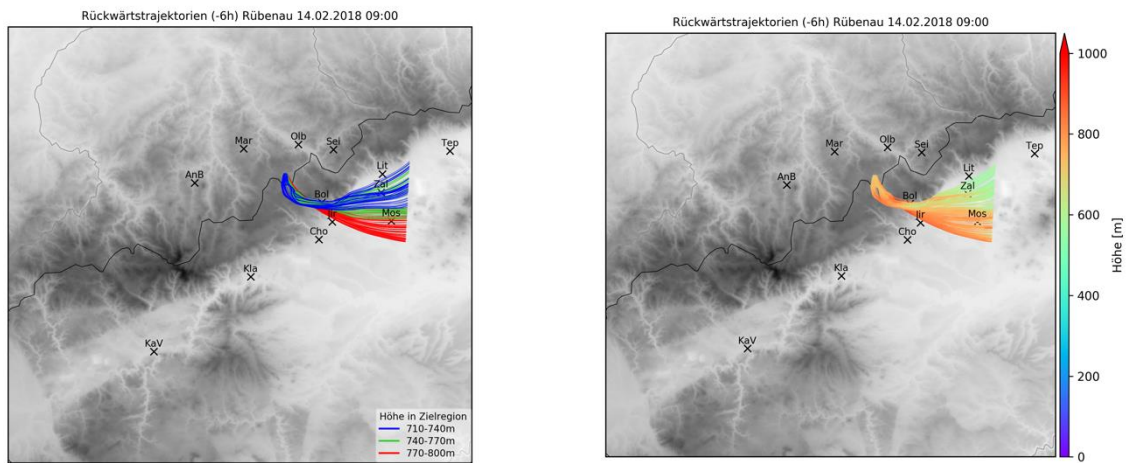


Abb. 116: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Rübenau am 14.02.2018 09:00 Uhr.

Links: Nach Höhe am Zielgebiet eingefärbt (blau: niedrig, grün: mittelhoch, rot: hoch).
Rechts: Nach absoluter Höhe eingefärbt. Datengrundlage der Orographie: NASA SRTM v4.1.

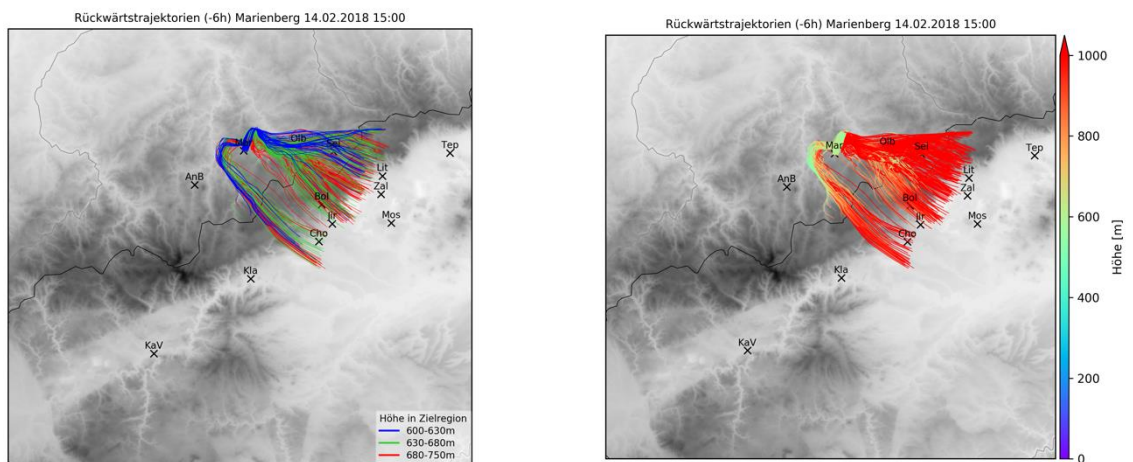


Abb. 117: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Marienberg am 14.02.2018 14:00 Uhr.

Links: Nach Höhe am Zielgebiet eingefärbt (blau: niedrig, grün: mittelhoch, rot: hoch).
Rechts: Nach absoluter Höhe eingefärbt. Datengrundlage der Orographie: NASA SRTM v4.1.

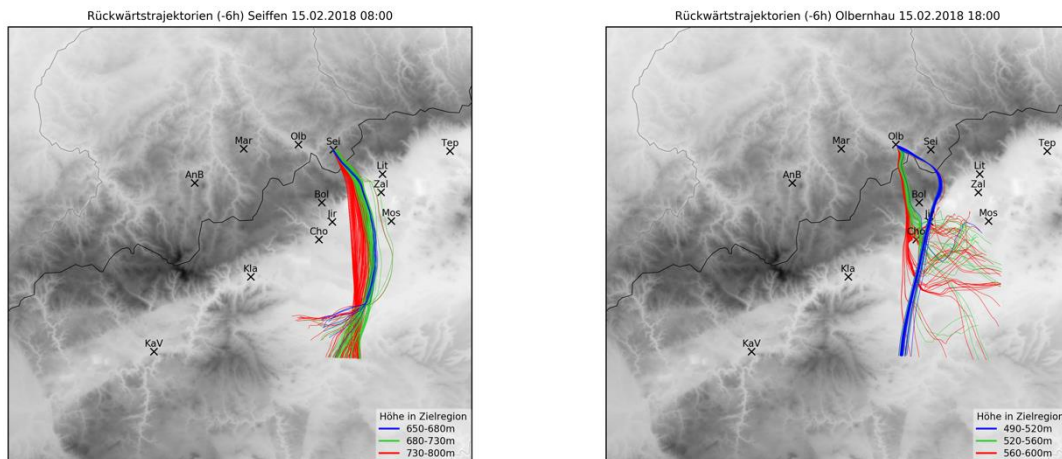


Abb. 118: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Seiffen (links) am 15.02.2018 08:00 Uhr und Olbernhau (rechts) am 15.02.2018 18:00 Uhr.

(nach Höhe am Zielgebiet eingefärbt (blau: niedrig, grün: mittelhoch, rot: hoch)). Datengrundlage der Orographie: NASA SRTM v4.1.

6.2 ANALYSE DER KANISTERPROBEN

Im Rahmen des Probandenprogramms wurden im Verlauf des Projekts OdCom insgesamt 48 Kanister in den Orten: Deutscheinsiedel, Háj u Duchcova, Kuhnheide, Litvínov, Marienberg, Neuhausen, Neurehefeld, Nová Ves v Horách, Olbernhau, Sayda, Seiffen, Vřesová entnommen. Die Kanister wurden nach dem Transport ins Labor gebracht, mit der Methode TD-GC-MS analysiert und die nachgewiesenen Analyten auf die Werte zur Geruchsaktivität (OAV in ou/m^3) umgerechnet. Die maximale gemessene OAV Konzentration betrug 59,75, die minimale lag bei 0, der Durchschnittswert betrug 6,17 und der Median 1,20 (ou/m^3). Die meisten Proben wurden in Seiffen (17) und in Háj u Duchcova (7) entnommen. Die Ergebnisse sind in der Tab. A. 17 zusammengestellt.

Für die Identifikation der Quelle ist es wichtig, die Windrichtung zur Zeit der Probenahme zu kennen. Zu diesem Zweck wurde das NOAA HYSPLIT Trajectory Model verwendet. Angaben über die Windrichtung an den Probenahmeorten¹⁰ sind für die Werte $\text{OAV} \geq 10$ (ou/m^3) aufgeführt.

¹⁰ Probenahmeort ist der Ort, an welchem während der Geruchswahrnehmung der Kanister mit Luft befüllt wurde.

Litvínov 16.11.2018

Diese Probe wurde bei SO-Windrichtung entnommen. Nachgewiesene Analyten sind Carbonyle, aromatische Kohlenwasserstoffe. Wahrscheinliche Geruchsquelle war das Unternehmen Unipetrol (OAV 24,3 ou/m³) (Abb. 119).

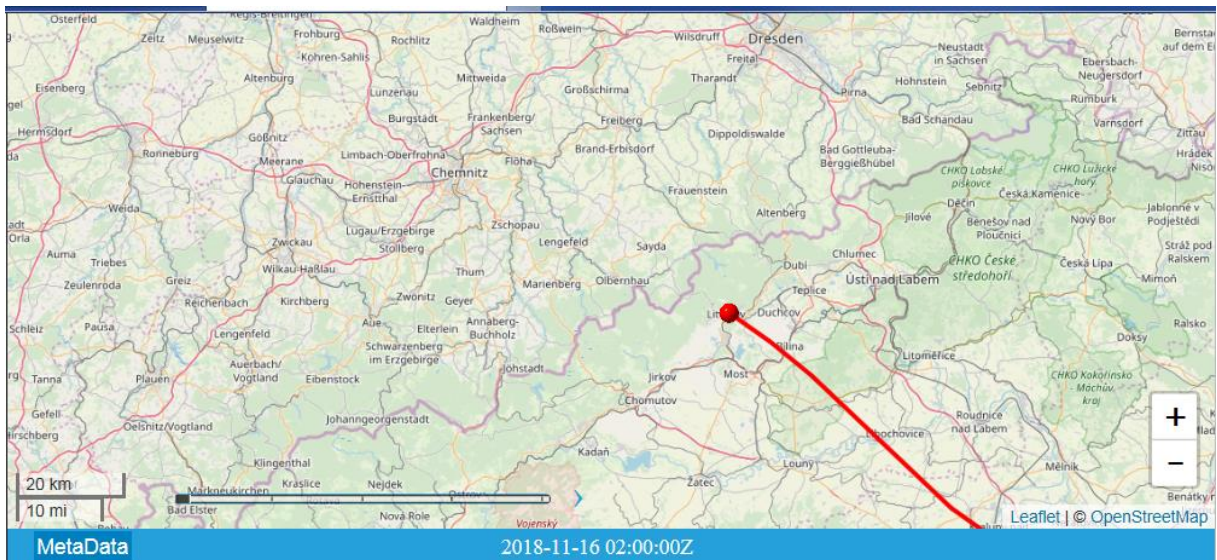


Abb. 119: Rücktrajektorien für die Probenahmestelle Litvínov. Angaben des Probanden: chemischer Geruch, Erdgas, sehr belästigend.

Marienberg 08.02.2017

Bei der Probenahme wehte der Wind aus Nordost. Nachgewiesen wurden die Analyten: aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Carbonyle, Tetrachlorethylen, α -Pinen und Limonen. Der OAV betrug 26,09 ou/m³ (Abb. 120).

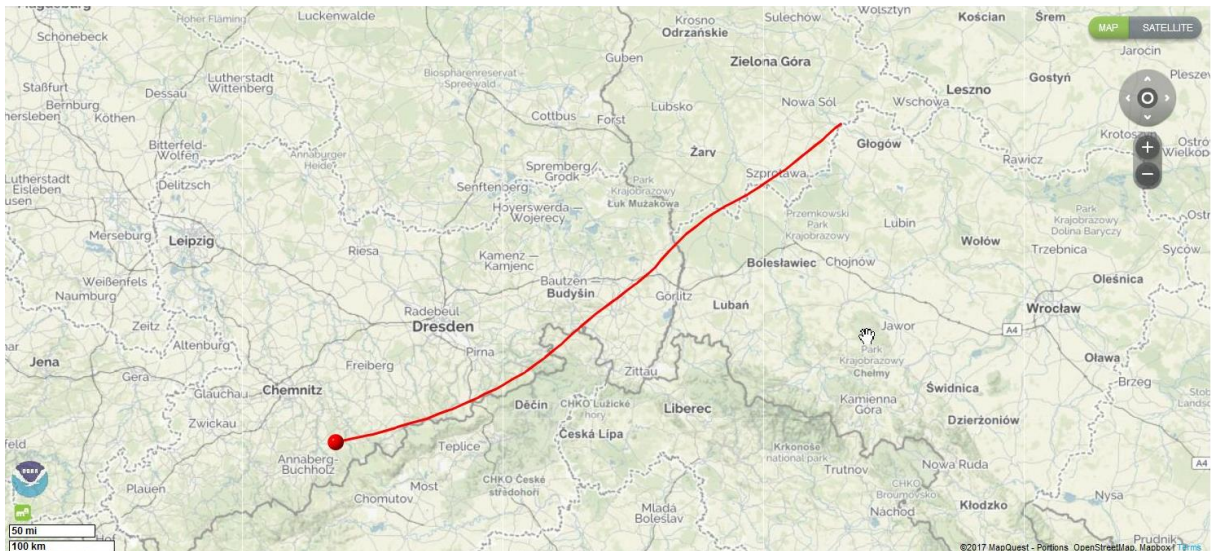


Abb. 120: Rücktrajektorien für den Probenahmeort Marienberg. Angaben des Probanden: Erdgas, schwacher Geruch.

Neuhausen 10.03.2018

Zur Zeit der Probenahme kam der Wind überwiegend aus südlicher Richtung. Die nachgewiesenen Analyten waren aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Äthanol, α -Pinen, β -Pinen, Limonen, Eukalyptol, höhere aliphatische Aldehyde, Oktanal, Nonanal, Dekanal. OAV 43,49 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abb. 121).

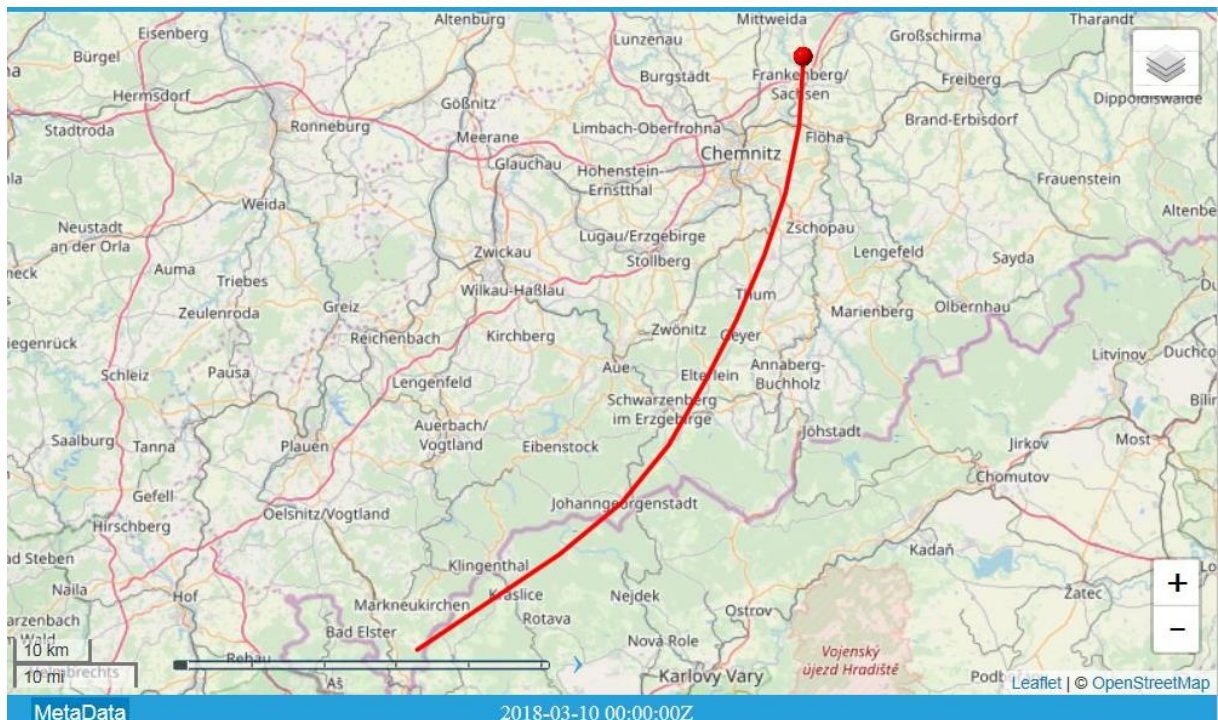


Abb. 121: Rücktrajektorien für den Probenahmeort Neuhausen. Angaben des Probanden: starker, stechender Geruch.

30.06.2019

179

Neuhausen 24.03.2018

Nachgewiesen wurden die aliphatischen Kohlenwasserstoffe C4-C8, Zykoalkane sowie die aromatischen Kohlenwasserstoffe (OAV 10,16 ou/m³) (Abb. 122).

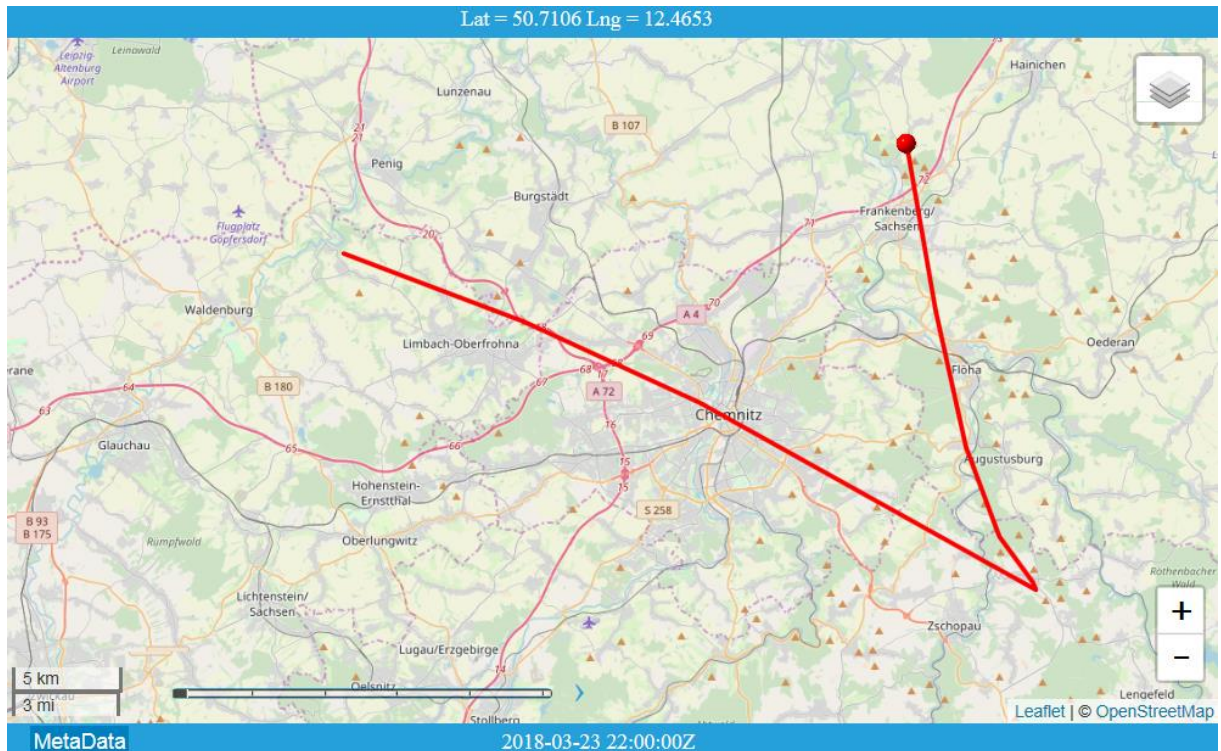


Abb. 122: Rücktrajektorien für die Entnahme Neuhausen. Angaben des Probanden: Geruch erinnert an einen Kraftwerkskühlturm, Dampflok, Abfallverbrennung.

Seiffen

In Seiffen wurden die meisten Beschwerden über die Luftqualität registriert. Die meisten Kanister wurden in Seiffen mit Luft befüllt. Die Probanden berichteten eine Vielzahl unterschiedlicher Gerüche: Benzin, Kohle, süß, Chemie, Gas und die Verbrennung von Kunststoff. Abb. 123, Abb. 124, Abb. 125 und Abb. 126 verdeutlichen die einzelnen Episoden mit OAV ≥ 10 .

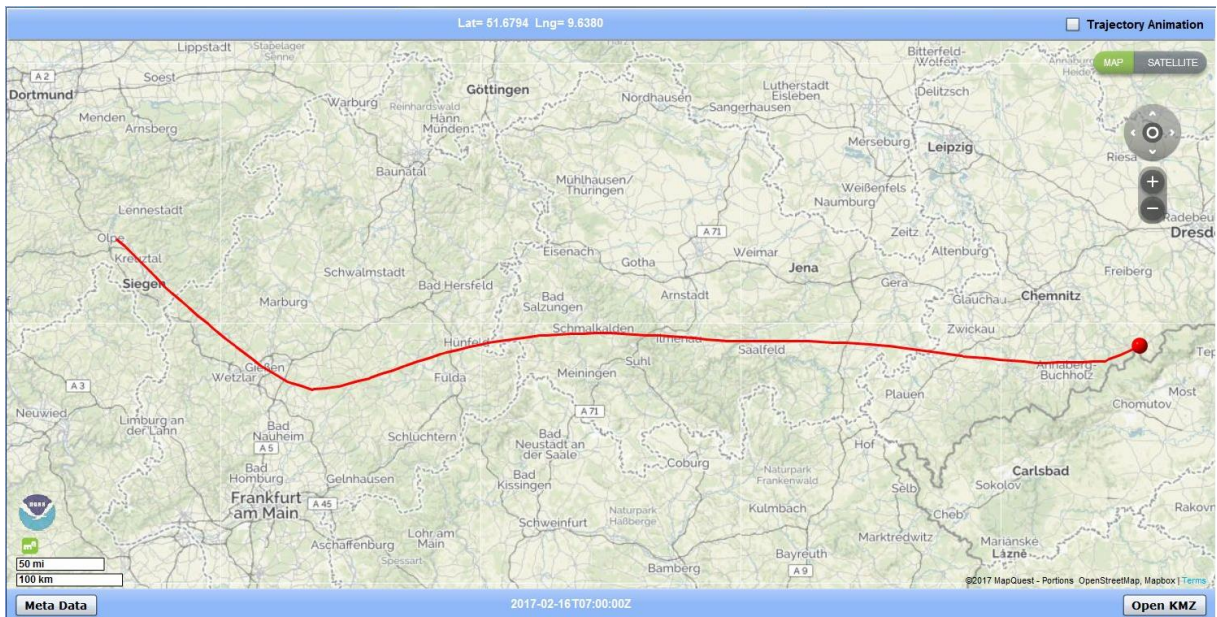


Abb. 123: Seiffen 17.02.2017 – nachgewiesene Analyten: Hexanal, Benzaldehyd, Oktanal, Dekanal, Toluol, Tetrachloräthylen, Naphtalen, OAV 42,88 (ou/m³).

Angaben des Probanden – mittelmäßig belästigender Geruch – Kohle. Das Verhältnis der Konzentration von Tetrachlorethylen und Toluol betrug in dieser Probe 0,36 (ppbv/ppbv). Das entspricht dem Verhältnis den durch stationäre Probenahme nachgewiesene Analyten auf dem Aussichtsturm Jeřabina (0,39) und in Deutschneudorf (0,28). Die wahrscheinliche Quelle ist die Kohleverbrennung (Garcia et al. 1992).

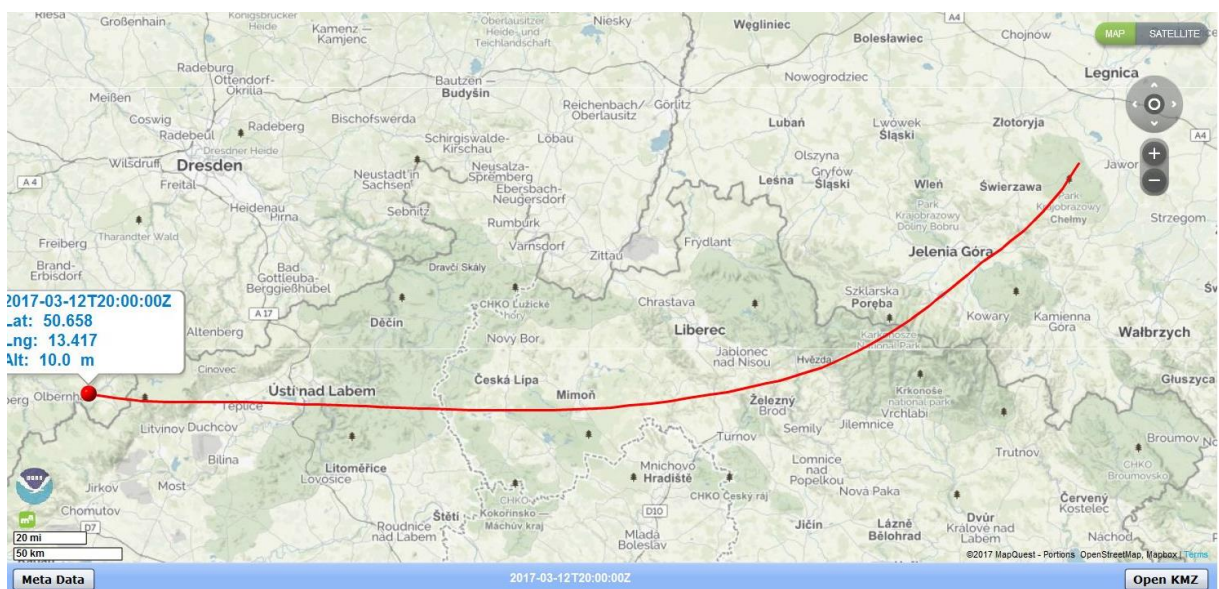


Abb. 124: Seiffen 13.03.2017 – nachgewiesene Analyten: Aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, OAV 33,4 (ou/m³). Angaben des Probanden – süß-ßer widerlicher Geruch.

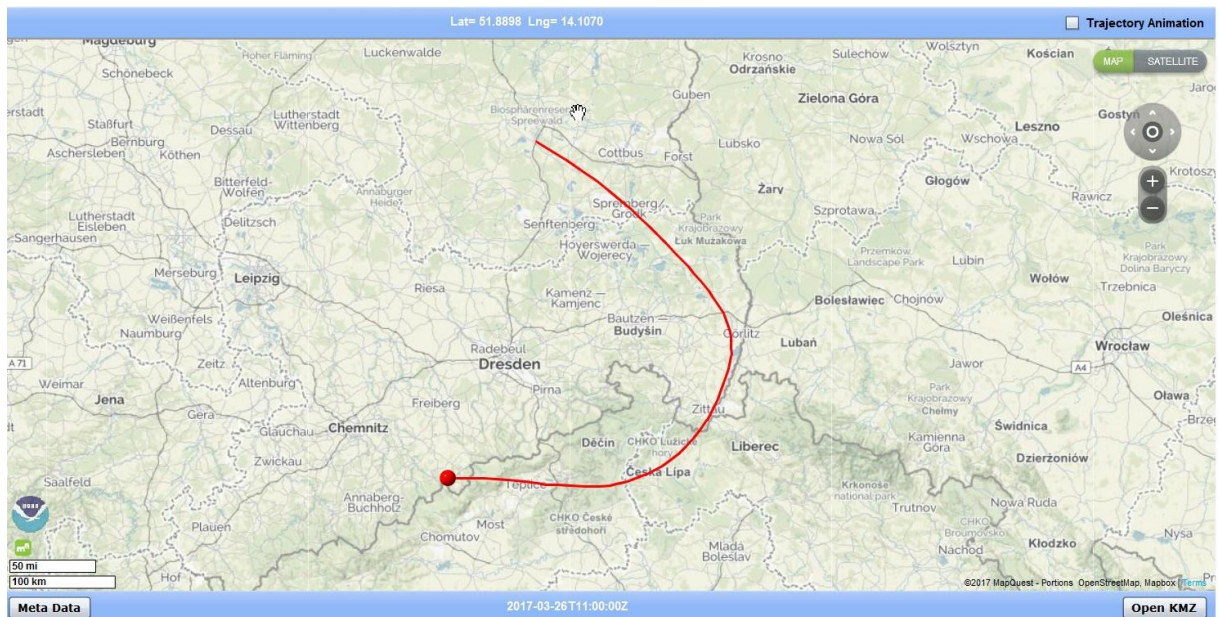


Abb. 125: Seiffen 27.03.2017 – nachgewiesene Analyten: aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe und Aldehyde, OAV 59,75 (ou/m³). Angaben des Probanden – schwacher Geruch.

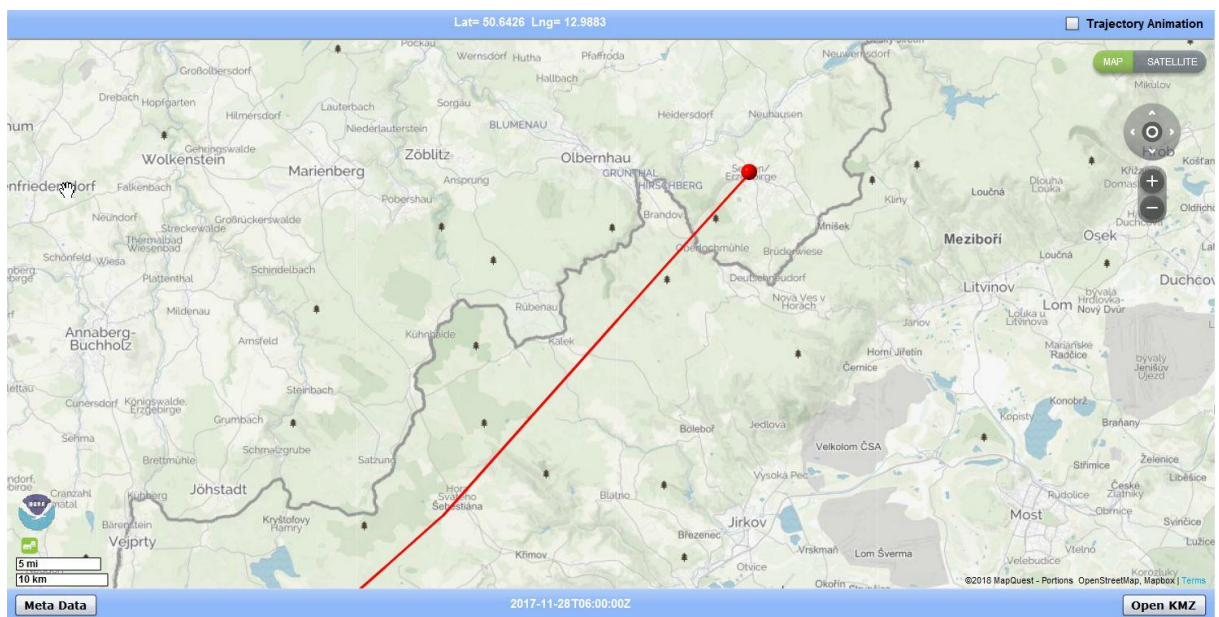


Abb. 126: Seiffen 28.11.2017 – nachgewiesene Analyten: Äthylazetat, Butylazetat, MIBK, CFCl₃, OAV 11,61 (ou/m³). Angaben des Probanden – süßer widerlicher Geruch.

Die gesamte Anzahl an Beschwerden und die Werte der chemisch nachgewiesenen Gerüche sind in Abb. 127 dargestellt.

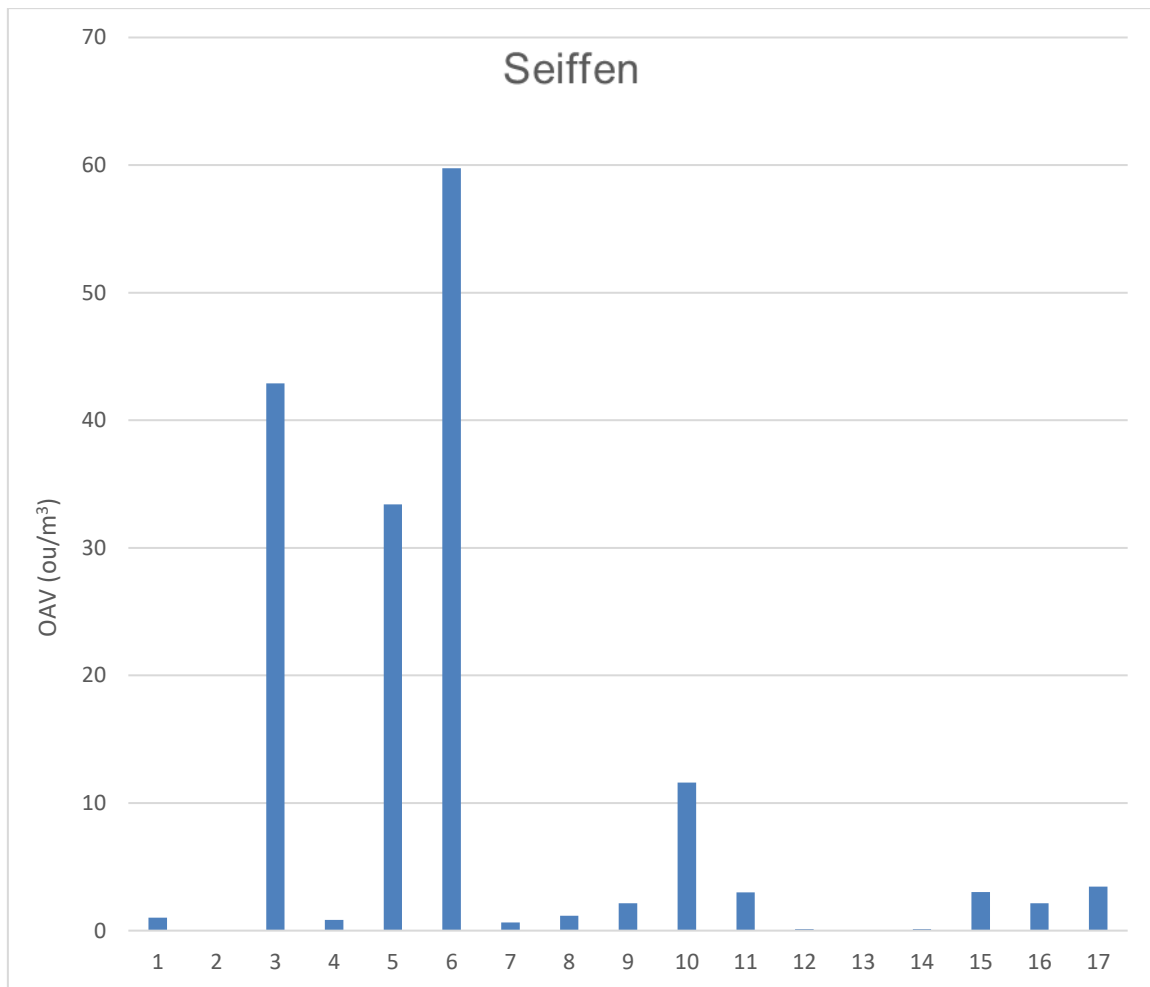


Abb. 127: Chemisch nachgewiesene OAV (ou/m³) in den einzelnen Episoden (insgesamt 17) in Seiffen.

Die in Seiffen nachgewiesenen Analyten unterschieden sich von denen aus den übrigen Probenahmeorten. Die Konzentrationen der nachgewiesenen Stoffe überschritten in vielen Fällen in Seiffen die Geruchsschwellen.

In den Proben befanden sich hohe Konzentrationen von Aldehyden und Benzoesäure (Abb. 128). Diese Verbindungen haben eine sehr niedrige Geruchsschwelle und konnten auch zu den Gerüchen in diesem Gebiet deutlich beitragen. Die mit dem Geruchssinn vorgenommene Bewertung dieser Proben durch die Probanden ergab die Geruchsmerkmale: chemischer Geruch, Kohle und Benzin.

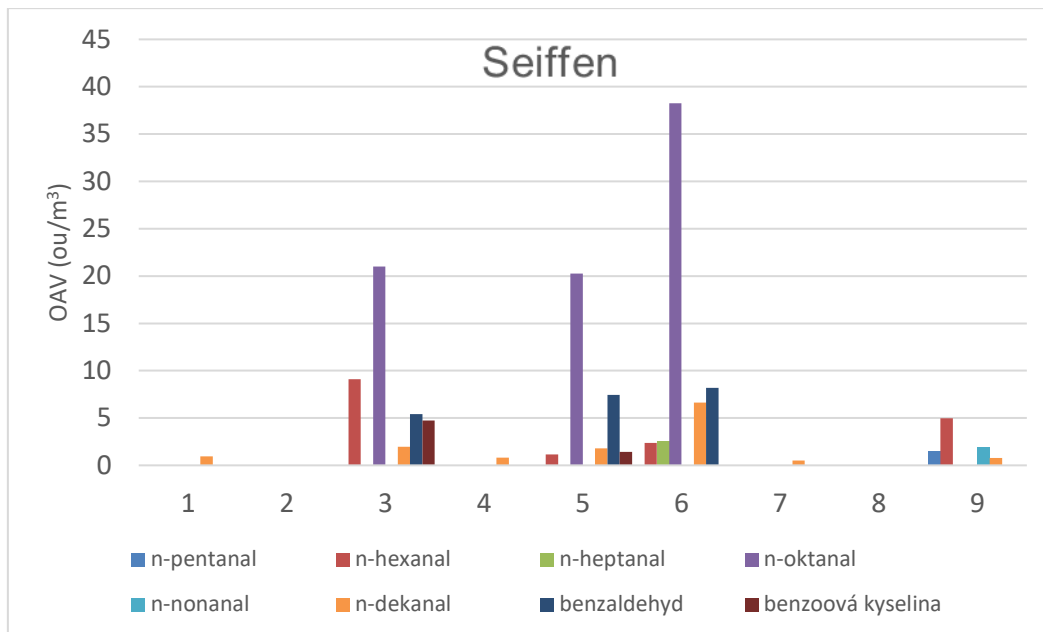


Abb. 128: In Seiffen nachgewiesene OAV Werte von Aldehyden und Benzosäure und ihre Konzentrationen in den Geruchseinheiten OAV (ou/m³), die in 9 Proben nachgewiesen wurden.

Hohe Konzentrationen (10^1 - 10^2 µg/m³) einiger Verbindungen, wie z.B. aromatische Kohlenwasserstoffe (Toluol, Ethylbenzen, Xylol), Essigsäureester (Butylazetat, Äthylazetat), Ethanol, Methylisobutylketon (MIBK) wurden seit dem 10/2017 registriert und deuteten darauf hin, dass sich in der Nähe des Probenahmeortes in Seiffen vermutlich eine bedeutende Quelle dieser Stoffe befindet Abb. 129. Diese Stoffe werden als Lösungsmittel bei Anstrichen benutzt.

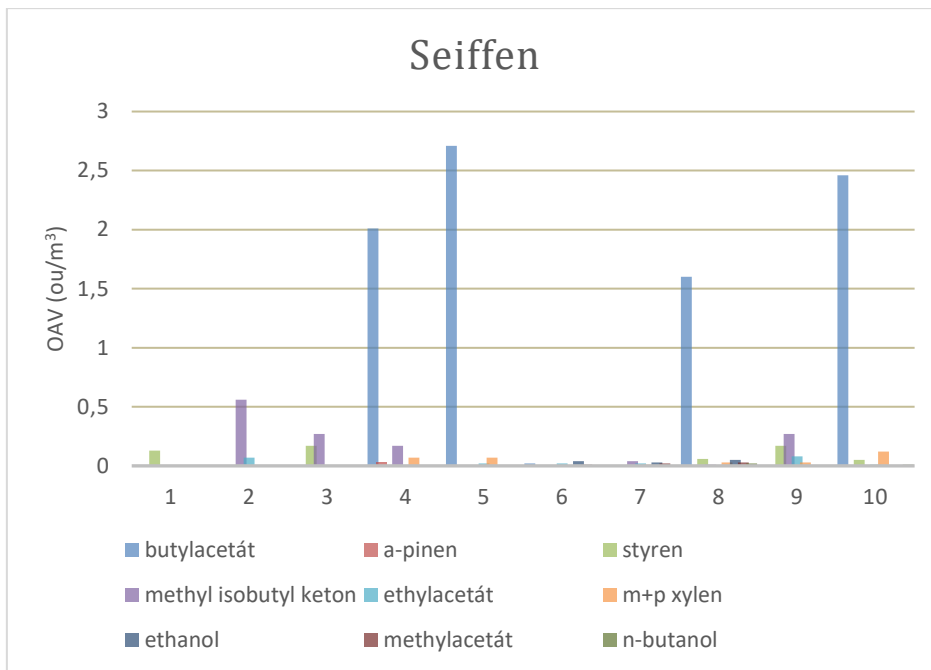


Abb. 129: In Seiffen nachgewiesene Analyten-Lösungsmittel- und ihre Konzentrationen in den Geruchseinheiten OAV (ou/m³), die in 10 Proben nachgewiesen wurden.

Quelle des Geruchsereignisses könnten Möbelfabriken in sein. Es wurde eine Probe in der Nähe einer Fabrik von einem Probanden genommen. Im Meldebogen wurde ein süßlicher Geruch nach Essigsäureestern angegeben. Zusätzlich wurde eine Probe in einer Verkaufsstelle für Farben und Lacke in der Nähe von Seiffen genommen. Die in der Farbenverkaufsstelle gemessenen Konzentrationen zusammen mit der am 17.11.2017 in Seiffen genommenen Probe sind in der Abb. 130 dargestellt.

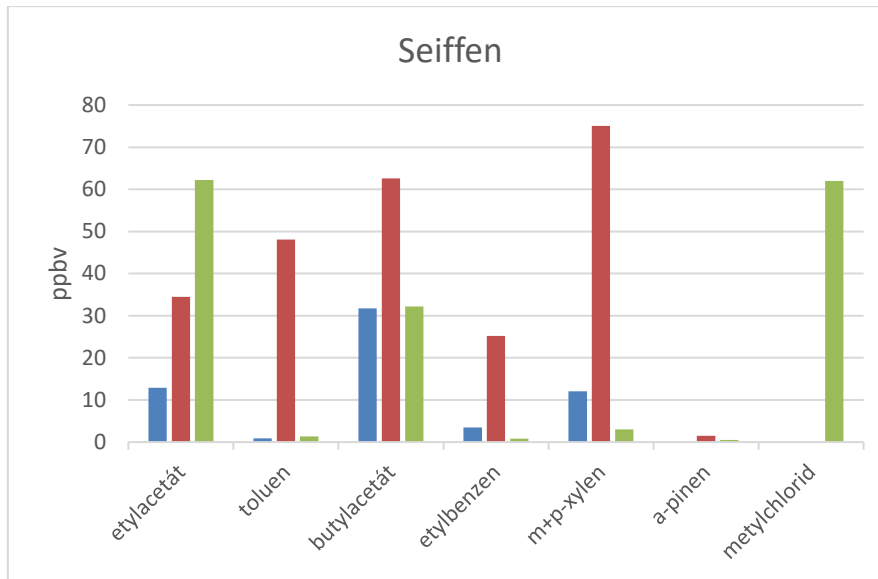


Abb. 130: Nachgewiesene Konzentrationen: Möbelfabrik (blaue Spalte), Farbenverkaufsstelle (rote Spalte), Luftprobe entnommene in Seiffen 28.11.2017 (grüne Spalte).

Außer diesen Verbindungen wurden in einer ganzen Reihe von Proben auch C₂-C₄ chlorfluorierte Verbindungen nachgewiesen (CFCl). Es wird vermutet, dass 1,2,3,4-Tetrachlor-1,1,2,3,4,4-hexafluorbutan, das in Polymere addiert wird (US patent 4041115 A), zusammen mit weiteren perhalogenierten Verbindungen beim Verbrennen von Kunststoffen in die Luft freigesetzt werden.

In Seiffen wurden aufgrund der Beschwerden der Probanden und der Analyse der in Kanister entnommenen Luftproben zwei bedeutende Stoffgruppen nachgewiesen:

- 1) Aldehyde, aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, die ihren Ursprung in stationären Quellen (Verbrennung von Holz und Kohle) und dem Kraftverkehr haben können.
- 2) Säureester, MIBK, aromatische Kohlenwasserstoffe, die durch die Herstellung von Möbeln entstehen.

Schlussfolgerung

Es gelang es eine Reihe von übelriechenden Stoffen in der Luft zu identifizieren und teils die Quellen der Geruchsbelastung näher zu bestimmen.

Acknowledgment

The authors gratefully acknowledge the NOAA Air Resources Laboratory (ARL) for the provision of the HYSPLIT transport and dispersion model and/or READY website (<http://www.ready.noaa.gov>) used in this publication.

6.3 AUSWERTUNG VON MESSERGEBNISSEN IN BEZUG AUF DIE GESUNDHEIT – AUSWERTUNG VON GERUCHSEPIDEN

Die Luft, die von den Probanden in die Kanister gefüllt wurde, enthielt organische Substanzen. Organische Substanzen können ab einer bestimmten Dosis narkotisch wirken und die Atemwege reizen.

Bei einer chronischen Vergiftung kann das Nervensystem geschädigt sowie die Schleimhaut und Haut gereizt werden. Einige mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe sind in hoher Dosis krebserregend.

Beurteilung der akuten Wirkung

Eine akute Gesundheitsschädigung konnte ausgeschlossen werden. Die Konzentrationen der nachgewiesenen Stoffe erreichten keine Werte ab denen sie nach heutigem wissenschaftlichen Standard gesundheitsschädlich wirken.

Bewertung der Langzeitwirkung

Die Werte der Kohlenwasserstoffe wurden hinsichtlich ihrer Langzeitwirkung auf die Gesundheit bewertet. Eine kontinuierliche Exposition durch diese Stoffe aus den Kanistern besteht nicht. Die in den Kanistern enthaltene Luft trat sporadisch für einige Minuten auf. Die hier beschriebenen gesundheitlichen Wirkungen treten nur auf, wenn die Bürger den Stoffen permanent ausgesetzt sind, was jedoch nicht der Fall ist. Die Kanisterproben der Probanden sind nicht geeignet, um Aussagen über eine Langzeitexposition zu machen.

Bei einigen gemessenen Stoffen ist die Wahrscheinlichkeit von Gesundheitsschäden bei langfristiger Exposition erhöht.

Hexan wies nur einmal einen Hazard Quotienten (HQ¹¹) von 0,2, Naphthalin nur einmal von 0,1. Terpenoide traten in geringen Konzentrationen auf. Ethylether trat in Deutschland einmal mit einem HQ von 0,1 auf. Ethanol trat häufig auf und dass nur in Deutschland mit einem HQ lag im Bereich von 0,4 bis 0,7. Pyridin wurde einmal in der Tschechischen Republik gemessen, der HQ lag bei 0,4.

Chloroform wurde nur in Deutschland, der HQ lag bei 7,2. Methylchlorid kam in Deutschland (HQ 1,4-2,6). Benzol und seine nicht krebserregende Wirkung wurde auf deutscher

¹¹ Hazard Quotient (HQ) wird mit Gefährdungsquotient übersetzt. Er ist das Verhältnis der potenziellen Exposition gegenüber einem Stoff und der Höhe, bei der keine nachteiligen Auswirkungen zu erwarten sind. Wenn der Hazard Quotient kleiner 1 ist, sind durch die Exposition keine nachteiligen Auswirkungen auf die Gesundheit zu erwarten.

Seite mit HQ 0,09-3,19 bewertet, auf der tschechischen Seiten mit 0,3-0,4. Sowohl bei Styrol als auch Toluol wurde der HQ in Hundertstel bis Tausendstel bewertet.

Ein wesentlicher Schadstoff war 2-Propennitril und dass nur auf deutscher Seite, beteiligt am HQ mit 2,3-8,3. Eine bedeutende Gruppe waren in Deutschland Essigsäure- und Ameisensäureester mit einem HQ von 0,07-3,6. In der Tschechischen Republik war der HQ niedriger. In der Tschechischen Republik kam Ameisensäure in relativ hoher Konzentration vor (HQ von 8,3). Zweimal wurde in Deutschland Ethoxy-2-Methoxy gefunden und Ethanol, deren HQ bei lebenslanger Inhalation gesundheitsschädlich sein kann, lag bei 1,4 und 2,4.

Isopentan trat nur in Deutschland auf und wies einen HQ von 0,3-0,5 auf.

Alle Verbindungen, sofern diese zusammen auftreten, könnte sich gleichzeitig auf die Gesundheit aus wirken.

7 EINSCHÄTZUNG DER GERUCHSBELASTUNG UND AUSWIRKUNGEN DER GERUCHSEPIDODEN UND LUFTSCHADSTOFFE IM SÄCHSISCH-TSCHECHISCHEN GRENZGEBIET

7.1 ERGEBNISSE DER PRIMÄRDATENANALYSEN

7.1.1 Fokusgruppe mit Einwohnern und Fachöffentlichkeit

Sachsen

1) Luftqualität, Geruchsereignisse

Die Teilnehmer wurden gebeten, die Umwelt in der Umgebung einzuschätzen. Lediglich eine Person äußerte, dass die Luftverschmutzung nicht nur auf die böhmische Luft zurückzuführen ist. Drei der vier Teilnehmer setzten die Umweltsituation mit den auftretenden Geruchsereignissen gleich. Sie verstehen unter Umwelt die Geruchsereignisse aus der Tschechischen Republik und klammerten die Standardluftschadstoffe aus.

2) Reden über und Melden von Geruchsereignissen

Alle fühlen sich durch die Geruchsereignisse belästigt bzw. belastet. Einheitlich betonten die Teilnehmer, dass Geruchsereignisse bei südöstlicher Windrichtung, bei Nebel aus der Tschechischen Republik und vorzugsweise in den Wintermonaten auftreten.

Die Teilnehmer erklärten, wie die Luft ins Erzgebirge kommt und wodurch der Geruch über den Kamm „schwappt“. Die Gerüche wurden als Katzendreck, Teer, Benzol, Plaste, Abgase, Essig, Schwefel, muffig, Mercaptane, chemische Verbindungen, aber auch Hausbrand und Grillen beschrieben. Daran wird deutlich, dass bestimmte Geruchsquellen nicht aus der Tschechischen Republik stammen können. Beim Auftreten von Nebel kommt es nicht unbedingt zu einem Geruchsereignis.

Ein Teilnehmer berichtete, dass gesundheitliche Probleme bei Nebel aus bestimmter Windrichtung auftreten. Obwohl es an einem Tag nicht riecht, gelangen nach Angaben eines Teilnehmers „krankmachende Substanzen“ aus der Außenluft nach Olbernhau.

Dem Hausbrand, der Holz- und Kohlefeuerung, wurde eine unterschiedliche Bedeutung beim Auftreten von Geruchsereignissen gegeben.

3) mögliche gesundheitliche Folgen im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet.

Für die Teilnehmer war das Besprechen der geruchsassoziierten Krankheitssymptome oder Erkrankungen von Bedeutung. Die Teilnehmer berichteten über Krankheitssymptome wie Husten, Brennen in Rachenraum und Nase sowie einem salzigen Gefühl im Mund. Dazu kamen Kreislaufbeschwerden, Herzbeschwerden, Verdauungsprobleme, Durchfälle, Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindel. Ein Teilnehmer verallgemeinerte den Fakt, dass es durch den Geruch zu einem Dauerhusten kommt. Krankheitssymptome und Beschwerden verschwinden, wenn die Befragten verreisen. Während eines Urlaubes erholen sie sich und sind teils beschwerdefrei.

Besonders Kinder und chronisch Kranke seien von den Geruchsereignissen bzw. den krankmachenden Stoffen in der Luft betroffen. Ein Teilnehmer berichtete, dass an einigen Tagen besonders viele Schulkinder zum Arzt gehen oder nachhause geschickt werden. Ursache dafür seien die Stoffe, die aus der Tschechischen Republik ins Erzgebirge und Vogtland gelangen.

Ein Teilnehmer bezweifelte, dass all seine Krankheitssymptome durch die Luft verursacht werden.

4) Melden eines Geruchsereignisses und Resignation

Ein Teilnehmer nutzt die Möglichkeit des Geruchstelefonats. Er schilderte einen Anruf beim Sächsischen Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. Deutlich wurde, dass Geruchsereignisse zwar bei offiziellen Stellen gemeldet werden, der Betroffene jedoch Maßnahmen kritisch gegenübersteht bzw. diese für nicht notwendig erachtet.

Tschechische Republik

Es bestand in der Tschechischen Republik ein Konsens, dass eine Geruchsbelästigung vorhanden ist und, dass Gerüche unterschiedlich unangenehm sind und die Bewohner stören können. Die Industrie in der Tschechischen Republik ist sich diesem Problem bewusst. Das Melden von Geruchsereignissen ist in der Tschechischen Republik wenig verbreitet.

7.1.2 Befragungen

7.1.2.1 Beschreibung der Population

Auf deutscher Seite stehen 1.875 Datensätze aus der postalischen Befragung (a) im Kerngebiet und 516 Datensätze aus der telefonischen Befragung (b) im gesamten sächsischen Untersuchungsgebiet zur Verfügung. Hinzu kommen 130 Befragte aus der postalischen Befragung mit kombinierten Fragen (a & b) im tschechischen Befragungsgebiet. Bezüglich der Baseline-Charakteristika Alter und Geschlecht sind beide Befragungsgruppen der postalischen Befragungen (a) ähnlich; signifikante Unterschiede zeigen sich jedoch in der Wohndauer, der Bildung und dem Raucherstatus (Tab. A. 18). Das Kollektiv der Auswertung der Telefonfragen (b) sind im Mittel 59 ($SD= 14$) Jahre alt und circa die Hälfte sind Rentner.¹² Die formale Bildung war in Sachsen (circa zwei Drittel Haupt- und Realschulabschluss) geringer als in Tschechien (circa drei Fünftel mindestens (Fach-)Abitur). Frauen sind im Sample in Sachsen mit 55% (Grundgesamtheit: 51%) leicht überrepräsentiert.

7.1.2.2 Wahrnehmung der Luftqualität und Gerüche

Auftreten von Gerüchen

62% der Befragten nehmen unangenehme Gerüche an ihrem Wohnort wahr, wobei keine Unterschiede in Bezug auf soziodemografische Daten (Alter, Bildung, Geschlecht) festgestellt werden. Deutliche Unterschiede gibt es hingegen hinsichtlich des Gebietes. 87% der Menschen, die im Kerngebiet (Sachsen) wohnen, geben an, dass Sie unangenehme Gerüche an ihrem Wohnort wahrnehmen. Hingegen nehmen nur 61% der Bewohner im

¹² Dies entspricht der tatsächlichen Altersstruktur vor Ort.

Randgebiet unangenehme Gerüche an ihrem Wohnort wahr und nur 44% auf tschechischer Seite ($\chi^2(2)=38,46$; $p<,001$; $V=,248$). Wird nach der Geruchsbelastung im gesamten Untersuchungsgebiet (und nicht direkt am Wohnort) gefragt, nehmen diese sogar rund 70% der Bevölkerung wahr (91% Kerngebiet; 66% Randgebiet, 54% Tschechien) ($\chi^2(2)=32,13$; $p<,001$; $V=,227$).

Übereinstimmend mit bereits bekanntem Wissen wurde am häufigsten angegeben, dass die Gerüche im Herbst (83% derjenigen, die Gerüche wahrnehmen) und Winter (75%) auftreten. Allerdings wurden auch Frühling (70%) und Sommer (64%) sehr häufig genannt. Fast die Hälfte der Befragten (49%) gab an, dass unangenehme Gerüche ganzjährig auftreten. Gut ein Zehntel (12%) gab an, dass in drei Jahreszeiten unangenehme Gerüche auftreten, ein Viertel (24%) in zwei Jahreszeiten und lediglich 16% nur in einer Jahreszeit. Ein Unterschied zwischen den Gebieten in Bezug auf das Auftreten unangenehmer Gerüche in den verschiedenen Jahreszeiten wurde nicht festgestellt ($\chi^2(6)=4,00$; $p>,5$). Diejenigen, die mindestens gelegentlich Gerüche wahrnehmen, geben also gleich häufig an, in welchen Jahreszeiten diese auftreten.

Bei der Betrachtung der Häufigkeit des Auftretens der Geruchsereignisse innerhalb der Jahreszeiten wird allerdings deutlich, dass die Gerüche im Herbst und Winter häufiger auftreten, wobei sich auch hier Unterschiede zwischen den Gebieten feststellen lassen. Befragte aus Tschechien nehmen die Gerüche häufiger täglich wahr (Frühling: 14%; Sommer: 11%; Herbst: 15%; Winter: 26%). Im Kerngebiet werden tägliche Gerüche von nur 6% und im Randgebiet von 7% der Befragten im Winter wahrgenommen. Innerhalb der anderen Jahreszeiten liegt der Anteil derjenigen, die täglich Gerüche wahrnehmen unter 2% in beiden Gebieten. Der Anteil derjenigen, die die Gerüche mindestens einmal wöchentlich bzw. mindestens einmal monatlich wahrnehmen, liegt allerdings im Kerngebiet am höchsten.

Insgesamt geben die Befragten aus allen Gebieten am häufigsten an, dass es nach chemischer Industrie riecht. Das Auftreten in den verschiedenen Jahreszeiten ist hierbei konstant (Abb. 131). Im Kerngebiet sind dies über alle Jahreszeiten hinweg rund 90% der Befragten, im Randgebiet rund drei Viertel und in Tschechien knapp die Hälfte.

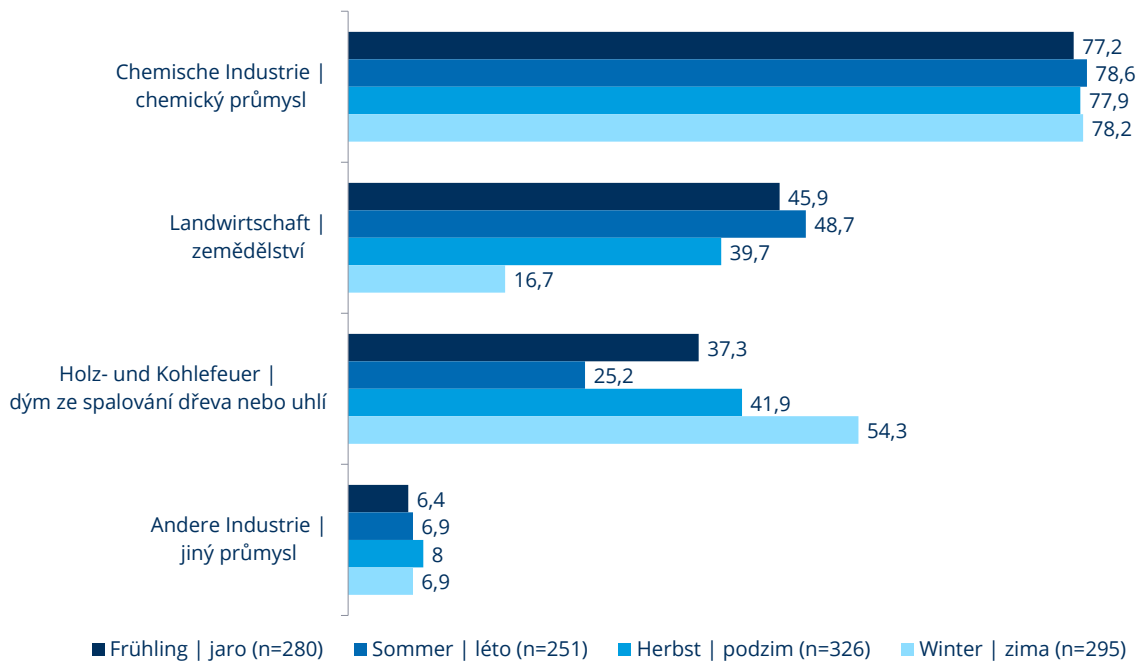


Abb. 131: Art des Geruchs nach Jahreszeit (Mehrfachnennung, in %).

Andere Gerüche werden deutlich seltener wahrgenommen und unterliegen saisonalen Schwankungen.

Verhalten bei Geruchsereignissen

Ein Großteil der Bevölkerung ändert ihr alltägliches Verhalten, um die Exposition durch die unangenehmen Gerüchen zu vermeiden. So geben die Befragten an, dass Sie es vermeiden zu lüften (80%), bei geschlossenen Fenstern schlafen (67%) und es vermeiden sich im Freien aufzuhalten (59%). Von rund 30% der Befragten werden alle drei Maßnahmen ergriffen, von 23% zwei der Maßnahmen und von 25% eine Maßnahme. Nur gut ein Fünftel (22%) geben an, dass sie keinerlei Maßnahmen ergreifen, wenn es unangenehm riecht. Der Vergleich der drei Gebiete zeigt, dass die Menschen im Kerngebiet die meisten Maßnahmen ergreifen (Tab. 17).

Tab. 17: Anzahl der ergriffenen Maßnahmen beim Auftreten von Geruchsereignissen (in %).

	Kerngebiet SN	Randgebiet SN	Tschechien	Gesamt
Keine Maßnahme	15,2	24,8	15,9	21,9
Eine Maßnahme	15,2	25,1	40,9	24,6
Zwei Maßnahmen	20,7	22,5	27,3	22,6
Drei Maßnahmen	47,8	27,0	15,3	30,2

Zusätzlich zu den im Fragebogen gestützt abgefragten Maßnahmen, geben 11% der Befragten an, weitere Maßnahmen zu ergreifen. Hierunter zählen vor allem sportliche Aktivitäten zu vermeiden, um den Körper zu schonen, prophylaktisch Schmerzmittel einzunehmen, um Kopfschmerzen vorzubeugen oder aber das Gebiet zu verlassen.

Daraus, dass die Menschen im Kerngebiet angeben, dass die Geruchsereignisse am häufigsten auftreten und eben diese Menschen die meisten Maßnahmen zur Vermeidung der Exposition ergreifen, wird deutlich, dass das alltägliche Leben dieser Menschen durch die Geruchsereignisse stark eingeschränkt wird. Neben dieser Einschränkung kommt hinzu, dass viele der Maßnahmen an sich nicht gesundheitsförderlich sind, da sie die Bewegung sowie das Aufhalten im Freien einschränken.

Gespräche über Geruchsereignisse

Die starke Präsenz der Thematik spiegelt sich auch in der Häufigkeit der Gespräche darüber wider. Über 70% der Befragten im Kerngebiet geben an häufig oder manchmal über das Thema zu sprechen wohingegen über 60% der Befragten aus dem Randgebiet und Tschechien angeben, selten oder niemals über die Thematik zu sprechen (Abb. 132)

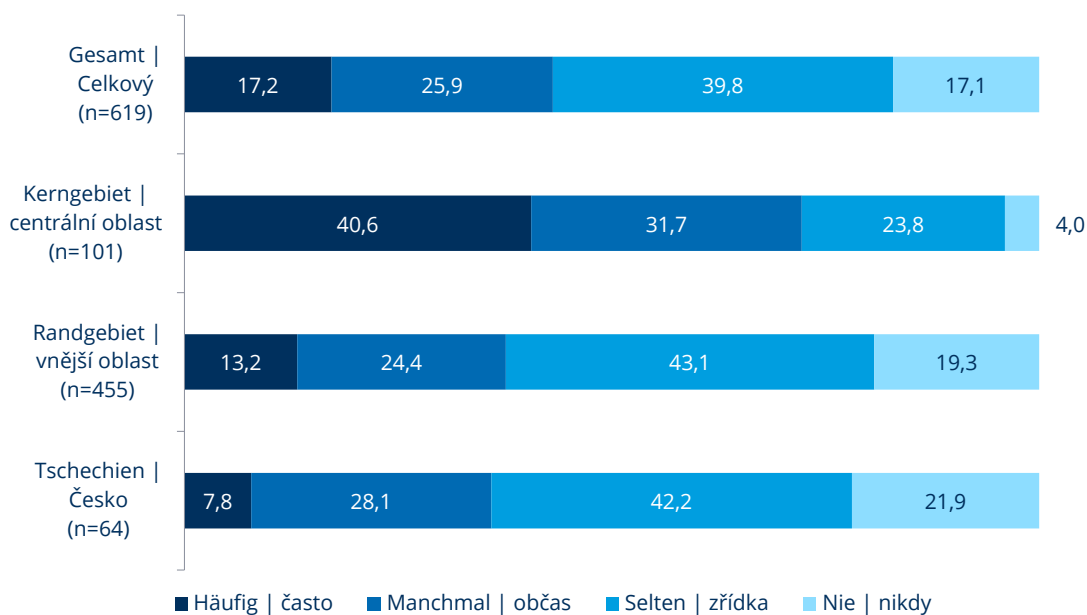


Abb. 132: Häufigkeit der Gespräche über Geruchsereignisse, nach Befragungsgebiet (in %).

Einschätzung der Luftqualität

Die Einschätzung der Luftqualität wurde indirekt abgefragt. So wurden die Befragten aufgefordert, die Luftqualität im Vergleich zu einer ähnlich ländlichen Region (Uckermark), zu einer Großstadt (Berlin) und einem städtischen Gebiet mit viel Industrie (Ruhrgebiet)

einzuschätzen. Im Kerngebiet geben 81% der Befragten an, dass die Luftqualität schlechter sei als in der Uckermark. Im Randgebiet sind dies knapp die Hälfte (46%) und in Tschechien noch 37%. Auch im Vergleich zu Berlin geben über die Hälfte (57%) der Befragten aus dem Kerngebiet an, dass die Luft im Untersuchungsgebiet schlechter sei (Randgebiet: 22%; Tschechien: 17%). Lediglich im Vergleich zum Ruhrgebiet stimmen deutlich weniger dieser Einschätzung zu. Doch selbst bei diesem Vergleich geben noch 17% im Kerngebiet und Tschechien an, dass die Luftqualität im Untersuchungsgebiet schlechter sei (Randgebiet: 10%).

Darüber hinaus sollten die Befragten einschätzen, inwiefern sich die Luftqualität seit der Wende verändert habe. Obwohl sich in dieser Zeit die Luftqualität deutlich verbessert hat, glauben dies nur knapp die Hälfte (48%) der Befragten aus dem Kerngebiet (Randgebiet: 64%; Tschechien: 87%). 32% im Kerngebiet geben an, dass sich die Luftqualität nicht verändert habe (Randgebiet: 24%; Tschechien: 7%). Circa ein Fünftel (19%) des Kerngebietes glauben sogar, dass sich die Luftqualität verschlechtert habe (Randgebiet: 12%; Tschechien: 7%).

Außerdem wurde indirekt abgefragt, ob die Befragten aufgrund der Luftqualität gesundheitliche Folgen erwarten. Die Befragten sollten angeben, ob sie eher der Aussage zustimmen würden, dass die Industrieanlagen in Tschechien die Luft im Erzgebirge belastet und sie sich aufgrund der Luft um ihre Gesundheit und die Gesundheit der Kinder sorgen. Oder aber, ob sie eher der Aussage zustimmen würden, dass das Erzgebirge ein dünnbesiedeltes Gebiet mit guter Luft sei und sie sich nicht um die Gesundheit sorgen. 88% im Kerngebiet, 65% im Randgebiet und 41% in Tschechien stimmen der ersten Aussage zu. Auch wenn sich die Zustimmung zu diesen Aussagen zwischen den Gebieten signifikant voneinander unterscheidet ($\chi^2(2)=38,19; p<,001$) ist die Zustimmung zu dieser Aussage in allen drei Gebieten groß.

Meldung von Geruchsereignissen

Darüber hinaus wurde abgefragt, inwiefern den Probanden die Stellen zur Meldung von Geruchsereignissen bekannt seien und ob diese bereits genutzt wurden (Abb. 133). Insgesamt ist nur 42% der Befragten bekannt, dass es solch eine Stelle gibt (Kerngebiet: 57% Randgebiet 34%; Tschechien 46%) (Abb. 133). Von denjenigen, die die Stelle kennen, haben lediglich 10% (Kerngebiet: 19,0%; Randgebiet: 7,8%, Tschechien: 4,9%) schon einmal Geruchsereignisse gemeldet.

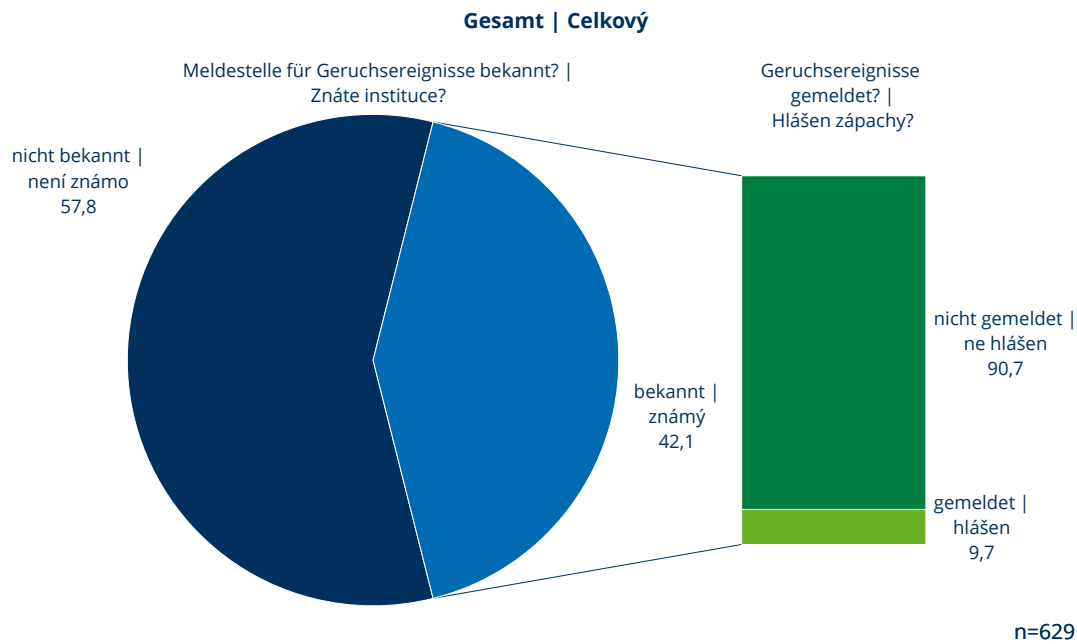


Abb. 133: Bekanntheit der Meldestelle für Geruchsereignisse (links) sowie Anteil der Bevölkerung, die min. 1 Mal ein Geruchsereignis gemeldet haben (rechts), in %.

7.1.2.3 Gesundheitsbezogene Outcomes

Die Befragten des Kerngebietes in Sachsen und Tschechien unterscheiden sich bezüglich der Outcomes wie folgt:

Gesundheitsbezogene Lebensqualität: Der SF-12v1 Fragebogen diente der Erfassung der gesundheitsbezogenen (körperlichen und psychischen) Lebensqualität. Die tschechischen Befragten haben im Vergleich zu den sächsischen Befragten über fast alle Altersklassen hinweg eine etwas höhere körperliche Lebensqualität (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**, Rangsummentest für Gebiet versus beide Summenskalen mit p jeweils $<0,01$) (Abb. A. 21).

Umweltbesorgnis: Außerdem wurden die allgemeine, die chemikalienbezogene und die geruchsbezogene Umweltbesorgnis (nach Rethage 2007) erfragt. Es gibt keine signifikanten Unterschiede bezüglich der allgemeinen Umweltbesorgnis im Vergleich sächsische versus tschechische Befragte. Allerdings haben die sächsischen Befragten eine höhere chemikalienbezogene und geruchsbezogene Umweltbesorgnis (Tab. A. 19).

Morbidität: Bezüglich der Morbidität wurde die Häufigkeiten des Auftretens von ausgewählten Beschwerden erfragt (Tab. A. 20). Bei allen abgefragten Beschwerden, außer Keuchen, gibt es signifikante Unterschiede zwischen den sächsischen und tschechischen Befragten. Die sächsischen Befragten sind von allen Beschwerden, außer Keuchen, häufiger betroffen.

7.1.2.4 Böhmischer Nebel (postalische Befragung)

Bekanntheit des Begriffs „Böhmischer Nebel“

Die Frage nach der Bekanntheit des Begriffs „Böhmischer Nebel“ (BN) wurde nur auf deutscher Seite gestellt, da dieser Ausdruck in Tschechien nicht verbreitet ist. Fast alle Personen (99,4%, n=1845 von 1857) geben an, den Begriff Böhmischer Nebel schon einmal gehört zu haben. Nahezu drei Viertel fühlen sich von dem Phänomen ziemlich oder sehr gestört. Gut drei Viertel (77,2 %) geben an, ihr Gesundheitszustand würde durch das Auftreten des Böhmisches Nebels belastet (Tab. 18).

Tab. 18: Böhmischer Nebel – sich Gestörtfühlen und gesundheitliche Belastung.

	N	%
Sich Gestört fühlen durch BN (N _{beantwortet} =1812, 98,2% von 1845)		
Gar nicht	83	4,6
Etwas	392	21,6
Ziemlich	660	36,4
Sehr	677	37,4
Belastung Gesundheitszustand durch BN (N _{beantwortet} =1783, 96,6% von 1845)		
Ja	1376	77,2
Nein	407	22,8

Am höchsten ist der Anteil der Belasteten in den mittleren Altersklassen, wohingegen der Anteil der Belasteten bei den jüngsten und ältesten Befragungsteilnehmern am geringsten ist (Rangsummentest Alter versus Belastet ja/nein: $p < ,01$). Außerdem ist zu erkennen, dass der Anteil der Frauen, die sich sehr durch den Böhmisches Nebel sehr gestört fühlen, mit dem Alter sinkt. Bei den Männern gibt es ab 45 Jahren einen ähnlichen Trend. Es gibt also Personengruppen, die sich mehr gestört und belastet fühlen, als andere Personengruppen (Abb. A. 22).

Vergleich der durch den Böhmisches Nebel Belasteten und Nichtbelasteten

Diejenigen, die ihren Gesundheitszustand durch den Böhmisches Nebel belastet sehen unterscheiden von denjenigen, die ihren Gesundheitszustand nicht belastet sehen bezüglich der Outcomes wie folgt:

Lebensqualität: Sowohl die körperliche Summenskala (KSK) als auch die psychische Summenskala (PSK) ist bei den Belasteten im Vergleich zu den Nichtbelasteten geringer (Rangsummentest jeweils mit $p < ,001$) (Abb. A. 23).

Umweltbesorgnis: Diejenigen, die ihren Gesundheitszustand durch den Böhmisches Nebel belastet sehen, haben eine höhere allgemeine, geruchs- und chemikalienbezogene Umweltbesorgnis als diejenigen, die ihren Gesundheitszustand nicht belastet sehen (Tab. A. 21).

Morbidität: Die Gruppe der Belasteten ist häufiger von den abgefragten Symptomen betroffen als die Nichtbelasteten (Abb. 134, Pearson's χ^2 -Test/exakter Test nach Fisher für alle Symptome $p < ,01$).

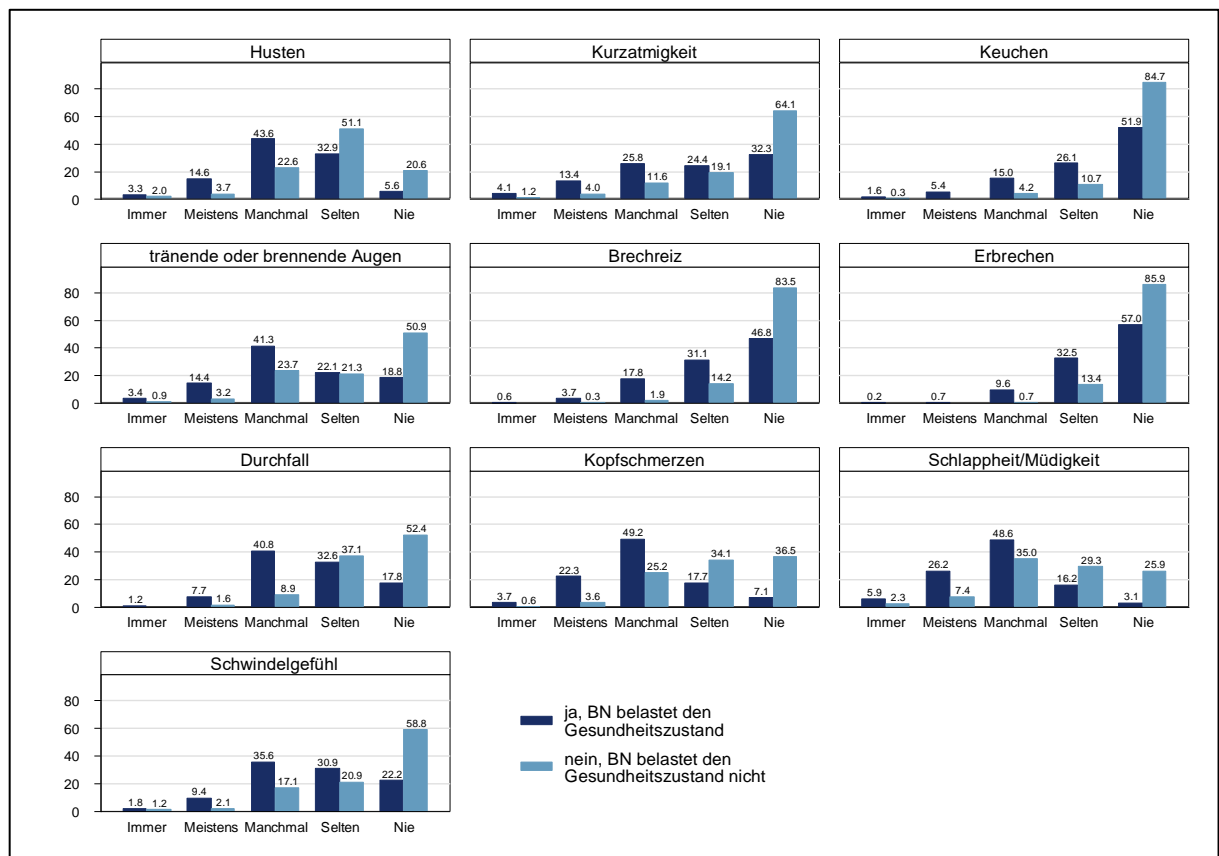


Abb. 134: Morbidität und Belastung durch Böhmisches Nebel: Dargestellt ist der Anteil der Häufigkeit des Auftretens von Symptomen bei den Belasteten bzw. Nichtbelasteten ($p < ,01$ für alle Symptome, Fallzahlen mit mind. einer Angabe zu den Symptomen: $N_{\text{Belastete}}=1367$, $N_{\text{Nichtbelastete}}=400$).

Morbidität und Geruchsbelästigung im Zeitverlauf

Die Geruchsbelästigungen führen laut Aussagen von Betroffenen zu körperlichen Beschwerden. Sobald die Geruchsbelästigungen auftreten, steige die Häufigkeit verschiedener körperlicher Reaktionen. Die Daten der Fragebogenerhebung liegen nur im Querschnitt vor, wobei die Fragebögen jedoch zu unterschiedlichen Zeitpunkten ausgefüllt wurden (Feldzeit = 26.01.2018 bis 22.04.2018). Für jedes Ausfülldatum steht eine Anzahl

an Personen, die an dem jeweiligen Tag den Fragebogen ausgefüllt haben, zur Verfügung. Zudem wurde in der Befragung nach den gesundheitlichen Beschwerden innerhalb der letzten drei Tage gefragt. Somit kann der Anteil der Personen mit Beschwerden (in den letzten drei Tagen) über die Zeit (für jedes Ausfülldatum) dargestellt werden (Abb. 135), um zu prüfen, ob es Tage gibt, an denen es zu Häufungen von gesundheitlichen Beschwerden kam. Außerdem wurde die Summe der im Fragebogen angegebenen Beschwerden gebildet und als Boxplot über die Zeit abgetragen (Abb. A. 24). Die Angaben aus dem Fragebogen wurden in beiden Abbildungen den Beschwerdezehlen beim Geruchstelefon des LfULG gegenübergestellt. Sowohl für die Anteile als auch für die Summe zeigen die Abbildungen keine eindeutigen Ergebnisse. Es gibt Schwankungen in den Anteilen und in der Summe, jedoch konnte kein Zusammenhang zu den LfULG-Beschwerdezehlen erkannt werden.

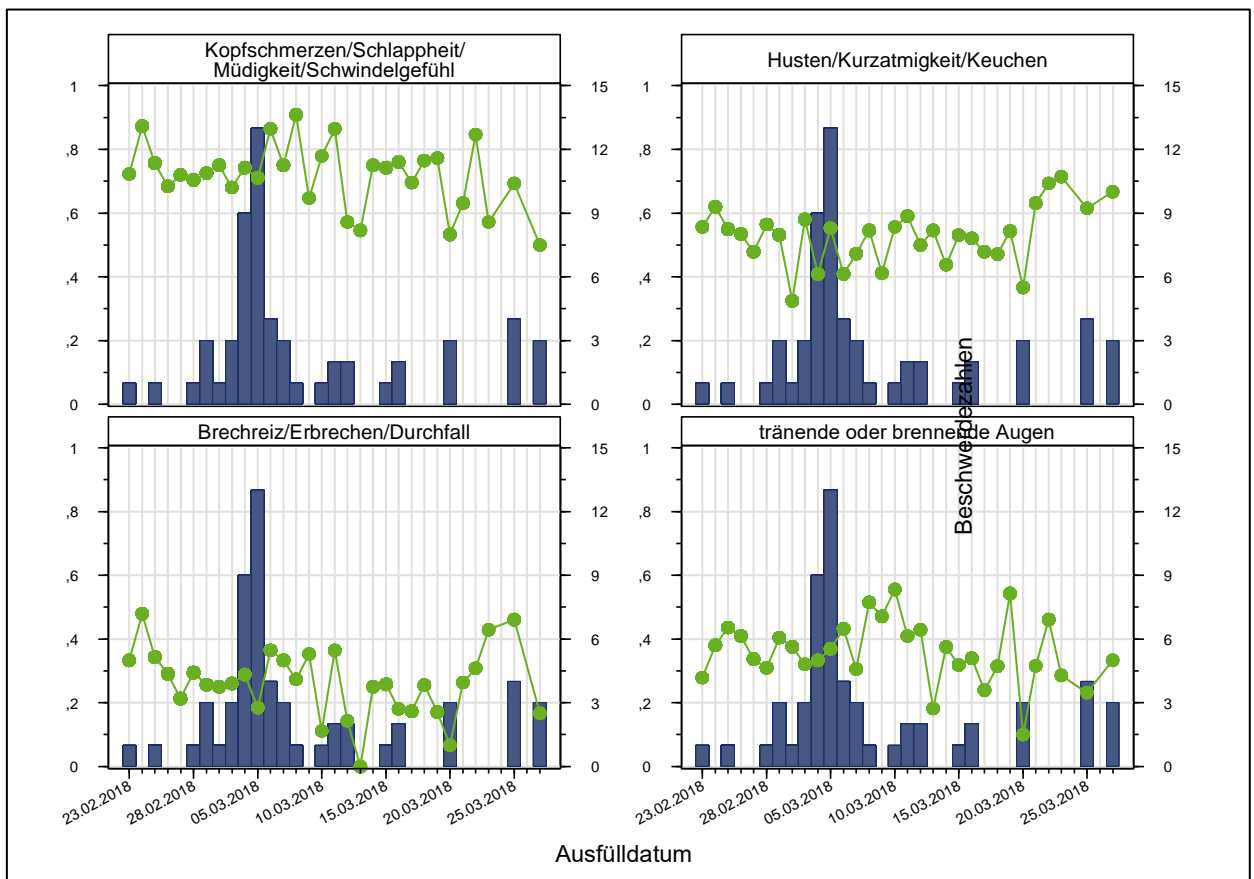


Abb. 135: Beschwerden im Zeitverlauf: Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Personen mit den jeweiligen Beschwerden (grün, linke y-Achse), die den Fragebogen am Ausfülldatum. Es wurden nur für die Tage Anteile berechnet, an denen mindestens 5 Personen die Frage zu den Beschwerden der letzten drei Tage ausgefüllt haben. Im Vergleich dazu sind die LfULG-Beschwerdezehlen in der Erzgebirgsregion (blau, rechte y-Achse) abgebildet.

7.1.2.5 Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Durch die repräsentative Bevölkerungsbefragung im Kern- und Randgebiet in Sachsen sowie dem Untersuchungsgebiet auf tschechischer Seite konnte erstmalig die Belastungssituation in der gesamten Bevölkerung abgeschätzt werden. Es wird deutlich, dass die Geruchsbelastungen innerhalb großer Teile der Bevölkerung präsent sind und nicht nur eine laute Minderheit davon betroffen ist. Die Belastung ist im Kerngebiet am höchsten, allerdings auch im Randgebiet und auf tschechischer Seite ein ernst zu nehmendes Problem. Anders als erwartet zeigen die Ergebnisse auch, dass die Gerüche nach chemischer Industrie ganzjährig auftreten und nicht nur in den Wintermonaten, auch wenn sie in dieser Jahreszeit häufiger auftreten. Die Geruchsbelastungen sind ein im Alltag der meisten Befragten ein präsent Thema, wie beispielsweise die häufigen Gespräche über die Thematik zeigen. Darüber hinaus schränken die Geruchsbelastungen die Bewohner im Untersuchungsgebiet ein, da die Anwohner beispielsweise den Aufenthalt im Freien vermeiden.

Es ist anzunehmen, dass das hohe Involvement der Befragten sowie das Ergreifen von Vermeidungsmaßnahmen dadurch zustande kommt, dass sie gesundheitliche Folgen durch die Luftschadstoffe befürchten und nicht nur auf Grund des unangenehmen Geruchs verursacht wird. Auffällig in diesem Zusammenhang ist, dass über die Hälfte der Befragten glaubt, dass sich die Luftqualität seit den 1990er Jahren nicht verändert hat oder sogar verschlechtert hat. Dies zeigt, dass die Befragten eine verzerrte Wahrnehmung haben. Aus diesem Grund wird es empfohlen, stärkere und differenzierte Aufklärungsarbeit innerhalb der Bevölkerung zu leisten.

So sollten sowohl verschiedene Stakeholder als auch die Bevölkerung stärker darauf aufmerksam gemacht werden, dass Gerüche als Stressor auf den Körper wirken (können), auch ohne dass toxische Stoffe in der Luft enthalten sind und somit den gesundheitlichen Zustand belasten können. Darüber hinaus sollte auch darüber aufgeklärt werden, dass auch aufgrund von Exposition mit nicht toxischen Stoffen somatische Reaktionen (wie z.B. tränende Augen) ausgelöst werden können. Mit der Aufklärungsarbeit sollten vor allem zwei Ziele verfolgt werden. 1) Wenn die Angst vor Gerüchen sinkt, dann sollte das Wohlbefinden steigen. 2) Wird in der Politik der hohe Stressfaktor von Gerüchen und die damit verbundenen gesundheitlichen Konsequenzen für die Gesellschaft erkannt, dann kann auch gerechtfertigt werden, dass Maßnahmen durchgesetzt werden, auch ohne dass toxische Stoffe nachgewiesen werden. Problematisch sind fehlende EU-Grenzwerte für Geruchsbelastungen.

Die Ergebnisse der repräsentativen postalischen Befragung im deutschen Kerngebiet und Tschechien bestätigen und ergänzen diese Ergebnisse. Die höhere Belastung im sächsi-

schen Kerngebiet im Vergleich zu Tschechien zeigt sich auch hier in signifikanten Unterschieden bezüglich der Outcomes Lebensqualität, Umweltbesorgnis und Morbidität. Die sächsischen Befragungsteilnehmer haben im Vergleich zu den tschechischen Befragungsteilnehmern eine verringerte Lebensqualität, eine höhere chemikalienbezogene und geruchsbezogene Umweltbesorgnis und sind häufiger von den Beschwerden Husten, Kurzatmigkeit, tränende oder brennende Augen, Brechreiz, Erbrechen, Durchfall, Kopfschmerzen, Schläppheit/Müdigkeit und Schwindelgefühl betroffen. Worin diese Unterschiede begründet sind, kann nicht kausal geschlossen werden, auch weil sich die Befragungsteilnehmer aus Sachsen und Tschechien in einigen grundlegenden Merkmalen unterscheiden (z.B. Größe des Befragungsgebiet, Soziodemografie, ...). Außerdem könnte es sich beispielsweise um länderspezifische, kulturell bedingte Unterschiede handeln. Darüber hinaus haben andere Messungen im Projekt gezeigt, dass Geruchs- und Schadstoffbelastungen lokal stark schwanken. Somit könnte auch eine unterschiedliche Exposition zur Geruchsbelastung in der Region eine mögliche Ursache sein.

Auch die hohe Präsenz der Geruchsproblematik innerhalb der Bevölkerung zeigt sich in den Auswertungen der postalischen Befragung im deutschen Kerngebiet. Fast alle kennen die Begrifflichkeit „Böhmischer Nebel“. Ein großer Anteil der Befragten fühlt ziemlich oder sehr vom „Böhmischen Nebel“ gestört und ein mit 77,2% hoher Anteil gibt an, ihr Gesundheitszustand würde durch das Auftreten des Böhmischen Nebels belastet. Im Vergleich zu denjenigen, die ihren Gesundheitszustand nicht belastet sehen, haben diejenigen, die sich belastet fühlen eine verringerte körperliche und psychische Lebensqualität. Sie leiden zudem häufiger unter den abgefragten Beschwerden. Es zeigt sich also, dass diejenigen, die sich durch den „Böhmischen Nebel“ belastet fühlen, tatsächlich eine höhere gesundheitliche Belastung aufweisen. Auf Ursache und Richtung dieses Zusammenhangs kann mithilfe der Befragung nicht geschlossen werden. So könnte auch das reine sich Gestört- und Belastet-Fühlen zu einer gesteigerten Wahrnehmung von Symptomen führen. Eine Validierung der angegebenen, selbst wahrgenommenen Morbidität anhand von beispielsweise Arzt-Daten und ein Vergleich mit einer Kontrollgruppe wäre an diese Stelle sinnvoll, konnte in dieser Studie jedoch nicht umgesetzt werden (siehe Methodenteil).

Die Betrachtung der angegebenen Beschwerden im Zeitverlauf lieferte keine eindeutigen Ergebnisse. Ein Zusammenhang zwischen den Geruchsbeschwerden beim LfULG und körperlichen Beschwerden im Fragebogen konnte nicht nachgewiesen werden. Hier ist jedoch darauf hinzuweisen, dass sich die Angaben im Fragebogen auf die letzten drei Tage beziehen wohingegen die Geruchsbeschwerden beim LfULG tagesgenau sind, zeitliche Verschiebungen sind dadurch möglich. Allerdings haben die Befragungsergebnisse auch gezeigt, dass nur ein sehr geringer Anteil (4%) der Bevölkerung jemals ein Geruchsereignis

beim LfULG gemeldet hat. Auch dies könnte eine Ursache für den nicht vorhandenen Zusammenhang darstellen. Die körperlichen Beschwerden im Zusammenhang mit Geruchsereignissen sollte weiter untersucht werden. Eine Längsschnittbetrachtung der Bewohner über die Zeit mit einer täglichen Dokumentation von Beschwerden bspw. nach dem Aufstehen und abends wäre eine Möglichkeit diese Thematik weiter zu ergründen.

7.1.2.6 Allgemeiner Gesundheitszustand und Zusammenhang mit weiteren Variablen

Die Befragten wurden nach ihrem allgemeinen Gesundheitszustand gefragt. Sie sollten ihre subjektive Wahrnehmung darstellen, die ihren allgemeinen Gesundheitszustand am besten beschreiben würde (Frage: *Wir würden Sie Ihren Gesundheitszustand im Allgemeinen beurteilen?*). Es ist zu betonen, dass es um eine subjektive Einschätzung der eigenen Gesundheit geht. Wir verfügten über keine medizinischen Angaben über die Befragten, die die Befragung objektivieren würden. Die Befragten konnten die Antworten aus einer 5-Stufen-Skala wählen (ausgezeichnet bis schlecht). Ein Vergleich der Antworten nach Nationalität der Befragten zeigte einen signifikanten Unterschied. Die tschechischen Befragten beurteilten ihre Gesundheit häufiger als „sehr gut“. Die deutschen Befragten dagegen als „gut“. Die Häufigkeit der Antworten wird in der nachstehenden Tabelle dargestellt (Tab. 19, Abb. 136).

Tab. 19: Zusammenfassung des allgemeinen Gesundheitszustands nach Nationalität des Befragten.

	Deutschland	Tschechien
Anzahl Antworten (N)	128	1846
ausgezeichnet	4 (3,12 %)	34 (1,84 %)
sehr gut	39 (30,47 %)	254 (13,76 %)
gut	55 (42,97 %)	1025 (55,53 %)
weniger gut	27 (21,09 %)	480 (26 %)
schlecht	3 (2,34 %)	53 (2,87 %)
Pearson´s χ^2 -Test: $p < 0,001$		

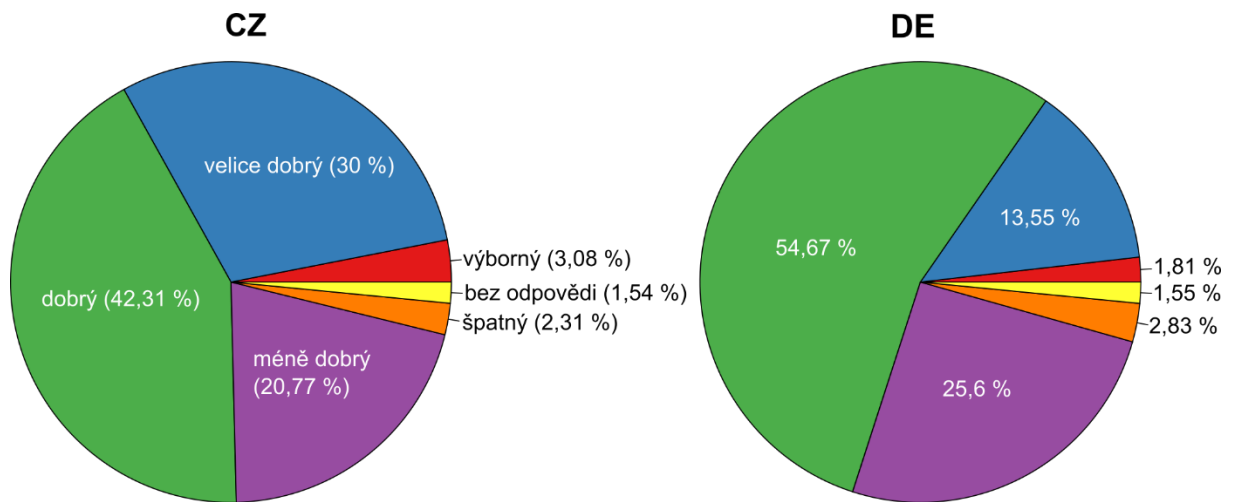


Abb. 136: Relative Häufigkeit der Antworten, die den allgemeinen Gesundheitszustand des Befragten beschreiben.

Der allgemeine Gesundheitszustand eines Menschen wird natürlich durch das Alter beeinflusst. Die Befragten in unserer Befragung stellen keine Ausnahme dar. Wir untersuchten, inwieweit die Antworten durch das Alter beeinflusst sind. Konkret in diesem Fall arbeiteten wir mit Altersgruppen von 10 Jahren und testeten auf dem 5%-Testniveau die Unabhängigkeit dieser Gruppen mit den Niveaus des Parameters „allgemeiner Gesundheitszustand“. Der p -Wert des Pearson's χ^2 -Unabhängigkeitstest war kleiner als 0,001. Im Rahmen der Bevölkerung kann also ein signifikanter Einfluss des Alters auf den allgemeinen Gesundheitszustand angenommen werden. Es wurde auch die Korrespondenzanalyse (CA) eingesetzt, um die gesamte Situation in einem Ordinationsdiagramm übersichtlich darstellen zu können (Abb. A. 25). Aus dem Ordinationsdiagramm ergibt sich, dass die Niveaus „ausgezeichnet“, „sehr gut“ und „gut“ mit dem Alter bis 60 Jahre klar verbunden sind. Dagegen die Niveaus „weniger gut“ und „schlecht“ hängen mit dem Alter über 60 Jahre zusammen. Das Niveau „weniger gut“ ist mit der Altersgruppe 71 bis 90 Jahre stark verbunden, die Antwort „gut“ weist eine starke Verknüpfung mit der Altersgruppe 51 bis 60 Jahre. Der Einfluss des Alters auf diesen Parameter ist also signifikant.

Einflussmodell bezogen auf den allgemeinen Gesundheitszustand

Der beschriebene Parameter „allgemeiner Gesundheitszustand“ kann auch mit anderen Variablen im Rahmen der Befragung zusammenhängen. Deshalb untersuchten wir das Modell der Abhängigkeit des Gesundheitszustands von einigen ausgewählten Parametern. Im Einzelnen handelte es sich um die Abhängigkeit vom (1) Alter, (2) Wohndauer im

aktuellen Wohnort, (3) Rauchen, (4) sich gestört fühlen durch einen gewissen Faktor (Geruch, Rauch, Lärm), (5) Index der Umweltbesorgnis allgemein, (6) Index der Umweltbesorgnis chemiebezogen, (7) Index der Umweltbesorgnis geruchsbezogen.

Das Einflussmodell wurde mit der Methode der multinomialen logistischen Regression erstellt. Es sollte der Einfluss der genannten Parameter (sog. erklärender Variablen) auf den allgemeinen Gesundheitszustand, also die sog. erklärte Variable, quantifiziert werden.

Die Anzahl Niveaus der erklärten Variablen wurde auf drei reduziert. Es handelt sich um: (1) gut (ursprünglich: „ausgezeichnet“ und „sehr gut“), (2) zufriedenstellend (ursprünglich: „gut“) und (3) schlecht (ursprünglich: „weniger gut“ und „schlecht“).

Das Modell wurde anhand Antworten aller Befragten erstellt.

Struktur der erklärenden Variablen

Vor der Erstellung eines konkreten Modells wurden einige Verhältnisse der erklärenden Variablen untereinander untersucht.

Ursprünglich sollte der allgemeine Gesundheitszustand auf die Parameter bezogen werden, die ausdrückten, (1) wie häufig der Befragte den störenden Einflüssen begegnet (Lärm, Verkehr, Geruch, Rauch, Smog) und (2) in wie weit fühlt sich der Befragte durch diese Einflüsse gestört. Diese beiden Parameter sind jedoch – wie angenommen und durch Test bestätigt - abhängig ($p < 0,001$) in allen fünf Störfaktoren. Es wurde daher beschlossen, nur diejenige Variable als erklärende Variable beizubehalten, die ausdrückt, in wie weit sich der Befragte gestört fühlt. In der Befragung wurde dieser Parameter ursprünglich mit einer 4-Stufen-Skala verbunden („überhaupt nicht“, „ein wenig“, „bedeutend“, „sehr“), für das Modell wurden jedoch die Antworten als „nein“ (beinhaltet: „überhaupt nicht“, „ein wenig“) und „ja“ (beinhaltet: „bedeutend“, „sehr“) zusammengefasst. Wir glauben, dass dies auch angebracht ist, um die nicht standardisierte Wahrnehmung der störenden Einflüsse durch die Befragten zu kompensieren. Des Weiteren überlegten wir, ob wir alle fünf genannten Einflüsse als erklärende Faktoren beibehalten sollen. Anhand der multikriteriellen Entscheidungsanalyse (MCA) beschlossen wir, nur Geruch, Lärm und Rauch in der Luft als Einflussgrößen beizubehalten. Der Einfluss von Verkehr war mit dem Einfluss von Lärm eng verbunden und der Einfluss von Smog war mit der Wahrnehmung von Rauch oder Qualm in der Luft eng verbunden. Aus dieser Analyse ergab sich die eindeutige Aufteilung der Befragten auf diejenigen, die sich durch keinen der Faktoren gestört fühlen und diejenigen die sich zumindest durch einen der Faktoren gestört fühlen (1. Ordinationsachse). Die 2. Ordinationsachse korreliert klar mit den Faktoren Lärm und

Verkehr. Das heißt, dass Menschen, die Geruch oder Rauch in der Luft empfindlich wahrnehmen, sich nicht durch den Lärm gestört fühlen, und umgekehrt (Abb. A. 26).

Die Korrelation zwischen den stetigen erklärenden Parametern waren nicht signifikant (kein Korrelationskoeffizient überschritt als absoluter Wert 0,7). Im vorgelegten Modell treten also alle Parameter so auf, wie oben beschrieben.

Methode des Regressionsmodells

Die logistische Regression ist ein Werkzeug, um den Einfluss von stetigen Variablen auf eine kategoriale Variable zu modellieren. In der multinomialen logistischen Regression wird der Einfluss einer Mischung von stetigen und kategorialen Variablen betrachtet. Das Ergebnis ist die Abhängigkeit des sog. relativen Risikos (odds) von den Werten der erklärenden Variablen. Das relative Risiko ist ein Quotient zwischen der Wahrscheinlichkeit, dass ein gewisses Niveau der erklärten Variablen eintritt, und der Wahrscheinlichkeit des gewählten Basisniveaus. Das Ergebnis des Modells sind also Regressionskoeffizienten (sog. Quantifizierung des Einflusses auf die erklärte Variante) und deren statistische Bedeutung wichtig, die in unserem Fall mit dem z - Test getestet wurde. Wird mit den Regressionskoeffizienten als Exponenten von Potenzen mit Basis e gerechnet, so ergibt sich der Wert eines relativen Risikos, d.h. das bereits erwähnte Verhältnis zwischen den Wahrscheinlichkeiten.

Ergebnismodell

Anmerkungen zur Interpretation (Tab. 20, Abb. 137):

- Z.B. eine Erhöhung des Alters um ein Jahr bewirkt, dass das Verhältnis der Wahrscheinlichkeiten des Niveaus „zufriedenstellend“ und „gut“ (d.h. ein relatives Risiko eines zufriedenstellenden Gesundheitszustands gegenüber dem guten) steigt 1,042mal.
- Z.B. wenn sich ein Mensch durch Geruch gestört fühlt, steigt das relative Risiko eines zufriedenstellenden Gesundheitszustands 2,696mal, beim schlechten Gesundheitszustand 2,308mal.

Tab. 20: Relatives Risiko für Einheitsänderung der erklärenden Variablen (Z - Test: $p < 0,001$ (*), $p < 0,01$ (**), $p < 0,05$ (*)).**

Niveau des Faktors	Niveau der erklärten Variablen	
	zufriedenstellend	schlecht
Intercept	0,028 ***	0,0004 ***
Alter	1,042 ***	1,074 ***
Wohndauer am aktuellen Wohnort	1,007	1,010
Index der allgemeinen Umweltbesorgnis	1,729 ***	1,888 **
Index der Umweltbesorgnis chemiebezogen	1,271	1,405 *
Index der Umweltbesorgnis geruchsbezogen	0,802	1,044
Rauchen - ja	1,730 *	1,534
Rauchen - aktuell nein, früher ja	1,257	1,225
Belastung durch Lärm - ja	1,001	1,416
Belastung durch Rauch - ja	1,283 **	1,867
Belastung durch Geruch - ja	2,696 ***	2,308 **

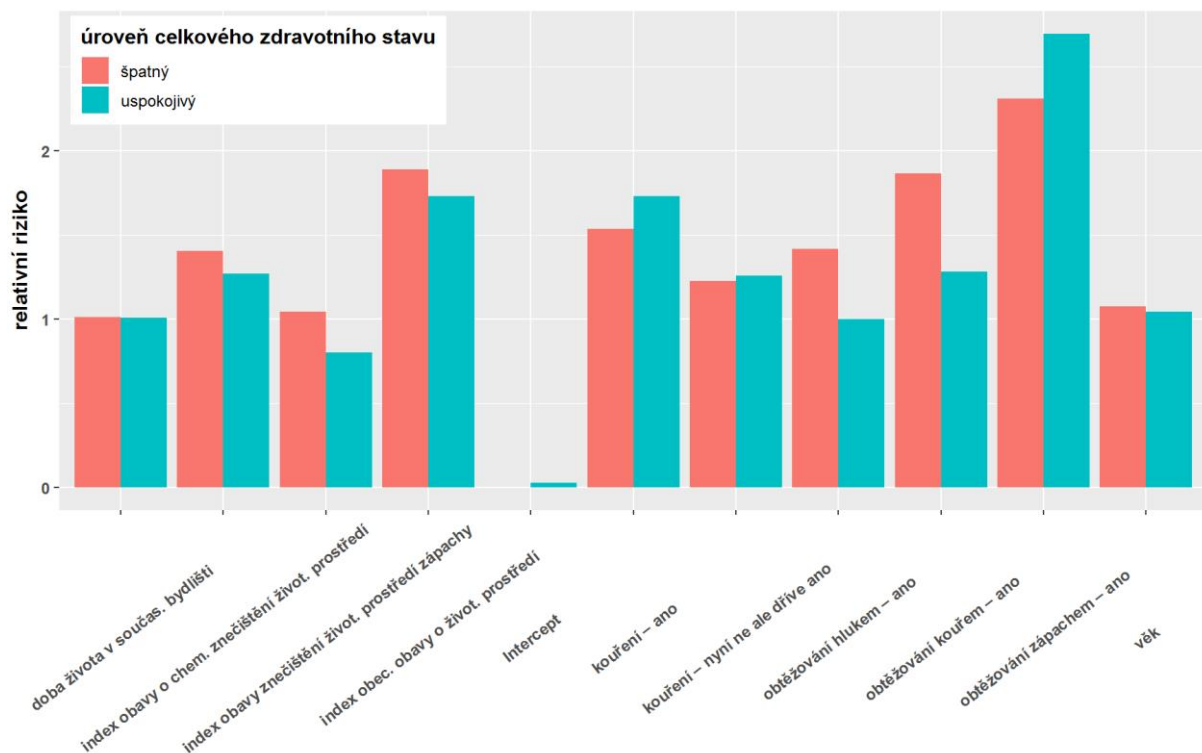


Abb. 137: Relatives Risiko für die Einheitsänderung der erklärenden Variablen.

In dem Ergebnismodell stellt der Zwei-Niveau-Faktor „Belastung durch Geruch“ das höchste relative Risiko dar, und dies sowohl für das Niveau „zufriedenstellend“ (2,696), als auch für das Niveau „schlecht“ (2,308) des allgemeinen Gesundheitszustands dar. Der nächste Faktor mit hohem Risiko ist der „Index der Umweltbesorgnis geruchsbezogen“. Das mit dem Alter verbundene relative Risiko ist im Vergleich zu anderen niedrig (liegt bei 1). Aus Sicht der gesamten Bevölkerung sind relative Risiken des bereits erwähnten Parameters „Belastung durch Geruch“ und „Alter“ statistisch bedeutend. In diesem Sinne ist auch der „Index der allgemeinen Umweltbesorgnis“ signifikant („zufriedenstellend“: 1,729, „schlecht“: 1,888). Dagegen ist der „Index der Umweltbesorgnis geruchsbezogen“ statistisch unbedeutend. Abb. 138 zeigt, wie sich in der Bevölkerung die Wahrscheinlichkeit des konkreten Niveaus des Parameters „allgemeiner Gesundheitszustand“ in Abhängigkeit vom Alter und von der Tatsache, ob sich die Person durch Geruch gestört fühlt oder nein, ändert. Die Wahrscheinlichkeit eines zufriedenstellenden oder schlechten Gesundheitszustands steigt mit dem Alter, die steigende Kurve ist jedoch dann in Richtung größere Werte verschoben, wenn sich die Person durch Geruch gestört fühlt.

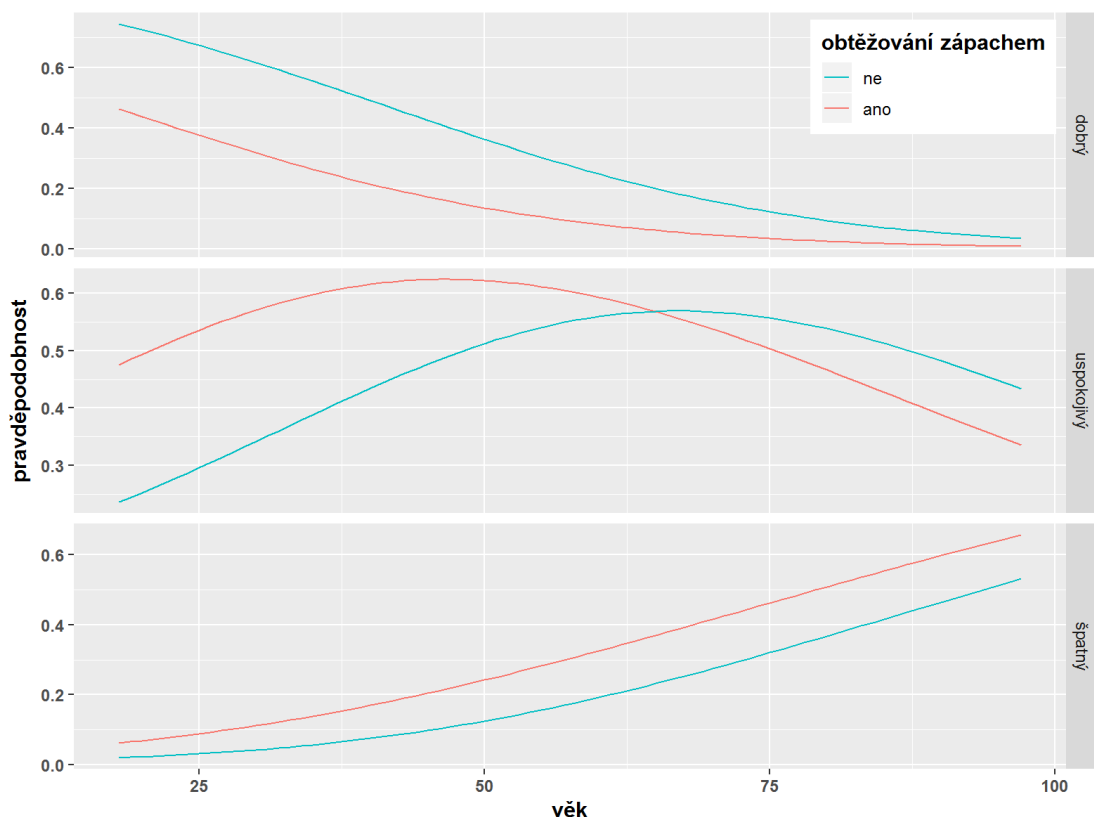


Abb. 138: Prognose des Wahrscheinlichkeitswerts des allgemeinen Gesundheitszustands in Abhängigkeit von den Variablen Alter und Belastung durch Geruch anhand des logistischen Regressionsmodells.

7.1.3 Fokusgruppen mit Experten

Sachsen

1) Luftqualität, Geruchsereignisse

Die Experten aus Sachsen schätzten die Luftqualität in der Tschechischen Republik als besser ein als die Luftqualität im Erzgebirge. Als mögliche Ursachen nannten die Teilnehmer die geografische Lage des Erzgebirges und die chemische Industrie in der Tschechischen Republik. Die chemische Industrie stellt die Existenzgrundlage für einen Teil der Bevölkerung im tschechischen Grenzgebiet dar. Teilnehmer betonten, dass die Industrie sehr „wohltätig“ zur Bevölkerung ist indem fehlende Infrastruktur geschaffen wird (in Form eines Skigebietes, Schwimmbades).

Ein Umweltbewusstsein fehlt in der Tschechischen Republik weitestgehend. Die Bevölkerung in Sachsen ist nach Aussagen der Experten umweltbewusster als die Bevölkerung in der Tschechischen Republik. Jedoch schränkte ein Experte die Aussage ein.

Die Quellen der Geruchsereignisse liegen nach Meinung der Teilnehmer in der Tschechischen Republik. Angemerkt wurde, dass die Messung von Gerüchen schwierig ist, da es sich um flüchtige Stoffe handeln könnte, die „[...] *die dann wieder weg sind*“.

2) Gesundheit

Es wurde vermutet, dass sich Stoffe in der Außenluft befinden, die unterhalb der Riechschwelle liegen, die Gesundheit jedoch negativ beeinflussen und zum Auftreten von Erkrankungen sowie Krankheitssymptomen beitragen. Es müssen jedoch nicht alle Gerüche und Stoffe ursächlich für das Auftreten von Erkrankungen und Krankheitssymptomen verantwortlich sein.

3) Verantwortung

Die tschechischen Industrieunternehmen weisen, die Verantwortung, dass sie Quelle der Geruchsbelastung sind, zurück und beschuldigen sich gegenseitig. Wichtig ist nach Angaben eines Teilnehmers ein kameradschaftliches Verhältnis zwischen Sachsen und der Tschechischen Republik. Die Verantwortung liegt auch bei jedem Einzelnen. Jeder einzelne ist Verbraucher der Stoffe, die gewinnoptimierend in der Tschechischen Republik produziert werden und teilweise umweltschädigend sein können.

4) Zielgruppen-spezifische Kommunikation und Intervention

Eine objektive Kommunikation ist schwierig, da das Thema der Geruchsereignisse im Erzgebirge sehr emotional diskutiert wird. Am erfolgversprechendsten sei nach Aussage der

Experten die Kommunikation mit Schülern und Jugendlichen durch Informationsweitergabe in Schulen und an Universitäten. Medien sind in der Verantwortung, objektiv und auch positive Entwicklungen zu berichten.

Als positiv wurden zwei Fakten erwähnt: 1) Das Ökozentrum Most veröffentlicht regelmäßig und transparent Informationen über Aktivitäten und Störfälle auf der eigenen Internetseite in deutscher Sprache. 2) Die direkte Zusammenarbeit mit den Behörden (wie den Bezirksämtern) in der Tschechischen Republik funktioniert sehr gut.

Dennoch gibt es Lücken in der Meldekette sobald ein Geruchsereignis auftritt. Unterschiedliche Ebenen in Deutschland und der Tschechischen Republik arbeiten nicht effektiv zusammen und Informationswege sind zu lang.

Betont wurde, dass das Thema politische Priorität hat. Es wird auf den Treffen der Umweltminister sowie auf Abteilungsleitererebene immer wieder angesprochen.

Eine Lösung, um die Geruchsereignisse einzudämmen, gibt es nicht. Die Teilnehmer wissen, dass die Betriebe den Richtlinien der Europäischen Union unterliegen und die europäischen Standards einhalten müssen.

Zum Ende der Diskussion wies ein Teilnehmer darauf hin, dass Seiffen auch eine Tourismusregion ist. Die zu starke Fokussierung auf das Thema „Geruch“ könnte unter Umständen dem Tourismus schaden.

Tschechische Republik

1) Luftqualität, Geruchsereignisse

Im Gegensatz zu den Experten, die an der Diskussion in Olbernhau teilnahmen, betonten die tschechischen Experten, dass es eine deutliche Besserung der Luftqualität in Sachsen und dem tschechischen Grenzgebiet gibt. Dies wurde durch die Schließung bzw. die Modernisierung von Industrieanlagen, eine bessere Technologie und strengere gesetzliche Auflagen erreicht. Für die Bevölkerung in der Tschechischen Republik ist dies unmittelbar spürbar.

Die Gerüche seien nach Angaben der Experten eher auf sächsischer Seite zu spüren. Als Ursachen dafür wurden genannt, dass die tschechische Bevölkerung eher an eine schlechtere Luftqualität gewöhnt sei und ein geringeres Umweltbewusstsein vorhanden ist. Einzelfälle „schlechterer“ Luftqualität führt laut den Teilnehmern zu Verärgerung im Erzgebirge. Sichtbarer Nebel vermittelt den Eindruck verschmutzter Luft, die aus der Tschechischen Republik kommt.

2) Gesundheit

Das Thema der gesundheitlichen Folgen der Geruchsereignisse spielte in der Diskussion keine Rolle.

3) Verantwortung

Die sächsische Bevölkerung negiere eigene Quellen im Erzgebirge.

4) Zielgruppen-spezifische Kommunikation und Intervention

Die Teilnehmer gaben an, dass objektive Informationen in Sachsen fehlen und Vorurteile in der Bevölkerung vorhanden sind. Es mangelt beispielsweise an Wissen, dass die technologischen Standards sowie die gesetzlichen Regeln nach EU-Recht in der Tschechischen Republik eingehalten werden müssen und auch eingehalten werden. Informationsweitergabe und Aufklärung sollte durch die Weitergabe von Fakten und Statistiken in lokalen Zeitungen sowie in öffentlichen Veranstaltungen geschehen. Aufklärung in Kindergärten und Schulen im Erzgebirge und der Tschechischen Republik stellt einen wichtigen Pfeiler in der Informationsweitergabe und Kommunikation dar.

Das Grundproblem besteht laut Experten in der Annahme der Bevölkerung, dass alles was schmutzig und stinkend ist aus Böhmen in das Erzgebirge kommt.

Als mögliche Lösungsansätze werden die Identifizierung stinkender Quellen, die Veränderung der Landwirtschaft sowie die Reduzierung der privaten Holz- und Kohlefeuerung genannt.

7.2 ERGEBNISSE DER SEKUNDÄRDATENANALYSEN

7.2.1 Auswirkungen von Geruchsereignissen im Erzgebirge

Im Untersuchungszeitraum 2012 bis 2016 wurden 24.007 im sächsischen Kerngebiet wohnhafte Personen aufgrund einer natürlichen Erkrankung (ICD-10 A00 – R99) in einem sächsischen Krankenhaus aufgenommen. Dies entspricht einem Mittelwert von 13,14 Personen pro Tag (SD = 6,51). Die häufigste Ursache für eine Krankenhauseinweisung waren kardiovaskuläre Erkrankungen (5.205, M = 2,85, SD = 2,01), von denen wiederum Herzkrankheiten den größten Anteil ausmachten (3.574, M = 1,96, SD = 1,60). Krankheiten des Verdauungssystems waren in 2.895 Fällen (M = 1,58, SD = 1,50) ursächlich für eine Krankenhauseinweisung, gefolgt von respiratorischen Erkrankungen (1.489, M = 0,81, SD = 0,95).

Im sächsischen Randgebiet wurden im gleichen Zeitraum 69.773 Personen aufgrund einer natürlichen Erkrankung in einem Krankenhaus aufgenommen (M = 38,19, SD = 17,20). Auch hier entfiel der größte Anteil auf kardiovaskuläre Erkrankungen (11.422, M = 6,25, SD = 3,40) und die hierunter subsumierten Herzkrankheiten (7.941, M = 4,35, SD = 2,58), gefolgt von Erkrankungen des Verdauungssystems (7.613, M = 4,17, SD = 2,78) und respiratorischen Erkrankungen (4.181, M = 2,29, SD = 1,71).

Im tschechischen Untersuchungsgebiet wurden im Zeitraum 2012 bis 2017 insgesamt 135.432 Personen aufgrund einer natürlichen Erkrankung in einem Krankenhaus behandelt (M = 61,78, SD = 24,02). Wie in den sächsischen Untersuchungsgebieten entfielen die häufigsten Krankenhausaufnahmen auf kardiovaskuläre Erkrankungen (27.154, M = 12,39, SD = 5,57) und die hierunter zählenden Herzkrankheiten (15.393, M = 7,02, SD = 3,50). Erkrankungen des Verdauungssystems wurden 14.319-mal behandelt (M = 6,53, SD = 3,60), respiratorische Erkrankungen waren 12.098-mal ursächlich für die Aufnahme in einem Krankenhaus (M = 5,52, SD = 3,14).

Die Todesursachenstatistik weist im Zeitraum von 2012 bis 2015 im sächsischen Kerngebiet 1.172 natürliche Todesfälle aus (M = 0,8, SD = 0,9). Im sächsischen Randgebiet traten im gleichen Zeitraum 3.328 natürliche Todesfälle ein (M = 2,28, SD = 1,52). Im tschechischen Untersuchungsgebiet wurden in den Jahren 2012 bis 2017 insgesamt 23.331 natürliche Todesfälle dokumentiert (M = 10,64, SD = 3,37).

Sämtliche im Folgenden beschriebenen Befunde der Auswertung der Krankenhaus- und Todesursachenstatistik sind in den Tab. A. 22, Tab. A. 23, Tab. A. 24, Tab. A. 25, Tab. A. 26, Tab. A. 27 und Tab. A. 28 dokumentiert.

Zusammenhang zwischen der Anzahl gemeldeter Geruchsereignisse und Krankenhausaufnahmen im sächsischen Kerngebiet

Die Auswertung der Gerüche und ihrer Folgen für die Gesundheit der Bevölkerung basiert auf den beim Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie Sachsen (LfULG) gemeldeten Geruchsereignissen. Diese wurden mit der Anzahl der Krankenhausaufnahmen assoziiert.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Exposition mit Gerüchen im sächsischen Kerngebiet zunächst mit einem minimal verringerten relativen Risiko für natürliche Erkrankungen einhergeht. Diese Veränderungen weisen Werte von bis zu -0,55% auf (95%-CI [-1,0; -0,09], IQR 1,5, Lag 0-1) und sind als marginal zu beurteilen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Gesamtbetrachtung aller natürlichen Diagnosen ein Spektrum an Krankheiten umfasst, von denen nicht jede in einem direkten Zusammenhang mit einer Exposition stehen muss. Mit der Untersuchung wurde ebenfalls getestet, ob ein Zusammenhang zwischen

Gerüchen und zerebrovaskulären Erkrankungen besteht. Die Ergebnisse zeigen eine Änderung des relativen Risikos für eine Krankenhausaufnahme aufgrund zerebrovaskulärer Erkrankungen nach der Exposition durch Gerüche um maximal -5,09% (95%-CI [-9,34; -0,64], IQR 1,7, Lag 0-5).

Vier Tage nach einer Exposition besteht jedoch ein erhöhtes relatives Risiko für eine Krankenhausaufnahme aufgrund respiratorischer Erkrankungen um 1,09% (95%-CI [0,3; 1,9], IQR 1, Lag 4) sowie fünf Tage nach einer Exposition ein erhöhtes relatives Risiko für ausgewählte Krankheiten des Verdauungssystems in Höhe von 1,43% (95%-CI [0,46; 2,4], IQR 1, Lag 5). Gesundheitliche Beschwerden, die in den Kategorien R00-R99 der ICD-10 verzeichnet sind (d.h. „Symptome und abnorme klinische und Laborbefunde, die anderenorts nicht klassifiziert sind“) treten nach einer Exposition durch Gerüche ebenfalls häufiger auf. Bei ihnen ist die Änderung des relativen Erkrankungsrisikos nach einer Exposition über mehrere Tage mit 2,2% am höchsten (95%-CI [0,36; 4,05], IQR 1,5, Lag 2-5).

Die Ergebnisse, die einen Anstieg des relativen Risikos für eine Krankenhausaufnahme nach der Exposition durch Gerüche zeigen, stellen insgesamt jedoch nur geringe Wirkungen auf Erkrankungsrisiken dar. Die nachfolgend dargestellten Befunde für die Exposition durch Luftschadstoffe, insbesondere für die Expositionen durch PM₁ Ruß und ultrafeine Partikel bedeuten vergleichsweise deutlich höhere Gefahren für die Gesundheit der Bevölkerung im sächsischen Kerngebiet.

Zusammenhang zwischen der Exposition durch Luftschadstoffe PM₁ Ruß, PM₁₀, UFP 20-100nm, PNC 20-800nm und Krankenhausaufnahmen

PM₁ Ruß

Der zentrale Befund der Analyse des Zusammenhangs von PM₁ Ruß und Krankenhausaufnahmen ist die Wirkung der Exposition auf Atemwegserkrankungen. Für die gesamten respiratorischen Erkrankungen, d.h. bei der Auswertung aller Atemwegserkrankungen zusammen, besteht im sächsischen Kerngebiet zunächst eine Änderung des relativen Erkrankungsrisikos um -7,59% (95%-CI [-13,97; -0,74], IQR 0,9, Lag 5). Im sächsischen Randgebiet zeigt sich für respiratorische Erkrankungen mit -5,23% (95%-CI [-8,86; -1,45], IQR 0,9, Lag 5) ein vergleichbares Ergebnis.

Ein gegenteiliger Befund liegt jedoch vor, wenn speziell die Erkrankungen der unteren Atemwege in den sächsischen Untersuchungsgebieten betrachtet werden. Im sächsischen Kerngebiet erhöht sich das relative Risiko für diese Diagnosegruppe vier Tage nach der Exposition durch PM₁ Ruß um 18,71% (95%-CI [5,73; 33,27], IQR 0,9) sowie fünf Tage nach der Exposition um 16,12% (95%-CI [3,33; 30,5], IQR 0,9). Im sächsischen Randgebiet besteht der stärkste, statistisch jedoch nicht signifikante Zusammenhang zwischen PM₁

Ruß und einer Erkrankung der unteren Atemwege vier Tage nach der Exposition (RR=7,66%, 95%-CI [-1,59; 17,79], IQR 0,9, p=.11).

Im tschechischen Untersuchungsgebiet lässt sich dieses Muster allerdings nicht erkennen. Die Ergebnisse für die Exposition durch PM₁ Ruß zeigen hier eine Änderung des relativen Erkrankungsrisikos für ausgewählte Atemwegserkrankungen um -8,63% (95%-CI [-15,65; -1,02], IQR 0,9, Lag 5) sowie für Erkrankungen der unteren Atemwege um -8,62% (95%-CI [-15,28; -1,44], IQR 0,9, Lag 5) an.

Wie schon bei der Auswertung der Gerüche, zeigt die Analyse auch bei der durch PM₁ Ruß verursachten Exposition einen Zusammenhang mit dem relativen Risiko für natürliche Erkrankungen. Im Kerngebiet beträgt die Änderung -1,91% (95%-CI [-3,65; -0,15], IQR 0,9, Lag 3) bis -4,51% (95%-CI [-6,71; -2,26], IQR 0,7, Lag 0-5). Für kardiovaskuläre Erkrankungen im Allgemeinen und Herzkrankheiten im Besondern ergibt sich aus den Daten ein ähnlicher Befund. Für diese beiden Diagnosen ändert sich das relative Risiko für eine Krankenhausaufnahme um -4,09% (95%-CI [-7,72; -0,3], IQR 0,9, Lag 0) bzw. -4,57% (95%-CI [-8,82; -0,11], IQR 0,9, Lag 0). Eine Schädigung des Herz-Kreislaufsystems durch PM₁ Ruß ist auf der Grundlage der vorliegenden Daten nicht zu erkennen.

PM₁₀

Für die Exposition durch PM₁₀ sind in allen Untersuchungsgebieten lediglich zwei statistisch signifikante Zusammenhänge zu erkennen. Im tschechischen Untersuchungsgebiet zeigt sich eine Zunahme des relativen Risikos für respiratorische Erkrankungen um 2,35% (95%-CI [0,14; 4,62], IQR 23,3, Lag 3).

Im sächsischen Kerngebiet geht die Exposition mit einer Änderung des relativen Risikos für eine Krankenhausaufnahme aufgrund ausgewählter Krankheiten des Kreislaufsystems um -9,81% (95%-CI [-18,55; -0,12], IQR 10,2, Lag 1) einher. Dieser Befund deckt sich mit den bereits für PM₁ Ruß festgestellten Zusammenhängen mit kardiovaskulären Erkrankungen.

UFP 20-100nm

Die Befunde der Auswertung für ultrafeine Partikel (UFP 20-100nm) weisen ein ähnliches Muster auf, das bereits für die Einflüsse von PM₁ Ruß festgestellt wurde. Auch hier wird ein prozentual höheres Risiko für eine Schädigung sichtbar, wenn die Analyse auf spezielle Diagnosen fokussiert.

So wird im sächsischen Kerngebiet für die Gruppe der Herzkrankheiten eine Änderung des relativen Erkrankungsrisikos um -6,07% (95%-CI [-11,05; -0,81], IQR 2362,5) für den Lag 0-1 sichtbar. Für ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems ändert sich das relative Risiko für eine Krankenhausaufnahme jedoch um 13,59% (95%-CI [3,33; 24,89], IQR

2627) vier Tage nach der Exposition. Im tschechischen Untersuchungsgebiet beträgt die Änderung des relativen Erkrankungsrisikos für ausgewählte Erkrankungen des Kreislaufsystems gar 36,53% (95%-CI [10,81; 68,22], IQR 3245,4, Lag 0) bis 46,0% (95%-CI [14,75; 85,78], IQR 2597,4, Lag 0-1).

Im sächsischen Kerngebiet zeigt sich überdies ein weiterer Anstieg des relativen Erkrankungsrisikos durch ultrafeine Partikel für respiratorische Erkrankungen (8,01%, 95%-CI [1,02; 15,5], IQR 2627) fünf Tage nach der Exposition. Dem steht ein Befund aus der Tschechischen Republik gegenüber, wonach sich das relative Erkrankungsrisiko für ausgewählte respiratorische Erkrankungen nach der Exposition mit ultrafeinen Partikeln um -20,09% (95%-CI [-31,84; -6,32], IQR 3245, Lag 5) ändert.

Im sächsischen Randgebiet zeigen sämtliche Befunde nach der Exposition durch UFP 20-100nm abnehmende Erkrankungsrisiken, d.h. eine Schädigung ist hier nicht nachweisbar. Dies gilt sowohl für Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems als auch für Erkrankungen der Atemwege.

Analog zu den bisher berichteten Einflüssen anderer Schadstoffe zeigen sich auch nach der Exposition durch ultrafeine Partikel Auswirkungen auf natürliche Erkrankungen. Diese beschreiben in den sächsischen Untersuchungsgebieten eine Abnahme des relativen Erkrankungsrisikos um bis zu 2,8%, für das tschechische Untersuchungsgebiet jedoch einen Anstieg um 2,99% (95%-CI [0,08; 5,98], IQR 3245) drei Tage nach der Exposition.

PNC 20-800nm

Die Auswertung des Zusammenhangs zwischen der Gesamtpartikelkonzentration der Größenklasse 20-800nm ergibt für einige Diagnosen ähnliche Befunde wie für ultrafeine Partikel. Zusätzliche Erkenntnisse über Gesundheitsgefahren in den Untersuchungsgebieten lassen sich aus ihnen nicht ableiten.

Die Analyseergebnisse zeigen vielmehr, dass die konkrete Benennung und Einschätzung von Erkrankungsrisiken durch Partikel mit der Untersuchung von UFP 20-100nm besser gelingt.

Zusammenhang zwischen der Anzahl gemeldeter Geruchsereignisse und Todesursachen im sächsischen Kerngebiet

Das Auftreten von Gerüchen wurde im sächsischen Kerngebiet ebenfalls mit der Todesursachenstatistik assoziiert. Dabei ergibt sich lediglich ein statistisch signifikanter Befund, der einen geringfügigen Rückgang des relativen Risikos für einen Todesfall aufgrund natürlicher Ursachen anzeigt (RR= -3,13%, 95%-CI [-5,84; -0,34], IQR 2, Lag 0). Weitere Zusammenhänge zwischen Gerüchen und Todesfällen bestehen nicht.

Zusammenhang zwischen der Exposition durch Luftschadstoffe PM₁ Ruß, PM₁₀, UFP 20-100nm, PNC 20-800nm und Todesursachen¹³

Das relative Risiko für einen Todesfall aufgrund kardiovaskulärer Erkrankungen ändert sich im sächsischen Kerngebiet nach der Exposition durch PM₁₀ um -10,49% (95%-CI [-18,63; -1,55], IQR 11, Lag 3).

Im sächsischen Randgebiet besteht hingegen ein um bis zu 6,02% erhöhtes relatives Risiko für einen Todesfall aufgrund natürlicher Erkrankungen nach der Exposition durch PM₁ Ruß (95%-CI [-0,69; 11,64], IQR 0,8, Lag 2-5).

Weitere Zusammenhänge zwischen der Exposition durch Luftschadstoffe und Todesfällen bestehen nicht.

Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Exposition durch Gerüche führt im sächsischen Kerngebiet nur selten zu einer körperlichen Schädigung, die eine Krankenhausaufnahme notwendig macht. Deutlich höher sind die Gesundheitsgefahren jedoch nach der Exposition durch PM₁ Ruß und ultrafeine Partikel. So beträgt der Anstieg des relativen Risikos einer Atemwegserkrankung nach der Exposition durch Gerüche 1,09%, nach der Exposition durch PM₁ Ruß jedoch 18,7% und nach der Exposition durch ultrafeine Partikel 8,01%. Die Exposition durch ultrafeine Partikel bedingt zudem einen Anstieg des relativen Erkrankungsrisikos für bestimmte Krankheiten des Herz-Kreislauf-Systems.

Von den untersuchten Gerüchen und Luftschadstoffen stellen PM₁ Ruß und ultrafeine Partikel die vergleichsweise größten Gesundheitsgefahren im sächsischen Kerngebiet dar. Im tschechischen Untersuchungsgebiet lassen sich die stärksten Schädigungen auf ultrafeine Partikel zurückführen. Im sächsischen Randgebiet lassen sich hingegen keine Belege für eine Zunahme der Krankenhauseinweisungen durch Luftschadstoffe erkennen.

Die Auswertung der Todesursachenstatistik zeigt für das sächsische Kerngebiet und für das tschechische Untersuchungsgebiet kein erhöhtes Risiko für Todesfälle. Im sächsischen Randgebiet besteht hingegen ein Zusammenhang zwischen der Exposition durch PM₁ Ruß und allen natürlichen Todesursachen.

¹³ Die Untersuchung der Effekte von Luftschadstoffen auf Todesursachen beschränkt sich auf die fünf Hauptdiagnosegruppen, d.h. auf natürliche Ursachen sowie die Diagnosen der ICD-10-Kapitel I, J, K und R.

7.2.2 Auswirkungen von Geruchsereignissen im Bezirk Most und Ústí nad Labem

Einfluss von Schadstoffen auf die Hospitalisierung - Most

Der Einfluss ultrafeiner Partikel Av_{N3_8} (d.h. 20 - 800 nm) auf die Hospitalisierung hat sich statistisch signifikant für die insgesamt Hospitalisierung von Männern und Frauen im Alter von 66 bis 85 Jahren mit Lag 3 bemerkbar gemacht: RR = 1,049 (CI 1,003; 1,097) und für die Hospitalisierung wegen Atemwegserkrankungen im Alter von 66 bis 85 Jahren, für Lag 2 RR = 1,166 (CI 1,008; 1,35). Die Anzahl ultrafeiner Partikel, ausgedrückt durch IQR für ultrafeines Aerosol, betrug 4148.

Der Einfluss ultrafeiner Partikel Av_{N3_6}, d.h. einer Partikelgröße von 20-100 nm, auf die Hospitalisierung: In diesem Fall haben wir einen Zusammenhang zwischen der Anzahl der ultrafeinen Partikel 20-100 nm (bei einer Partikelanzahl von IQR 3245) und der insgesamt Hospitalisierung von Männern und Frauen mit Lag 3 gefunden: RR = 1,03 (1,001; 1,06) IQR = 3245, gefolgt von 66 bis 85 Jahren, statistisch signifikant mit Lag 3 nach Exposition: RR = 1,05 (CI 1,003; 1,098) und weiter für den Einfluss auf die Hospitalisierung wegen Atemwegserkrankungen bei Männern und Frauen im Alter von 66-85 Jahren mit Lag 2, ausgedrückt durch RR = 1,169 (CI 1000; 1,367).

Der Einfluss von PM₁₀ auf die Hospitalisierung spiegelte sich in der Hospitalisierung von Männern und Frauen im Alter von 66 bis 85 Jahren mit Lag 3 wider: RR = 1,013 (1,000; 1,026) IQR = 23,3 und in der Hospitalisierung wegen Atemwegserkrankungen mit Lag 3: RR = 1,024 (1,001; 1,046), betrug der IQR 23,3 µg/m³ und Herz-Kreislauf-Erkrankungen im Alter von 1 bis 18 Jahren mit Lag 4: RR=1,122 (1,013;1,244). Ein etwas unerwartetes Ergebnis brachte der statistisch bedeutende Zusammenhang zwischen PM₁₀ und der Hospitalisierung wegen Magen-Darm-Erkrankungen (Abk. dsd, Diagnosen gekennzeichnet K...), bei Männern und Frauen im Alter von 19 bis 65 Jahren mit Lag 3, RR = 1,034 (1,006; 1,064), und auch der Hospitalisierung wegen weiter nicht spezifizierten Krankheiten (Abk. nec, Diagnosen gekennzeichnet R...), bei Männern und Frauen im Alter von 1 bis 18 mit Lag 2: RR=1,069(1,007;1,134)

Der Einfluss von PM_{2,5} auf die Hospitalisierung: Die Beziehung zwischen Hospitalisierung und PM_{2,5}-Feinpartikelkonzentration bei IQR von 15 µg/m³ war für Männer und Frauen im Alter von 1 bis 18 Jahren und Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit Lag 4 statistisch bedeutend: RR=1,155 (1,039;1,283).

Wie auch bei PM₁₀ für unbestimmte Erkrankungen im Alter von 1 bis 18 Jahren: Lag 2: RR = 1,067 (1,003;1,135).

Der Einfluss von NO₂ auf die Hospitalisierung: Die Beziehung zwischen Hospitalisierung und NO₂-Konzentrationen wurde für Männer und Frauen jeden Alters und für Atemwegserkrankungen mit Lag 3 ausgedrückt: RR = 1,033 (1,005; 1,062) und weiter für Männer und Frauen im Alter von 1 bis 18 Jahren und Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit Lag 0: RR=1,163 (1,005;1,347). IQR=8,5.

Der Einfluss von SO₂ auf die Hospitalisierung: Die Hospitalisierung und die Schwefeldioxidkonzentration, der die Bewohner wahrscheinlich leicht ausgesetzt waren (IQR 8,8), wurde für die Hospitalisierung wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen von Männern und Frauen jeden Alters mit Lag 4 als bedeutend angegeben: RR = 1,012 (1,001; 1,023) und weiter für zerebrovaskuläre Erkrankungen bei Männern und Frauen jeden Alters mit Lag 3: RR = 1,031 (1,007; 1,055) und im Alter von 19 bis 65 Jahren mit Lag 3: RR = 1,051 (1,011; 1,093) und einem Durchschnitt von Lag 2_5: RR = 1,055 (1,000; 1,113).

Einfluss der Schadstoffe auf die Hospitalisierung – Ústí nad Labem

Der Einfluss ultrafeiner Partikel Av_N3_6, d.h. mit einer Partikelgröße von 20 -100 nm auf die Hospitalisierung: War statistisch signifikant für die Hospitalisierung von Männern und Frauen jeden Alters wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit Lag 0: Änderung von 3,1 % (CI 0,7 %; 5,6 %) und wegen der Hospitalisierung von Männern und Frauen im Alter von 65 bis 74 Jahren wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, ebenfalls mit Lag 0: Änderung von 4,9 % (CI 0,6 %; 9,4 %). IQR = 3305.

Der Einfluss ultrafeiner Partikel Av_N3_8 (d.h. 20 - 800 nm) auf die Hospitalisierung war statistisch signifikant für die Hospitalisierung von Männern und Frauen jeden Alters wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit Lag 0: Änderung von 3,1 % (CI 0,6 %; 5,7 %) und wegen der Hospitalisierung von Männern und Frauen im Alter von 65 bis 74 Jahren wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, ebenfalls mit Lag 0: Änderung von 5,3 % (CI 0,8 %; 10 %) IQR = 4553.

Der Einfluss von PM1-BC-Partikeln (d.h. bis 1 µm) auf die Hospitalisierung war statistisch signifikant für die Hospitalisierung von Männern und Frauen jeden Alters wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit Lag 0: Änderung von 2,6 % (CI 0,5 %; 4,8 %) und wegen der Hospitalisierung von Männern und Frauen im Alter von 1 bis 64 Jahren wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen, ebenfalls mit Lag 0: Änderung von 3,6 % (CI 0,2 %; 7,1 %) und weiters für die Hospitalisierung von Männern und Frauen im Alter von 65 bis 74 Jahren wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen ebenfalls mit Lag 0: Änderung von 4,1 % (0,2 %; 8,2 %). IQR = 1,57.

Der Einfluss von PM10 hat sich auf die Hospitalisierung von Männern und Frauen im Alter von 75 Jahren und mehr wegen Atemwegserkrankungen mit Lag 2 bemerkbar gemacht,

Änderung von 5,6 % (0,2 %; 11,2 %) und für kumulierten Lag 2-5, Änderung von 6,1 % (0 %; 12,5 %) IQR betrug 26 ug/m³.

Der Einfluss von PM_{2,5} auf die Hospitalisierung: Der Zusammenhang zwischen der Hospitalisierung und der PM_{2,5}-Feinpartikelkonzentration bei IQR von 15,2 µg/m³ war für Männer und Frauen im Alter von 1 bis 64 Jahren und Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit Lag 2 statistisch signifikant: Änderung von 3,4 % (0,9 %; 6,1 %), mit Lag 3: Änderung von 3,2 % (0,8 %; 5,8%), mit Lag 4: Änderung von 2,8 % (0,4 %; 5,3 %), mit Lag 5: Änderung von 2,6 % (0,2 %; 5 %) und kumuliertem Lag 2-5: 4,4 % (1,6 %; 7,4 %) und 0-5: 4,4 % (1,4 %; 7,4 %) IQR = 10,7 ug/m³.

Der Einfluss von NO₂ auf die Hospitalisierung: Die Beziehung zwischen der Hospitalisierung und der NO₂-Konzentrationen wurde für Männer und Frauen im Alter von 65 bis 74 Jahren und Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit Lag 4 ausgedrückt: Änderung von 4,6 % (0,3 %; 9 %) IQR = 13,8.

Der Einfluss von SO₂ auf die Hospitalisierung: Die Hospitalisierung und die Schwefeldioxidkonzentration, der die Bewohner wahrscheinlich leicht ausgesetzt waren (IQR = 4,6), wurde für die Hospitalisierung wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen von Männern und Frauen im Alter von 75 Jahren und mehr mit Lag 3 als bedeutend angegeben: Änderung von 3,6 % (0,1 %; 7,3 %).

Einfluss von Schadstoffen auf die Mortalität - Ústí nad Labem
Der Einfluss ultrafeiner Partikel Av_N3_6, d.h. mit einer Partikelgröße von 20 -100 nm, auf die Mortalität: War statistisch signifikant für die Mortalität von Frauen jeden Alters wegen Atemwegserkrankungen mit Lag 3: Änderung von 15,4 % (CI 1,3 %; 31,5 %) IQR = 3305, für die Mortalität von Männern wegen Atemwegserkrankungen mit kumuliertem Lag 2-5: 17,9 % (4,1 %, 33,6 %) und 0-5: 17,8 % (3,2 %, 34,6 %) und für die Mortalität wegen Atemwegserkrankungen von Männern und Frauen mit kumuliertem Lag 2-5: 12,1 % (0,3 %, 25,3 %) und 0-5: Änderung von 13,9 % (1,4 %, 28 %) und für die Mortalität von Männern und Frauen wegen Atemwegserkrankungen im Alter von 1 bis 74 Jahren mit Lag 2: 19,9 % (5,2 %, 36,6 %), Lag 4: 16,1 % (1,8 %, 32,6 %) und kumuliertem Lag 2-5: 29,2 % (13,7 %, 46,7 %) und 0-5: 29,2 % (12,7 %, 48,1 %). IQR = 3305.

Der Einfluss ultrafeiner Partikel Av_N3_8 (d.h. mit einer Größe von 20 - 800 nm) auf die Mortalität war statistisch signifikant für die Mortalität von Frauen jeden Alters wegen Atemwegserkrankungen mit Lag 3: Änderung von 15,2 % (CI 0 %; 32,6 %) und für die Mortalität von Männern wegen Atemwegserkrankungen mit Lag 1: 16,6 % (1,2 %, 34,3 %), mit Lag 4: 15,5 % (1,1 %, 31,9 %), mit Lag 5: 14,4 % (0,3 %, 30,6 %) und kumuliertem Lag 2-5: 20,4 % (CI 6 %; 36,8 %) und 0-5: 21,8 % (6,7 %, 38,9 %). Ein weiterer Einfluss wurde für die

Mortalität von Männern und Frauen wegen Atemwegserkrankungen jeden Alters festgestellt: für kumulierten Lag 2-5: 13,7 % (1,5 %, 27,4 %) und 0-5: 16,1 % (3,4 %, 30,3 %). IQR = 4553. Ein weiterer statistisch signifikanter Einfluss für die Mortalität von Männern und Frauen im Alter von 1 bis 74 Jahren wegen Atemwegserkrankungen: Lag 2: 15,8 % (0,5 %, 33,4 %), Lag 4: 19,8 % (4,4 %, 37,4 %) und kumulierten Lag 2-5: 29,6 % (13,5 %, 48,1 %) und 0-5: 30,3 % (13,6 %, 49,4 %).

Der Einfluss von PM1-BC-Partikeln (d.h. bis 1 μm) auf die Mortalität war statistisch signifikant für die Mortalität von Männern jeden Alters wegen Atemwegserkrankungen mit Lag 1: Änderung von 23,5 % (CI 10,1 %; 38,4 %) und kumuliertem Lag 0-1: 21,8 % (7,9 %, 37,5 %) und 0-5: 21,2 % (4,3 %, 40,8 %). IQR = 1,57.

Der Einfluss von PM10 hat sich auf die Mortalität von Männern und Frauen im Alter von 1 bis 74 Jahren wegen Atemwegserkrankungen mit Lag 2 bemerkbar gemacht, Änderung von 9,8 % (0 %; 20,5 %) und für Lag 3: Änderung von 15,1 % (5,4 %; 25,8 %). Der IQR betrug 26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Der Einfluss von PM2,5 auf die Mortalität: Die Beziehung zwischen Mortalität und PM2,5-Feinpartikelkonzentration bei IQR von 10,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ war für Männer und Frauen im Alter von 1 bis 74 Jahren und Atemwegserkrankungen mit Lag 4 statistisch bedeutend: Änderung von 9,5 % (1,3 %; 18,3 %).

Der Einfluss von NO₂ auf die Mortalität: Die Beziehung zwischen der Mortalität und der NO₂-Konzentrationen wurde für Männer und Frauen jeden Alters mit Lag 1 ausgedrückt: Änderung von 13,5 % (1,2 %; 27,4 %), mit Lag 0-1: 14,8 % (1,7 %, 29,4 %) und weiter für Männer und Frauen im Alter von 1 bis 74 Jahren und Atemwegserkrankungen mit Lag 1: Änderung von 18,3 % (3,5 %, 35,3 %) und Lag 0-1: 20,1 % (4,5 %, 38 %). IQR = 13,8.

Der Einfluss von SO₂ auf die Mortalität: Die Mortalität und die Schwefeldioxidkonzentration, der die Bewohner wahrscheinlich leicht ausgesetzt waren (IQR = 4,6), wurde für die Mortalität wegen Atemwegserkrankungen von Männern und Frauen im Alter von 1 bis 74 Jahren mit Lag 1 als bedeutend angegeben: Änderung von 5,4 % (0,4 %; 15,2 %)

In Ústí nad Labem ist die Umweltverschmutzung anders als in Lom bei Most. Die Verschmutzung durch grobe Partikel PM10 ist höher. Die Anzahl der UFP ist in Ústí nad Labem wesentlich niedriger als in Lom bei Most. Das Zentrum von Ústí nad Labem ist sichtlich sauberer als die Leeseite der Chemiefabriken Záluží und die Luvseite der Tagebauanlage. Stickstoffdioxid, Schwefeldioxid und PM2,5 sind ähnlich und die Ozonkonzentrationen in Lom sind höher.

Die gesundheitlichen Auswirkungen sind an beiden Orten wieder unterschiedlich. Der Vergleich wird durch eine etwas andere Einteilung in Altersgruppen erschwert. Die Hospitalisierung wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen bei allen Anwohnern und Senioren, bei Exposition von PM1 sowie im Alter von 1 bis 64 Jahren, stiegen am Tag der Exposition leicht an. Verzögerte Reaktion auf den Anstieg von NO₂ bei Senioren und PM_{2,5} bei der Altersgruppe 1-64 Jahre.

Atemwegserkrankungen führten Patienten aus Ústí nad Labem bei einem Anstieg von SO₂ (+ 3,6 %) und PM₁₀ (+ 5,6 %) ins Krankenhaus.

Fast alle Einwohner reagierten auf die erhöhte Verunreinigung durch Atemwegserkrankungen. Die meisten bei ultrafeinen Partikeln mit einer Größe von 200-800 nm mit Lag 0-5 - ein sehr hohes Risikoverhältnis - wiesen einen Anstieg von eingewiesenen Patienten von 30,3 % auf. Offensichtlich wurden Männer etwas mehr ins Krankenhaus eingeliefert als Frauen. Die höchsten Additivwerte wurden für PM₁ (BC), ultrafeine Partikel und weniger für die NO₂-Exposition aufgewiesen.

Grundschatstoffe beeinflussten am meisten die Hospitalisierung in der Region Most-Chomutov und Teplice bei der Altersgruppe 1 bis 18 Jahren - für die Exposition NO₂ und Lag 0: RR = 1,163 (1,005; 1,347) IQR = 8,5. Ein ähnlicher Einfluss wurde für PM_{2,5} für Lag 4 festgestellt: RR = 1,155 (1,039; 1,283) IQR = 15 für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Der Effekt wurde verzögert.

Für Krankheiten, die nicht an einer anderen Stelle aufgeführt sind, wurde für die Altersgruppe 1 bis 18 Jahre für die Exposition PM₁₀ für Lag 2 angeführt: RR = 1,069 (1,007; 1,134) IQR = 23

Der höchste Anstieg der Hospitalisierung bei UFP-Exposition (20-100 nm) wurde bei Senioren im Alter von 66-85 Jahren aufgrund von Atemwegserkrankungen mit Lag 2 verzeichnet: RR = 1,169 (1,000; 1,367) IQR = 3245. Fast der gleiche Einfluss gilt für Lag 2: RR = 1,166 (1,008; 1,35) IQR = 4148 bei allen ultrafeinen Partikeln (20-800 nm) bei Atemwegserkrankungen im Alter von 66-85 Jahren (Männer und Frauen), für alle Partikel und Hospitalisierung insgesamt gilt Lag 3: RR = 1,049 (1,003; 1,097) IQR = 4148

Bei SO₂ und Hospitalisierung mit Lag 3 wurde ein geringer Anstieg beobachtet: RR = 1,051 (1,011; 1,093); Lag 2_5: RR = 1,055 (1,000; 1,113) IQR = 8,8, 7,6 für Männer und Frauen der Altersgruppe 19 bis 65 Jahre

Die Luftverschmutzung im Bezirk Most betrifft alle Altersgruppen. Die höchsten Werte für die additive Hospitalisierung bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen wurden jedoch in der Gruppe der 1-18 Jahre für PM₁₀, PM_{2,5} und NO₂ festgestellt - mit einem Anstieg von 12,2

%, 15,5 % und 16,3 % und immer mit einem Lag von 4 Tagen, für NO₂ am Tag der Exposition.

Glaubwürdiger sind die Ergebnisse der Hospitalisierung wegen Atemwegserkrankungen bei Personen im Alter von 66 bis 85 Jahren, deren additiver Prozentsatz, der auf die Wirkung ultrafeiner Partikelfractionen zurückzuführen ist, 16,9 % beträgt, im Gegensatz zu PM₁₀, wo das Ergebnis niedriger ist.

Die Hospitalisierung für Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Ústí nad Labem für alle Bewohner und für Senioren bei der Exposition von PM₁ und im Alter von 1 bis 64 Jahren, stieg am Tag der Exposition geringfügig an. Verzögerte Reaktion auf den Anstieg von NO₂ bei Senioren und PM_{2,5} bei der Altersgruppe 1-64 Jahre. Atemwegserkrankungen führten Patienten aus Ústí nad Labem bei einem Anstieg von SO₂ (+ 3,6 %) und PM₁₀ (+ 5,6 %) ins Krankenhaus. Die Mortalität der Einwohner von Ústí nad Labem aller Altersgruppen wegen Atemwegserkrankungen reagierte auf die zunehmende Verschmutzung verzögert. Die meisten ultrafeinen Partikel mit einer Größe von 200 bis 800 nm und einem Lag von 0-5 zeigten hier einen Anstieg an Todesfällen von 30,3 %. Die höchsten Additivwerte waren für die Exposition bei PM₁ (BC), ultrafeinen Partikeln und weniger für die NO₂-Exposition.

Unsere Beobachtungen der Einflüsse der Luftverschmutzung auf die Gesundheit, bei der der Indikator die Hospitalisierung wegen Krankheiten ist, die nicht auf Verletzungen oder andere Gewaltanwendung zurückzuführen sind, und die Mortalität haben gezeigt, dass ultrafeine Partikel und PM₁ (BC) -Partikel einen statistisch signifikanten Einfluss haben.

Der Einfluss von Schadstoffen auf die Mortalität - Most

Der Einfluss von PM₁₀ auf die Mortalität spiegelte sich in der Mortalitätsrate von Männern und Frauen im Alter von 19 bis 65 Jahren mit Atemwegserkrankungen für Lag 0 wider, RR = 1,111 (1,018; 1,212) und für kumulierten Lag 0-1: RR = 1,121 (1,026; 1,224). Der IQR betrug 23,3 resp. 20,4 µg/m³.

Der Einfluss von PM_{2,5} auf die Mortalität: Der Zusammenhang zwischen Mortalität und der Konzentration von feinen Partikeln PM_{2,5} war für Männer und Frauen im Alter von 19 bis 65 Jahren mit Atemwegserkrankungen mit Lag 0 statistisch bedeutend: RR = 1,109 (1,013; 1,214) und weiter mit Lag 1: RR = 1,096 (1,002; 1,198) und kumuliertem Lag 0-1: RR = 1,118 (1,02; 1,226). IQR=15; 15; 13,8.

Der Einfluss von NO₂ auf die Mortalität: Das Verhältnis von Mortalität und NO₂-Konzentrationen wurde für Männer und Frauen im Alter von 19 bis 65 Jahren und Atemwegserkrankungen mit Lag 1 ausgedrückt: RR = 1,13 (1,002; 1,273). IQR=8,5.

Hospitalisierung und Mortalität im Bezirk Ústí nad Labem Alte Altersgruppen gemäß dem Projekt Ultraschwarz

Die Hospitalisierungs- und Mortalitätsdaten wurden in Altersgruppen unterteilt, die mit dem vorherigen Projekt „UltraSchwarz“ identisch waren, und in dieser Form in ein verallgemeinertes additives Modell eingegeben. Wir unterscheiden Erkrankungen bei Männern und Frauen, Altersgruppen 1-74, 1-64, 65-74, 75+, alle.

Zusammenfassung

Die stärksten Zusammenhänge wurden bei Hospitalisierungen wegen Atemwegserkrankungen bei Senioren im Alter von 66 bis 85 Jahren aufgrund von Einfluss von UFP (20 bis 100 nm) festgestellt: RR = 1,169 (CI 1,0; 1,367) und Einfluss von PNC (20-800 nm): RR = 1,166 (CI 1,008; 1,382). Partikel zwischen 100-800 nm führten in Ústí nad Labem zu einer additiven Hospitalisierung mit einem Lag 0-5 mit einem Anstieg von 30,3 % (CI 13,6; 49,4) bei beiden Geschlechtern im Alter von 1 bis 74 Jahren. Bei der gleichen Altersgruppe wurde für ultrafeine Partikel von 10 -100 nm ein geringfügig geringerer Anstieg festgestellt.

7.3 ABWESENHEIT VON KINDERN IN KINDERGÄRTEN

7.3.1 Beschreibung der beobachteten Kindergruppe

Kinder, die wir über zwei Saisonen in 2017 und 2018 beobachtet haben, besuchten zwei Gruppen – „Kleine Frösche“ für fünfjährige Kinder und „Kleine Hasen“ im Alter von 4 Jahren. Die Kinder wurden so gewählt, damit wir sie über zwei Schuljahre beobachten können. Wir haben auch die Interessen der Kinder mitbeobachtet, die die Exposition der Verschmutzung beeinflussen können (Tab. 21, Tab. 22, Tab. 23).

Tab. 21: Beschreibung der beobachteten Kindergruppe.

	Anzahl	Alter	Höhe	Gewicht	Mädchen	gesund	singen gerne	treiben Sport gerne
Kleine Frösche	24	5	115	18	11	15	11	2
Kleine Hasen	28	4	106	14	15	19	23	10

Wir haben auch das Rauchen der Eltern und den Aufenthalt bei staubigen Aktivitäten ermittelt.

Tab. 22: Rauchen der Eltern und Aufenthalt in verschmutzter Umwelt.

	Rauchen		Aufenthalt in Stunden					
	Mut-ter	Vater	zu Hause	Kindergar-ten	anderen-orts	Transport bis 500	beim Ko-chen	beim Lüf-ten
Kleine Frösche	6	6	15,3	7,3	3	17	3	4
Kleine Hasen	4	4	16,6	7,2	3,5	6	7	7

Tab. 23: Aufenthalt der Kinder und Aktivitäten am Tag.

	Gehen	Transport	Laufen	Sitzen	Schlaf
Kleine Frösche	2	2	1	3	9
Kleine Hasen	3	3	1	13	4

Es haben uns auch die Aufenthaltsorte der Kinder und ihre physische Anstrengung interessiert.

7.3.2 Auswertung der Abwesenheit im Kindergarten wegen Erkrankungen der Atemwege

Schwarzer Kohlenstoff – PM1: die wahrscheinliche Gesundheitsreaktion der Kinder auf die inhalative Exposition gegenüber schwarzem Ruß, Aerosol PM1, war unmittelbar und am selben Tag. Die Abwesenheit im Kindergarten wegen Atemwegserkrankungen erhöhte sich am selben Tag um 18,2% und mit ein Tag Verzögerung (Lag 1) um 15%. Risk Ratio entsprach am selben Tag einem Wert von RR=1,182 (CI 1,042; 1,340) und mit Lag 1 RR=1,155 (CI 1,038; 1,285). Die statistische Signifikanz war für beide Tage hoch, p=0,010 und bei Lag 1 p=0,004. Der höchste statistisch signifikante Bezug konnte für ein Intervall von Lag 0-1 Tag festgestellt werden. Hier fanden wir dem überhaupt höchsten Risikowert, repräsentiert durch RR = 1,219 (CI 1,076; 1,382) p= 0,002, die Abwesenheit lag um fast 22% höher. An Folgetagen - Lag2, Lag3, Lag4, Lag5 kam dann eine Senkung des Risikos sowie der statistischen Signifikanz (p > 0,05). IQR für Aerosol BC lag für 0-5 Tage bei 2,1 g/m³ (Abb. 139).

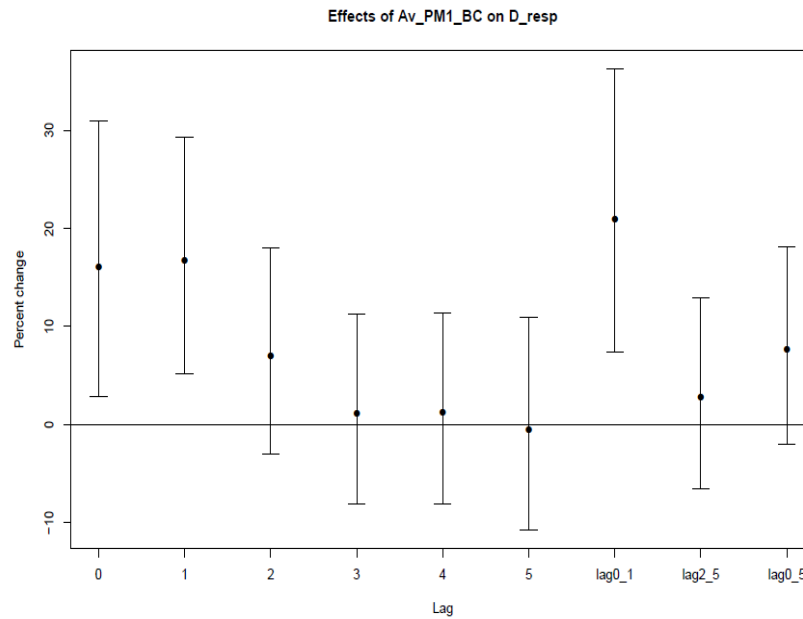


Abb. 139: Einfluss von Black Carbon - PM1 und der prozentuelle Anstieg der Abwesenheit von Kindern im Kindergarten inkl. Verzögerungseffekt (Lag).

Einfluss ultrafeiner Partikel Av_N3_8 (Partikelgröße 20 – 800 nm) auf die Abwesenheit der Kinder wegen Atemwegserkrankungen: die wahrscheinliche Gesundheitsreaktion der Kinder auf die Exposition gegenüber ultrafeine Partikel der Größen von 20 bis 800 nm unterscheidet sich von den vorangegangenen Beziehungen. Abwesenheit im Kindergarten wegen Atemwegserkrankungen erhöht sich am meisten und statistisch signifikant mit Lag 1, Lag 2. Lag1- RR=1,089 (CI 1,001; 1,184), für Lag 2 RR=1,126 (CI 1,032; 1,229). Die statistische Signifikanz konnte für Lag 1 und Lag 2 als P - 0,05, bzw. p - 0,008 für Lag 2 ausgedrückt werden. Die Anzahl ultrafeiner Partikel, ausgedrückt mit IQR für ultrafeinen Aerosol lag für 0-5 Tage bei 3444,2. Signifikante Erhöhung gab es auch bei Lag 0-1 um 12% (p-0,005); lag 2-5 um 9% und bei Lag 0-5 um 14,5% (Abb. 140).

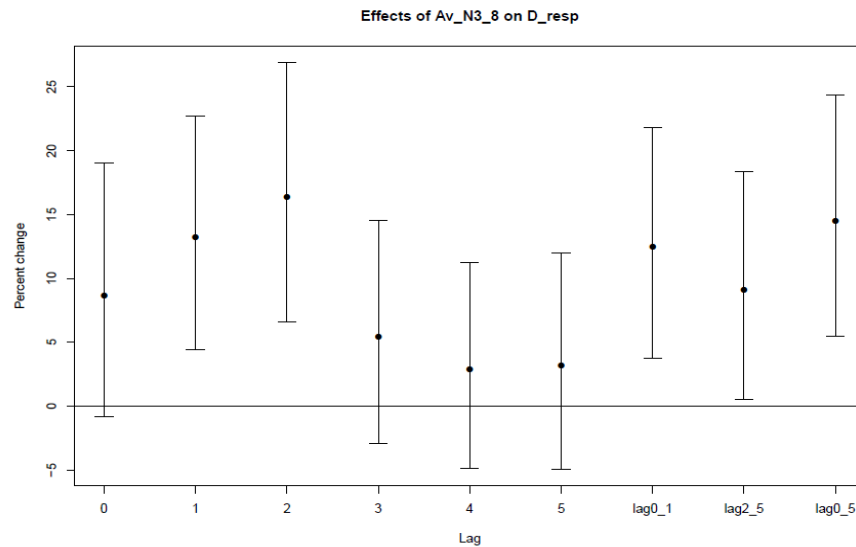


Abb. 140: Einfluss von UFP 20-800 nm und der prozentuelle Anstieg der Abwesenheit von Kindern.

Einfluss ultrafeiner Partikel Av N3_6, Partikelgröße 20 -100 nm, auf die Abwesenheit der Kinder wegen Atemwegserkrankungen: in diesem Fall fanden wir eine Beziehung von Anzahl ultrafeiner Partikelgröße von 20-100 nm bei IQR Partikelanzahl 2309, am statistisch signifikanten ersten Tag nach der Exposition für Lag RR= 1,128 (CI 1,033; 1,231) p=0,008; Abwesenheit stieg um 12,8%. Bei Lag 2 kam es noch zur weiteren Erhöhung der Abwesenheit als RR= 1,189 (CI 1,085;1,304) p=0,000. Signifikant war noch die Beziehung bei Lag 0-1, 2-5, sowie 0-5 – 11%, 8% und 15% bei p kleiner 0,05 (Abb. 141).

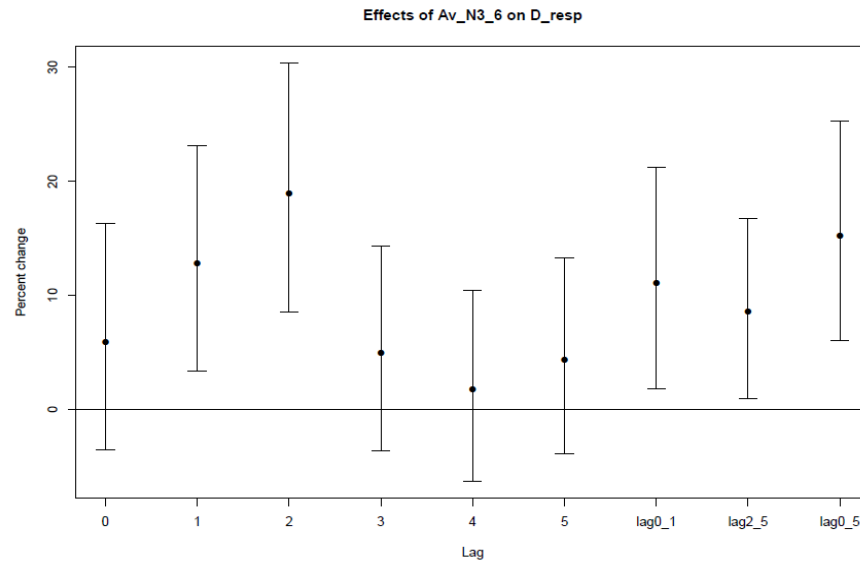


Abb. 141: Einfluss von UFP 20-100 nm und der prozentuelle Anstieg der Abwesenheit von Kindern.

Einfluss von PM10 auf die Abwesenheit der Kinder wegen Atemwegserkrankungen: Die wahrscheinliche Gesundheitsreaktion der Kinder auf die Exposition gegenüber groben Partikeln, d.h. die Abwesenheit im Kindergarten war bereits am Tag der Exposition höher, signifikant erst bei Lag 1, wo RR= 1,075 (CI 1,001;1,154) und p 0,048. Eine signifikante Erhöhung der Abwesenheit fand sich noch bei Lag 0-1 10,01% (p-0,021) und Lag 0-5 12,3% (p-0,010). IQR lag bei 34,5ug/m3 (

Abb. 142).

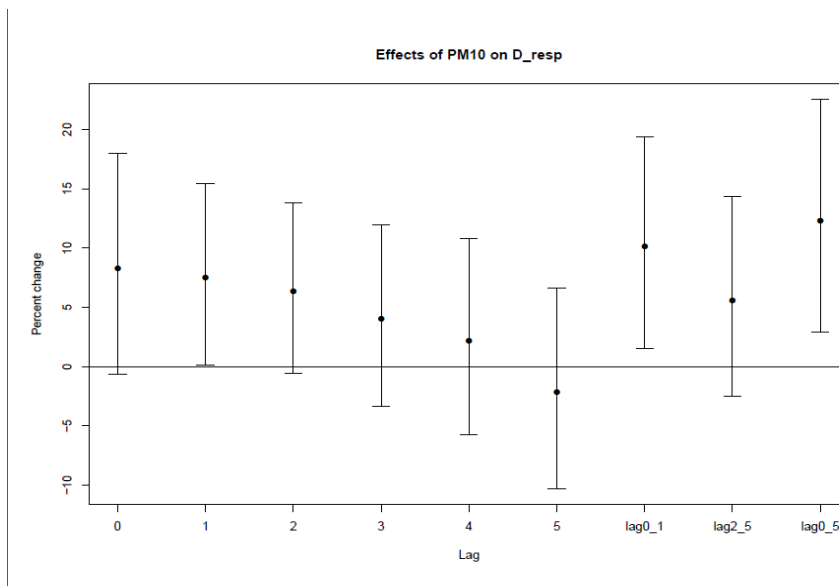


Abb. 142: Einfluss von PM10 und prozentuelle Erhöhung der Abwesenheit von Kindern.

Einfluss von PM2.5 auf die Abwesenheit von Kindern wegen Erkrankungen der Atemwege:

Die Beziehung der Abwesenheit von Kindern und der Konzentrationen der Feinpartikel PM2,5 bei IQR 15,2 ug/m³ war statistisch signifikant für die Zeitverzögerung Lag 0-5 Tage. RR=1,128 (CI 1,016;1,253) bei p=0,026. Die Signifikanz zeigte sich erst für den gesamten Zeitabschnitt 0-5. IQR lag bei 15,2ug/m³ (Abb. 143).

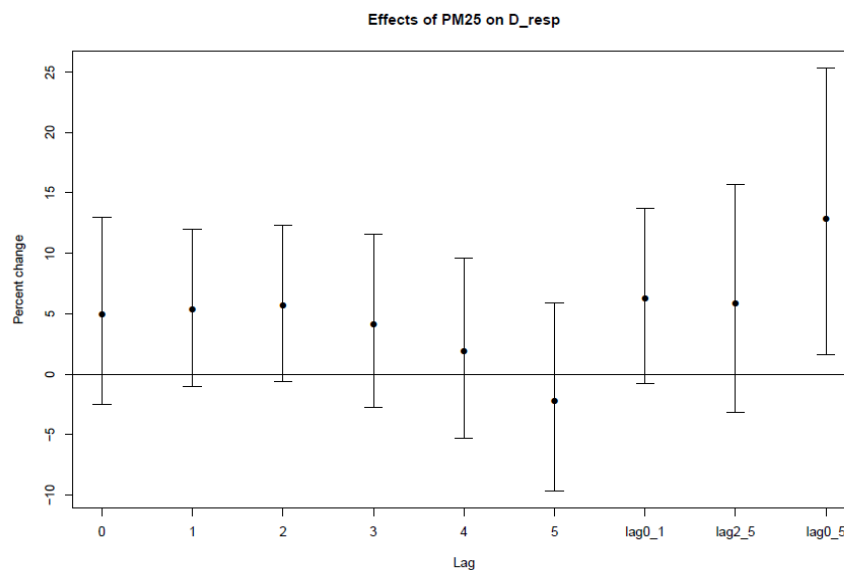


Abb. 143: Einfluss von PM2,5 und prozentuelle Erhöhung der Abwesenheit von Kindern.

Einfluss von NO₂ auf die Abwesenheit wegen Atemwegserkrankungen: Die Beziehung zwischen Abwesenheit und NO₂-Konzentrationen konnte am Tag der Exposition mit RR= 1,093 (CI 1,003;1,192) p=0,044 ausgedrückt werden; für Lag 1 mit RR=1,080 (CI 1,003; 1,192) p=0,048; am höchsten für Lag 2 RR= 1,096(1,006; 1,171) p=0,036. Statistische Signifikanz ergab sich auch für die Lags 0-1 RR=1,091(CI 1,013; 1,125) p=0,022. Am höchsten lag sie bei Lag 0-5 RR=1,135 (CI 1,034; 1,246) p=0,008 (Abb. 144).

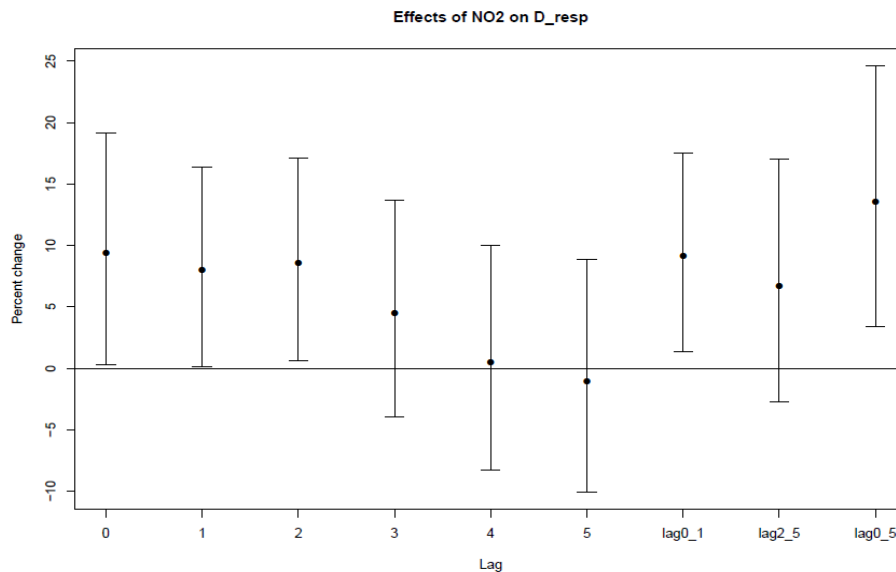


Abb. 144: Einfluss von NO₂ und prozentuelle Erhöhung der Abwesenheit von Kindern.

Einfluss von SO₂ auf die Abwesenheit der Kinder wegen Atemwegserkrankungen: Abwesenheit der Kinder wegen Atemwegserkrankungen und Konzentration von Schwefeldioxid, dem die Kinder wahrscheinlich leicht ausgesetzt wurden (IQR 9.1) war signifikant nur bei Lag 3 RR=1,115 (CI 1,029; 1,208), p=0,009 (Abb. 145, Tab. 24).

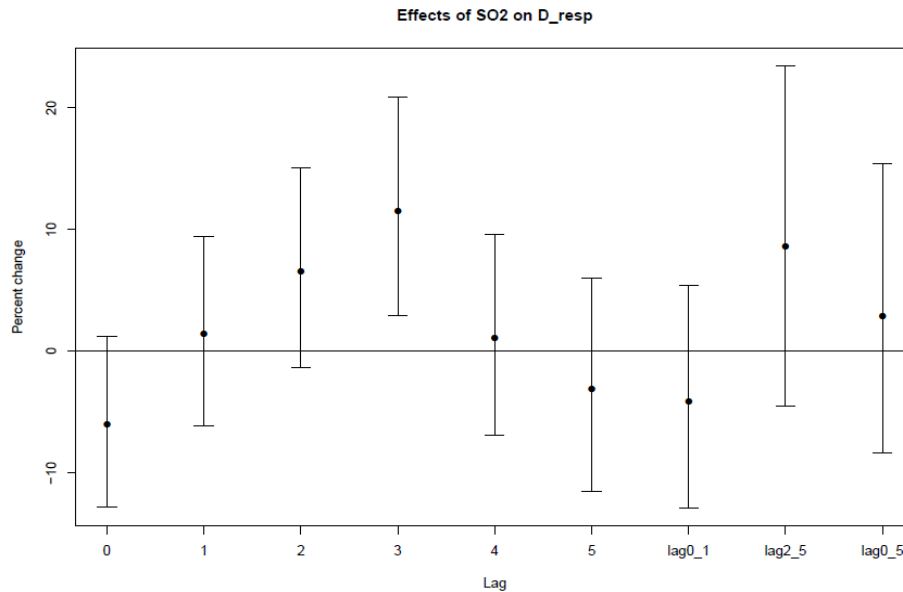


Abb. 145: Einfluss von SO₂ und prozentuelle Erhöhung der Abwesenheit von Kindern.

Tab. 24: Ergebnisse der Analysen der Abwesenheit wegen Atemwegserkrankungen, PM1 (BC) und UFP, wo die Ergebnisse statistisch signifikant waren.

UFP20-100 nm	RR	unter.CI	ober.CI	p
lag 2	1,148	1,047	1,258	0,004
lag 0-5	1,113	1,012	1,223	0,028
UFP 20-800 nm				
lag 1	1,089	1,001	1,184	0,05
lag 2	1,126	1,032	1,229	0,008
PM1 (BC)				
lag 0	1,182	1,042	1,340	0,010
lag 1	1,155	1,038	1,285	0,009
lag 0-1	1,219	1,076	1,382	0,002

Diskussion

Die beobachtete Gruppe waren Kinder aus zwei Kindergartenklassen von insgesamt 52 Kinder im Alter von 4 und 5 Jahren. Es gab täglich insgesamt wenig abwesende Kinder, höchstens 14. Wir arbeiteten mit kleinen Zahlen. Ins Modell haben wir auch die epidemiologische Situation in der Referenzperiode eingefügt, die wir dank der hygienischen Behörde KHS in Ústí n/L gewonnen haben, diese galt allerdings für die gesamte Region, nicht nur für die Stadt Litvínov.

Schlussfolgerung:

Die Studie erfolgte auf einem Gebiet, in dem die Tagesgrenzwerte für Aerosol-Partikel überschritten werden und auch andere Verschmutzung vorhanden sind, die auch Geruchsbelästigungen mit sich bringen. Die Beobachtung der Abwesenheit im Kindergarten bestätigte die Beteiligung von BC (PM₁) auf die Auswirkungen der Verschmutzung durch Aerosole bei den Kindern. Die Reaktion durch Abwesenheit der Kinder war unmittelbar – am Tag der Exposition 18%, am folgenden Tag 16%. Die höchste statistisch signifikante Beziehung konnte auch für das Intervall von Lag 0-1 festgestellt werden. Hier fanden wir den überhaupt höchsten Risikowert, repräsentiert durch RR = 1,219 (CI 1,076; 1,382) p=0,002, die Abwesenheit lag um fast 22% höher.

Die ultrafeine Fraktion der Aerosole von Partikelgröße 20-100 nm verursachte am folgenden Tag (Lag 1) einen Anstieg von 15%, bei Lag 0-5 waren es 11%. Mit ähnlicher statistischer Kraft haben sich auch UFP 20-800 nm durchgesetzt, allerdings weniger, Lag 1 9%, Lag 2 13%.

Grobe Partikel setzten sich aber mit zeitlicher Verzögerung von 0-5 Tagen durch, (insgesamt +12%).

Stickstoffdioxid hat die Gesundheit wahrscheinlich mit einer Verzögerung von 0-5 Tagen beeinflusst, RR erhöhte sich um etwa 15%. Überraschend niedrige Konzentrationen von Schwefeldioxid (höchstens 48 g/m³, Median der Werte 7,8 g/m³) haben eine wahrscheinliche Auswirkungen auf die Abwesenheit von Kindern im Kindergarten gezeigt. Die Abwesenheit der Kinder wegen Atemwegserkrankungen und die Konzentrationen des Schwefeldioxids, dem die Kinder wahrscheinlich nur für Lag 3 ausgesetzt wurden, bedeuteten einen Anstieg von 12%. Die Auswertung berücksichtigt keine Auswirkungen der Verschmutzung in Mischung sowie gegenseitige Beeinflussung oder Konkurrenz der Verbindungen, rechnet auch nicht Wechselwirkungen in der Luft in der Umwelt der Kinder.

Die Priorität in der Luft sowie die höchsten Auswirkungen auf die Gesundheit brachten Konzentrationen von PM₁ (BC) (Median 1,4, Höchstwert 7,2 g/m³); sowie die ultrafeinen Aerosolteilchen. Weniger Einfluss haben Stickstoffdioxid und Schwefeldioxid. Atemwegserkrankungen sind in der Regel Entzündungserkrankungen, dabei kann sich die Zusammensetzung der Aerosole auswirken, Oxidationspotential polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe im Aerosol sowie einige Metalle und Arsen. Die nachgewiesenen Auswirkungen betreffen Kinder, deren Atmungssystem sich noch entwickelt und die Folgen sich erst im Erwachsenenalter zeigen können. Die Luftverschmutzung kann die Atmungswege beschädigen sowie das Interstitium der Lunge, mit späterer Entwicklung fibrotischer Veränderungen (Johanson, 2015).

8 ZUSAMMENFASSUNG

Im Wissenschaftlichen Abschlussbericht wurden

- die Ergebnisse der Messungen zu Geruchsereignissen und Beschwerden sowie zu ultrafeinen Partikeln
- Aussagen zu geruchs- und luftschadstoffinduzierten Folgen für die Gesundheit
- Maßnahmen zur Nachhaltigkeit beschrieben

Aussagen zu Geruchsereignissen und Beschwerden sowie (ultra)feinen Partikeln

Folgende Aktivitäten wurden durchgeführt:

(1) Messung ultrafeiner Partikel und PM1-Ruß

Es wurden (ultra)feine Partikeln und PM1-Ruß gemessen. Dafür geschah eine Standortsuche sowie der Auf- und Ausbau der Container in Deutschneudorf und Ústí nad Labem (Dokumentation – Nachweise siehe CD Informations- und Publizitätsmaßnahmen).

(2) Probandenprogramm

Zu Beginn des Projektes wurden Probanden, wohnhaft im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet, rekrutiert und geschult. Der im Projekt entwickelte Fragebogen wurde verteilt, ebenso wie die Kanister zur Luftprobenahme. Im Anschluss bewerteten die Probanden über zwei Wintersaisons die Luft.

(3) Ökotoxikologische Tests und Bioaerosolmessungen

Um eine Gesundheitsgefahr auszuschließen, die von Endotoxinen ausgeht, wurden mithilfe der MALDI-TOF Analyse die Bioaerosole analysiert. Durch ökotoxikologische Tests wurde das toxische Potential von PM10 bei Lungenepithelzellen untersucht.

(4) Chemische Analysen

Chemische Analysen wurden beispielsweise durch aktive und passive Probenahme durchgeführt. Bestimmt wurden Aldehyde, Carbonyle und Kohlenwasserstoffe.

(5) Ionenmobilitätsspektrometer (Geruchsradar)

Mittels eines Ionenmobilitätsspektrometers wurde die Geruchsspur verfolgt, um auf mögliche Quellen der Geruchsereignisse zu schließen.

Ergebnisse:

Während der Beobachtung von Geruchsereignissen wurden insgesamt 491 Meldungen aufgenommen, davon 285 auf dem deutschen und 206 auf dem tschechischen Gebiet.

Es wurden ebenfalls 48 Außenluftproben entnommen und chemisch analysiert. Bei windrichtungsabhängigen Probenahmen wurden niedrige Zytotoxizitäts-Niveaus festgestellt, in Deutschneudorf vergleichbar mit der stark vom Straßenverkehr belasteten Station Leipzig-Mitte, in Lom etwas höher. An beiden Messstationen, aber auch in Luftproben aus Seiffen, wurden Marker für die Verbrennung von Weichholz typischen Stoffen festgestellt, deren Konzentrationen im Einzelfall über den jeweiligen Geruchsschwellen lagen.

Geruchsereignisse traten in Kombination mit höheren Anzahlkonzentrationen ultrafeiner Partikel sowie größeren Partikeln auf.

Im Ergebnis der stationären Messungen mit den Ionenmobilitätsspektrometern wurde ein Signalmuster gefunden, dass sowohl in Lom als auch in Deutschneudorf vorkommt. Durch Triangulation konnte ein Quellgebiet eingegrenzt werden, in dem neben zahlreichen anderen großen und kleinen potentiellen Quellen auch der Chemiekomplex um Litvinov liegt. Der Versuch, Verbindungen zwischen kurzzeitigen, quellnah aufgenommenen und längerfristigen, an den Messstationen Lom und Deutschneudorf gefundenen Signalmustern zu finden, war leider nicht erfolgreich.

Die Beschreibungen der Art der Gerüche variierten deutlich und erlaubten keine weitere Eingrenzung der Quellen.

Mit ODCOM wurden alle zz. bekannten Ansätze, gesundheitsrelevante Eigenschaften der Außenluft zu bestimmen, ausgeschöpft. Die innovativen und umfangreichen Messungen konnten einen Beitrag zur Objektivierung der Geruchsereignisse leisten, jedoch das Phänomen nicht abschließend aufklären können.

Aussagen zu geruchs- und luftschadstoffinduzierten Folgen für die Gesundheit

Folgende Aktivitäten wurden durchgeführt:

(1) Fokusgruppen mit der Bevölkerung und Experten

Insgesamt wurden im Projekt fünf Fokusgruppen als Gruppendiskussionen durchgeführt, zwei auf sächsischer und drei auf tschechischer Seite; a) Gruppendiskussion – Teil I wurde zur Entwicklung von quantitativen Fragebögen durchgeführt, b) Gruppendiskussion – Teil II diente der Verwertung der Ergebnisse.

(2) Telefonbefragung/ Postalische Befragung/ Online-Befragung

Im Forschungsdesign war vorgesehen, (a) eine Patientenbefragung (Winter 2016/17, Winter 2017/2018) sowie (b) eine repräsentative Bevölkerungsbefragung (Winter 2017/2018) im sächsisch-tschechischen Grenzgebiet durchzuführen. Ziel der (a) Patientenbefragung war es, den Einfluss der Geruchseignisse und deren Wahrnehmung auf die diagnostizierten Krankheiten sowie auf das selbst eingeschätzte Gesundheitsempfinden zu untersuchen. Die Population sollten alle Menschen darstellen, die im Untersuchungszeitraum einen Allgemeinmediziner innerhalb des Untersuchungsgebietes aufsuchten. Im deutschen Teil des Untersuchungsgebietes wurden 491 Ärzte kontaktiert, von denen sich sechs bereit erklärten, die Fragebögen auszugeben. Der Rücklauf betrug nur drei vollständig ausgefüllte Fragebögen. Die Bereitschaft, seitens der Ärzte die Studie zu unterstützen bzw. seitens der Patienten daran teilzunehmen, gestaltete sich auf tschechischer Seite ähnlich schwierig. Aufgrund dieser Umstände wurde das Forschungsdesign wie folgt angepasst. Es wurden eine (a) repräsentative Bevölkerungsbefragung im gesamten Untersuchungsgebiet (unterteilt in Kern- und Randgebiet) per Telefon (24 Gemeinden, Personen >17 Jahre) sowie (b) eine repräsentative Bevölkerungsbefragung im Kerngebiet (Gemeinden mit den meisten Geruchsmeldungen) durchgeführt. Auf tschechischer Seite wurde eine postalische Befragung im gesamten Untersuchungsgebiet durchgeführt, welche die Fragen aus beiden Umfragen auf deutscher Seite vereinte.

(3) Krankenhaus- und Todesursachenstatistik

Die Sekundärdatenanalyse untersuchte die Effekte auf die Bevölkerung, die nach einer durch Gerüche oder Luftschadstoffe verursachten Exposition auftreten und zu Krankenhausaufnahmen oder Todesfällen führen. Sie verfolgte das Ziel, unmittelbare, verzögerte und kumulative Effekte der Expositionen während eines mehrjährigen Untersuchungszeitraums statistisch zu prüfen.

Ergebnisse:

Das Kollektiv der Auswertung der (a) Telefonfragen ist im Mittel 59 Jahre alt und circa die Hälfte waren Rentner. Auf deutscher Seite wurde b) ebenfalls eine repräsentative, postalische Bevölkerungsbefragung (>17 Jahre) im sogenannten Kerngebiet (als Alternative zur Patientenbefragung) in fünf Gemeinden mit den meisten Geruchsbeschwerden substituiert. Es wird deutlich, dass die Geruchsbelastungen innerhalb großer Teile der Bevölkerung präsent sind und nicht nur eine laute Minderheit davon betroffen ist. Daraus, dass die Menschen im Kerngebiet angeben, dass die Geruchseignisse am häufigsten auftreten und eben diese Menschen die meisten Maßnahmen zur Vermeidung der Exposition

ergreifen, wird deutlich, dass das alltägliche Leben dieser Menschen durch die Geruchsergebnisse stark eingeschränkt wird. Wird nach der Geruchsbelastung im gesamten Untersuchungsgebiet (und nicht direkt am Wohnort) gefragt, nehmen diese sogar rund 70% der Bevölkerung wahr (91% Kerngebiet; 66% Randgebiet, 54% Tschechien). Insgesamt geben die Befragten aus allen Gebieten am häufigsten an, dass es nach chemischer Industrie riecht. Die tschechischen Befragten haben im Vergleich zu den sächsischen Befragten über fast alle Altersklassen hinweg eine etwas höhere körperliche Lebensqualität. Es gibt keine signifikanten Unterschiede bezüglich der allgemeinen Umweltbesorgnis im Vergleich sächsische versus tschechische Befragte. Die postalische Umfrage ergibt, dass die tschechischen Befragten ihre Gesundheit häufiger als „sehr gut“ bewerten. Die deutschen Befragten dagegen als „gut“.

Am ehesten lassen sich negative gesundheitliche Effekte durch erhöhte Konzentrationen von Ruß und ultrafeinen Partikeln erkennen. Die Exposition durch Gerüche führt im sächsischen Kerngebiet nur selten zu einer körperlichen Schädigung, die eine Krankenhausaufnahme notwendig macht. Deutlich höher sind die Gesundheitsgefahren jedoch nach der Exposition durch PM₁ Ruß und ultrafeine Partikel. Die Auswertung der Todesursachenstatistik zeigt für das sächsische Kerngebiet und für das tschechische Untersuchungsgebiet kein erhöhtes Risiko für Todesfälle. Im sächsischen Randgebiet besteht hingegen ein Zusammenhang zwischen der Exposition durch PM₁ Ruß und allen natürlichen Todesursachen. Die Auswertung der Krankenhausstatistik in Tschechien ergab, dass insbesondere für Senioren im Alter von 66-85 Jahren ein erhöhtes Risiko besteht aufgrund einer Atemwegserkrankung, verursacht durch eine Exposition ultrafeiner Partikel, in ein Krankenhaus aufgenommen zu werden.

(2) Kommunikation des Themas nach außen zur Versachlichung der Thematik im Grenzgebiet

Die Informations- und Publizitätsmaßnahmen wurden bereits beschrieben und die Übersicht als Anlage mit dem Projektabschlussbericht abgegeben.

Maßnahmen für Nachhaltigkeit und weiterführende Zusammenarbeit

Zusammenarbeit bei Geruchsergebnissen: Der bestehende Meldeweg zwischen sächsischen (LfULG) und tschechischen Behörden (CHMU, Umweltinspektion) wird weiter betrieben. Die Ereignisse werden regelmäßig gemeinsam ausgewertet. Die Einbeziehung von Industrieunternehmen (Unipetrol, Česka rafinerska, Sokolovska Uhelna) erfolgte bereits und wird weiter angestrebt. Die Bevölkerung hat weiterhin die Möglichkeit Geruchsergebnisse beim LfULG und bei den tschechischen Behörden (unter anderem dem Ústecký kraj) zu melden.

LITERATURVERZEICHNIS

- Aatamila, M., Verkasalo, P. K., Korhonen, M. J., Suominen, A. L., Hirvonen, M.-R., Viluksela, M. K., & Nevalainen, A. (2011): Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres. *Environmental Research*, 111(1), 164–170. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2010.11.008>
- Aengst, C. (1984): Zur Zusammensetzung des Staubes in einem Schweinemaststall. Hannover, TiHo, 57 p
- Altemose, B., Gong, J., Zhu, T., Hu, M., Zhang, L., Cheng, H., Zhang, L., Tong, J., Kipen, H. M., Strickland, P. O., Meng, Q., Robson, M. G., Zhang, J. (2015): Aldehydes in relation to air pollution sources: A case study around the Beijing Olympics. *Atmos Environ*, 109, 61–69. doi:10.1016/j.atmosenv.2015.02.056
- Armstrong, B. (2006): Models for the relationship between ambient temperature and daily mortality. *Epidemiology (Cambridge, Mass.)*, 17(6), 624–631. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000239732.50999.8f>
- Baldauf, M., Seifert, A., Forstner, J., Majewski, D., Raschendorfer, M., Reinhardt, T. (2011): Operational Convective-Scale Numerical Weather Prediction with the COSMO Model: Description and Sensitivities, *Mon Weather Rev*, 139(12), 3887–3905. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-10-05013.1>
- Barletta, B., Meinardi, S., Rowland, S. F., Chan, C.-Y., Wang, X., Zou, S., Chan, L. Y., Blake, D. R. (2005): Volatile organic compounds in 43 Chinese cities. *Atmospheric Environment*, 39(32), 5979–5990. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.06.029>
- Blanes-Vidal, V., Nadimi, E. S., Ellermann, T., Andersen, H. V., & Løfstrøm, P. (2012): Perceived annoyance from environmental odors and association with atmospheric ammonia levels in non-urban residential communities: a cross-sectional study. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 11, 27. <https://doi.org/10.1186/1476-069X-11-27>
- Böhm, H. (2015): Beratung mit Vertretern der Bürgerinitiative für Saubere Luft im Erzgebirge Maßnahmen des Öffentlichen Gesundheitsdienstes.

- Chan, L., Chu, K., Zou, S., Chan, C., Wang, X., Barletta, B., Blake, D. R., Guo, H., Tsai, W. (2006): Characteristic of nonmethane hydrocarbons in industrial, industrial-urban, and industrial-suburban atmospheres of the Pearl River Delta (PRD) region of south China. *Journal of Geophysical Research*, 111, D11304. doi:10.1029/2005JD006481
- Clauß, M. (2015): Particle size distribution of airborne microorganisms in the environment – a review. *Landbauforschung Volkenrode*, 65(2), 77-100. doi: 10.3220/LBF1444216736000
- Clauß, M., Springorum, A. C., Hartung, J. (2013): Jahresverlauf der Hintergrundkonzentrationen verschiedener Gruppen luftgetragener Mikroorganismen in einem urbanen, einem Agrar- und einem Forstgebiet in Norddeutschland. *Gefahrstoffe - Reinhaltung Luft*, 73(9), 375-380.
- Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004 relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient air, Official Journal of the European Union, L23/3
- Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe, Official Journal of the European Union, L152/1
- Dominici, F., Peng, R. D. (2008): Statistical Methods for Environmental Epidemiology with R. A Case Study in Air Pollution and Health. In *Use R*. https://doi.org/10.1007/978-0-387-78167-9_1
- EFSA (2016): Risks for public health related to the presence of *Bacillus cereus* and other *Bacillus* spp. including *Bacillus thuringiensis* in foodstuffs. *EFSA Journal*, 14(7), 4524. doi: 10.2903/j.efsa.2016.4524
- EPA TO 11A, Radiello, Firmenmanual, Methode C1: Aldehyde mittels Methode HPLC 2006.
- EPA (2014): <https://www3.epa.gov/ttnamti1/files/2014conference/wedpamsmacgregor.pdf> (09.12.2018)
- European Center for Aerosol Calibration (ECAC): <https://actris-ecac.eu/osia-2017-2.html>

- Faust, M. (2017): Entwicklung eines Lagrangeschen Partikel Dispersions Modells zur Identifizierung von Geruchsquellen im Erzgebirge. Master Thesis, University of Leipzig, Germany 2017.
- Fernstrom, A., Goldblatt, M. (2013): Aerobiology and its role in the transmission of infectious diseases. *J Pathogens* 2013, (6), 1-13. doi: [10.1155/2013/493960](https://doi.org/10.1155/2013/493960)
- Forss, D. A. (1972): Odor and flavor compounds from lipids. *Progr. Chem. Fats Other Lipids*, 13, 181-258. [https://doi.org/10.1016/0079-6832\(73\)90007-4](https://doi.org/10.1016/0079-6832(73)90007-4)
- Fromme, H., Bischof, W., Dietrich, S., Lahrz, T., Schierl, R., Schwegler, U. (2013): Airborne allergens, endotoxins and particulate matter in elementary schools, results from Germany (LUPE 2). *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 10(10), 573-582. doi: 10.1080/15459624.2013.818223
- Garcia, J. P., Beyne-Mascelet, S., Mouvier, G., Mascelet, P. (1992): Emission of volatile organic compounds by coal-fired power stations. *Atmospheric Environment*, 26(9), 1589-1597. [https://doi.org/10.1016/0960-1686\(92\)90059-T](https://doi.org/10.1016/0960-1686(92)90059-T)
- Health Council of Netherlands (2010): Endotoxins – Health-based recommended occupational exposure limit. Den Haag, Niederlande S. 15-19.
- Hopf, M., Aurich, V., Hennebach, E. (2006): Ergebnisbericht zur Auswertung von krankheits-bedingten Fehltagen in ausgewählten Kindertageseinrichtungen im Mittleren Erzgebirge. Zeitraum 01.01.2006 bis 30.04.2006: Landesuntersuchungsanstalt für das Gesundheits- und Veterinärwesen Sachsen.
- Hopke, K. P. (2000): *A Guide to Positive Matrix Factorization*. [Online] 8. 2. 2000. [cit. 2012-02-20]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/pm25/workshop/laymen.pdf>.
- ICOH (1997): International Commission on Occupational Health. In Rylander R. *Int J Occup Health Suppl* 3 (1)
- Johannson, K. A., Balmes, J. R., Collard, H. R. (2015): Air pollution exposure: A novel environmental risk factor for interstitial lung disease? *Chest*, 147(4), 1161-1299. doi: 10.1378/chest.14-1299.

- Jones, A. M., Harrison, R. M (2004): The effects of meteorological factors on atmospheric bioaerosol concentrations: a review. *Sci Total Environ*, 326(1-3), 151-180. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2003.11.021>
- Kath, H. G., Pausch, A., Hausmann, A., Kühne, H., Kämpken, B., Oelke, K., Schreiber, U. (2016): Sind Mercaptane Ursache für Geruchsbeschwerden im Erzgebirge? Bericht zu Methodenentwicklung und Erprobungsergebnissen vom 01.09. bis 30.04.2016.
- Kolk, A., van Gelder, R., Schneider, G., Gabriel, S. (2009): Mikrobiologische Hintergrundwerte in der Außenluft – Auswertung der BGIA-Expositionsdatenbank MEGA. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 69(4), 130-136.
- LAI-Leitfaden (2014): Leitfaden zur Ermittlung und Bewertung von Bioaerosol-Immissionen der Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz.
- Liebers, V., Kendzia, B., Düser, M., Brüning, T., Raulf, M. (2017): Bestimmung der Endotoxinaktivität – Methodische Aspekte. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 77(4), 143-150
- Lighthart, B., Shaffer, B. T. (1995): Viable bacterial aerosol particle size distributions in the midsummer atmosphere at an isolated location in the high desert chaparral. *Aerobiologia*, 11(1), 19-25. <https://doi.org/10.1007/BF02136140>
- Lohberger, M. (2016): Hintergrundkonzentration für Bioaerosole. Schriftenreihe des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG), Heft 4/2016
- Miltenberger, A. K., Pfahl, S., Wernli, H. (2013): An online trajectory module (version 1.0) for the nonhydrostatic numerical weather prediction model COSMO, *Geosci. Model Dev.*, 6, 1989–2004. doi:10.5194/gmd-6-1989-2013
- Nagata, Y. (2013): Measurement of Odor Threshold by Triangular Odor Bag Method. https://www.env.go.jp/en/air/odor/measure/02_3_2.pdf.
- NIOSH Manual of Analytical Methods, Fourth Edition Formaldehyde: METHOD 2016, Issue1, dated 15 January 1998 – Page 2 – 5
- Pausch, A., Franke, J., Löschau, G., Straková, M., Mannewitz, A. (2018): Luftqualität in Sachsen. Jahresbericht 2017. Vydavatel Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/30895>

- Petzold, A., Kramer, H. (2001): An Improved Aerosol Absorption Photometer for the Determination of Black Carbon in Ambient Aerosol. *Journal of Aerosol Science*, 32, 37–38.
- Ponczek, M., George, C. (2018): Kinetics and product formation during the photooxidation of butanol on atmospheric mineral dust. *Environ. Sci. Technol.*, 52(9), 5191-5198. DOI: 10.1021/acs.est.7b06306
- Radiello, 2006, www.sigma-aldrich.com/radiello
- Ranau, R., Kleeberg, K. K., Schlegelmilch, M., Streese, J., Stegmann, R., Steinhardt, H. (2005): Analytical determination of the suitability of different processes for the treatment of odorous waste gas. *Waste Management*, 25(9), 908-916. DOI: [10.1016/j.wasman.2005.07.004](https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.004)
- RESTEK Silco Can canisters, 2005, Cat. 59011A. www.restek.com
- Schättler, U., Doms, G., Schraff, C. (2009): A description of the nonhydrostatic regional COSMO-Model. Part I: Users Guide. Deutscher Wetterdienst, Offenbach, 2009. [<http://www.cosmo-model.org>].
- Schauer, J., Kleeman, M. J., Cass, G. R., Simoneit, B. R. T. (2001): Measurement of emissions from air pollution sources. 3. C₁-C₃₀ organic compounds from fireplace combustion of wood. *Environ. Sci. Technol.*, 35, 1716-1728.
- Schauer, J., Kleeman, M. J., Cass, G. R., Simoneit, B. R. T. (2002): Measurement of emissions from air pollution sources. 5. C₁-C₃₂ organic compounds from gasoline-powered motor vehicles. *Environ. Sci. Technol.* 36, 1169–1180.
- Schuijs, M. J., Willart, M. A., Vergote, K., Gras, D., Deswarte, K., Ege, M. J., Hammad, H. et al. (2015): Farm dust and endotoxin protect against allergy through A20 induction in lung epithelial cells. *Science*, 349(6252), 1106–1110: doi: 10.1126/science.aac6623.
- Schulz, M., Mack, B., Renn, O. (Hrsg.), Fokusgruppen in der empirischen Sozialwissenschaft, DOI: 10.1007/978-3-531-19397-7_10, © VS Verlag für Sozialwissenschaften | Springer Fachmedien Wiesbaden 2012, 196, 197, 200
- Sekyra, M., Leníček, J., Skybová, M., Vrubel, J., Heppner, P. (1999): Emissionen volatiler Kohlenwasserstoffe- Präkursore von Ozon aus den stationären und mobilen Quellen. Projekt MŽP-ČR (Umweltministerium, VaV-740-2-01, (1999).

- Sigma-Aldrich (2018a): https://www.sigmaaldrich.com/content/dam/sigma-aldrich/docs/Supelco/Application_Notes/radiello_c1_c4.pdf (09.12.2018)
- Sigma-Aldrich (2018b): <https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/supelco/rad145?lang=en®ion=CZ> (09.12.2018)
- Statistisches Landesamt & Geschäftsstelle. (2019). Forschungsdatenzentren der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder. Zugriff am 26.03.2019. Verfügbar unter <http://www.forschungsdatenzentrum.de/datenangebot.asp>.
- Sturm, R. (2012): Modeling the deposition of bioaerosols with variable size and shape in the human respiratory tract: a review. *J Adv Res*, 3(4), 295–304. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2011.08.003>
- SUPELCO, Air Monitoring, firemní materiál 2008
- Tesseraux, I., Lung, T. (2014): Hintergrundkonzentrationen von Gesamtbakterien und weiteren Bioaerosolparametern in Stadtgebieten. *Gefahrstoffe – Reinhaltung der Luft*, 74 (9), 368-375.
- T-P UFIREG-Projekt (2011-2014) Ultrafine Particles - an evidence based contribution to the development of regional and European environmental and health policy.ro 2010) Geräteentwurf I. Beneš, Herstellung und Software T-Pro Teplice, ČR
- U. S. EPA, Cincinnati, Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air, Second Edition Determination of Formaldehyde in Ambient Air Using Cartridge Followed by HPLC, U. S. EPA, Cincinnati, OH 45268, January 1999.
- VDI-Richtlinie 4250 Bl. 3 (2014) Anlagenbezogene und schutzgutbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter.
- VDI-Richtlinie 4250 Bl. 3 (2014) Anlagenbezogene und schutzgutbezogene, umweltmedizinisch relevante Messparameter.
- VDI-Richtlinie 4252 Bl. 3 (2008] Aktive Probenahme von Bioaerosolen – Abscheidung von luftgetragenen Bakterien mit Impingern nach dem Prinzip der kritischen Düse.C

- VDI-Richtlinie 4253 Bl. 2 (2004) Verfahren zum kulturellen Nachweis der Schimmelpilzkonzentration in der Luft – Indirektes Verfahren nach Probenahme auf Gelatine/Polycarbonat-Filtern.
- Watson, J. G., Chow, J. C., Fujita, E. M. (2001): Review of organic compound source apportionment by chemical mass balance, *Atmospheric Environment*, 35, 1567-1584. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(00\)00461-1](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(00)00461-1)
- Wiedensohler, A., Wiesner, A., Weinhold, K., Birmili, W., Hermann, M., Merkel et al. (2018): Mobility Particle Size Spectrometers: Calibration Procedures and Measurement Uncertainties. *Aerosol Science & Technology*, 52(2), 146–164. <https://doi.org/10.1080/02786826.2017.1387229>
- Wiedensohler, A., Birmili, W., Nowak, A., Sonntag, A., Weinhold, K., Merkel et al. (2012): Mobility Particle Size Spectrometers: Harmonization of Technical Standards and Data Structure to Facilitate High Quality Long-term Observations of Atmospheric Particle Number Size Distributions. *Atmos. Meas. Tech*, 5, 657–685. <https://doi.org/10.5194/amt-5-657-2012>
- Wolke, R., Schröder, W., Schrödner, R., Renner, E. (2012): Influence of grid resolution and meteorological forcing on simulated European air quality: A sensitivity study with the modeling system COSMO–MUSCAT, *Atmos. Environ.*, 53, 110-130. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.02.085>
- Zscheppang, A., Degen, M., Schladitz, A., Merkel, M., Plachá, H., Bitter, M., ... Leníček, J. (2014). *UltraSchwarz. Ultrajemné částice a zdraví v Erzgebirgskreis a v Ústeckém kraji*. Evropská unie Evropský fond regionálního rozvoje.
- Zscheppang, A., Otto, M., & Schürmann, B. (2016): Geruchsbelastung und gesundheitliche Folgen. Sächsisches Staatsministerium für Soziales und Verbraucherschutz.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Häufigkeit der SO ₂ -Konzentration nach Windrichtung und Konzentration gemessen auf dem Schwartenberg Januar – März 2017. Quelle: ZÚ Ústí.....	5
Abb. 2: Anzahl der Geruchsbeschwerden von 2010 bis 2016 und Anzahl der Geruchsbeschwerden von in den Wintermonaten November bis März 2010 bis 2016 in der Erzgebirgsregion.....	6
Abb. 3: Anzahl der Beschwerdetage ab 10 Einzelbeschwerden in der Erzgebirgsregion (Gemeinden aus Erzgebirgskreis, Mittelsachsen und Sächsische Schweiz – Osterzgebirge).	6
Abb. 4: Geografische Entwicklung der Geruchsbeschwerden auf sächsischer Grenzseite im Jahr 2015.....	8
Abb. 5: Genehmigungspflichtige Anlagen auf der sächsischen Seite, die auch als Quellen denkbar wären.	13
Abb. 6: Geografische Lage der einzelnen Stationen im Projektgebiet auf sächsischer und tschechischer Grenzseite. 1 – Annaberg-Buchholz, 2 – Schwartenberg, 3 – Deutschneudorf, 4 – Lom, 5 – Ústí nad Labem.	14
Abb. 7: Sondermessstation in Deutschneudorf. Foto: Anja Mannewitz, LfULG.	16
Abb. 8: Luftgütemessstation in Lom – Tschechien. Foto: Helena Placha, CHMI.....	17
Abb. 9: Luftgütemessstation auf dem Schwartenberg. Foto: Gunter Löschau, LfULG....	19
Abb. 10: Luftgütemessstation in Annaberg-Buchholz, Foto: Burkhard Lehmann, LfULG.	20
Abb. 11: Luftgütemessstation in Ústí nad Labem – Zentrum, Tschechien. Foto: Helena Placha, CHMI.....	21
Abb. 12: Schema der Rückführung von Qualitätssicherungsexperimenten auf Primärstandards und Grundsätze.	22
Abb. 13: Gemessene Standardluft-schadstoffe an den sächsischen Luftgütemessstationen Schwartenberg, Annaberg-Buchholz, Collmberg und Leipzig-Mitte sowie an den beiden tschechischen Stationen Lom und Ústí nad Labem - Zentrum. Alle Werte in µg/m ³ . NOX: Stickoxide; BTX: Benzol, Toluol, Xylol; SO ₂ : Schwefeldioxid; O ₃ : Ozon; PM ₁₀ : Feinstaub 10 µm; PM _{2,5} : Feinstaub 2,5 µm; BC – Black Carbon/Ruß.	25
Abb. 14: Messgeräte zur Bestimmung der UFP's sowie PM ₁ -Ruß.....	27
Abb. 15: Lom bei Most. Entnahmesegmente, eingelegt in die Karte (Mapy.cz).....	29
Abb. 16: Deutschneudorf. Entnahmesegmente, eingelegt in die Karte (Mapy.cz).....	29

Abb. 17:	Ort der Probenahme Lom Most (Fotos Ivan Beneš).....	31
Abb. 18:	Ort der Probenahme Deutschneudorf (Fotos Ivan Beneš).....	31
Abb. 19:	Ort der Probenahme Aussichtsturm Jeřabina (Fotos Ivan Beneš).	32
Abb. 20:	Karte der Messstandorte bei der mobilen Messung	39
Abb. 21:	Darstellung der Windverhältnisse bei den mobilen Messungen.	40
Abb. 22:	Messstelle Deutschneudorf (oben) und Steinbruch (unten) mit Messstation und Messtechnik-Nickelmontage im Winter.	44
Abb. 23:	Untersuchungsgebiet.....	50
Abb. 24:	Anzahl der Geruchsbeschwerden von 2010 bis 2018 (links).....	60
Abb. 25:	Anzahl der Geruchsbeschwerden in den Wintermonaten November bis März 2010 bis 2019 in der Erzgebirgsregion (rechts).....	60
Abb. 26:	Anzahl der signifikanten (>3 Beschwerden pro Tag) Beschwerdetage in den Wintermonaten November bis März 2010 bis 2019 in der Erzgebirgsregion.	61
Abb. 27:	Anzahl der stark signifikanten Beschwerdetage (>5 Beschwerden pro Tag) in den Wintermonaten November bis März 2010 bis 2019 in der Erzgebirgsregion.	61
Abb. 28:	Prozentuale Windrichtungshäufigkeit für die Winterperioden an den an den sächsischen Luftgütemessstationen Schwarzenberg und Annaberg-Buchholz.....	63
Abb. 29:	Prozentuale Windrichtungshäufigkeit für die Winterperioden an Prozentuale Windrichtungshäufigkeit an der Sondermessstation Deutschneudorf.....	63
Abb. 30:	Prozentuale Windrichtungshäufigkeit und an den tschechischen Luftgütemessstationen Lom und Ústí nad Labem – Zentrum.....	64
Abb. 31:	Entwicklung der Monatsmittelwerte der SO ₂ -Konzentration (µg/m ³) in den Wintern der letzten neun Jahre von 2010-11 bis 2019-03 an den Luftgütemessstationen Schwarzenberg (blau), Annaberg-Buchholz (rot), Lom (grün), Ústí nad Labem – Zentrum (gelb) und Leipzig-Mitte (schwarz).....	65
Abb. 32:	Entwicklung der Monatsmittelwerte der NO ₂ -Konzentration (µg/m ³) in den Wintern der letzten neun Jahre von 2010-11 bis 2019-03 an den Luftgütemessstationen Schwarzenberg (blau), Annaberg-Buchholz (rot), Lom (grün), Ústí nad Labem – Zentrum (gelb), Leipzig-Mitte (schwarz) und Collmberg (lila).	65
Abb. 33:	Entwicklung der Monatsmittelwerte der PM ₁₀ -Konzentration (µg/m ³) in den Wintern der letzten neun Jahre von 2010-11 bis 2019-03 an den Luftgütemessstationen Schwarzenberg (blau), Annaberg-Buchholz (rot), Lom (grün), Ústí nad Labem – Zentrum (gelb), Leipzig-Mitte (schwarz) und Collmberg (lila).	66

Abb. 34: Zusammenhang zwischen Schadstoffkonzentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) und Beschwerdezahl am Beispiel von SO_2 (blau) und Benzol (grün) in der ersten Winterperiode 2016/17.	67
Abb. 35: Prozentualer Anteil der Messwerte von Mercaptanen und Sulfiden bei Südost-Wind (SO) und bei anderen Windrichtungen in den drei Wintern des Projektzeitraumes, die über der Bestimmungsgrenze (BG) lagen. MeSH – Methylmercaptan; EthSH – Ethylmercaptan; DMS – Dimethylsulfid; DMDS.....	69
Abb. 36: Windrosen im Zusammenhang mit den Standardluftschadstoffkonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) auf dem Schwartenberg (roter Punkt) im Projektzeitraum (1. – oben, 2. – Mitte und 3. Winterperiode – unten, im Zeitraum November – März): SO_2 (blau), NO_2 (gelb) und PM_{10} (schwarz) – links; Benzol (hellblau), Toluol (braun) und Xylol (grün) – rechts.	71
Abb. 37: Windrosen im Zusammenhang mit den Standardluftschadstoffkonzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) in Lom auf tschechischer Seite im Projektzeitraum (1. – oben, 2. – Mitte und 3. Winterperiode – unten, im Zeitraum November – März): SO_2 (blau), NO_2 (gelb) und PM_{10} (schwarz).....	73
Abb. 38: Anzahl der Tage ohne SO-Wind und mit SO-Wind mit keinen, geringen (1-2 Beschwerden), signifikanten (≤ 3 Beschwerden) und grenzüberschreitenden (≤ 5 Beschwerden) Geruchsbeschwerden aller drei Winterperioden im Zeitraum November bis März.	74
Abb. 39: Gemittelte Partikelgrößenverteilungen für die beiden Messstationen Deutschneudorf auf deutscher Seite und Lom auf tschechischer Seite. Links oben: Geruchsereignis und Messungen ohne Thermodenuder; links unten: gleicher Zeitraum und mit Thermodenuder; rechte Spalte analoge Aufteilung für Messungen ohne Geruchsereignis.....	76
Abb. 40: Vergleich der gemessenen Rußkonzentrationen mit den Rußphotometern der Stationen Deutschneudorf (oben) und Lom (unten) für den Zeitraum von Ende Januar bis Anfang März 2017.....	77
Abb. 41: Vergleich der gemessenen Gesamtpartikelanzahlen (N_{gesamt}), Gesamtmassenkonzentration (m_{gesamt}) sowie der Rußkonzentrationen ($m(\text{BC})$) der Stationen Deutschneudorf (schwarz) und Lom (rot bzw. grün) für den Zeitraum von Ende Februar bis Anfang März 2018.....	79
Abb. 42: In die Karte eingefügte Windrose.....	80
Abb. 43: In die Karte eingefügte Windrose. Kartenquelle: www.mapy.cz	81
Abb. 44: In die Karte eingefügte Windrose.....	82
Abb. 45: In die Karte eingefügte Windrose.....	83

Abb. 46: Windrichtung, aus der die Carbonylverbindungen kommen, die die Geruchsschwelle überschreiten.	84
Abb. 47: In DND und Lom gemessene Profile (Konzentration in ppbv).....	87
Abb. 48: Ergebnisse der Rückvalidierung des Modells mit zwei Faktoren mittels der Methode bootstrap - 100 Unterproben.	89
Abb. 49: Das Profil der Quelle 1 (Verbrennung von weichem Holz) vor (graue Spalten und Punkte) und nach der Faktorenrotation mit der Methode Fpeak (grüne Spalten und gelbe Punkte). Das Profil ist in absoluten Einheiten angegeben (Spalten - logarithmischer Maßstab) und in relativen Einheiten (Punkte - Maßstab in Prozenten).....	90
Abb. 50: Das Profil der Quelle 2 (Kohleverbrennung) vor (graue Spalten und Punkte) und nach der Faktorenrotation mit der Methode Fpeak (grüne Spalten und gelbe Punkte). Das Profil ist in absoluten Einheiten angegeben (Spalten - logarithmischer Maßstab) und in relativen Einheiten (Punkte - Maßstab in Prozenten).....	91
Abb. 51: Profil der Quelle 1 (Kohleverbrennung) vor (graue Spalten und Punkte) und nach der Faktorenrotation mittels der Methode Fpeak (grüne Spalten und gelbe Punkte). Das Profil ist in absoluten Einheiten angegeben (Spalten - logarithmischer Maßstab) und in relativen Einheiten (Punkte - Maßstab in Prozenten).	92
Abb. 52: Das Profil der Quelle 2 (Kraftverkehr) vor (graue Spalten und Punkte) und nach der Faktorenrotation mittels der Methode Fpeak (grüne Spalten und gelbe Punkte). Das Profil ist in absoluten Einheiten angegeben (Spalten - logarithmischer Maßstab) und in relativen Einheiten (Punkte - Maßstab in Prozenten).....	93
Abb. 53: WST-1 Zytotoxizitätstest: Vergleich der Zytotoxizität von PM ₁₀ an allen Standorten im Jahr 2017; dargestellt ist die prozentuale Überlebensrate (Cell Survival) der untersuchten A549-Zellen nach 24-stündiger Inkubation mit vier verschiedenen Konzentrationen der entsprechenden PM ₁₀ -Extrakte der untersuchten Standorte.	94
Abb. 54: WST-1 Zytotoxizitätstest: Vergleich der Zytotoxizität von PM ₁₀ an allen Standorten im Jahr 2018; dargestellt ist die prozentuale Überlebensrate (Cell Survival) der untersuchten A549-Zellen nach 24-stündiger Inkubation mit vier verschiedenen Konzentrationen der entsprechenden PM ₁₀ -Extrakte der untersuchten Standorte.	94
Abb. 55: Beispiel für ein identifiziertes Signalmuster in Deutschneudorf.....	97
Abb. 56: Beispiele der erkannten Muster mit den Windrosen.	98
Abb. 57: Heat Map - Clusterung Signalmuster mit Tagen.....	100
Abb. 58: MANOVA, Signalmuster in Abhängigkeit zu Windrichtung und Beschwerdeanzahl.....	101
Abb. 59: Cluster Dendogram.....	102
Abb. 60: Signalmusterstärke und Anzahl der Beschwerden.	103

Abb. 61: Wochen und Tagesgänge der Muster, die mit dem Geruch zusammenhängen.....	105
Abb. 62: Referenzmessung Landwirtschaft.....	107
Abb. 63: Korrelationen zwischen Luftschadstoffen und Signalmuster.....	108
Abb. 64: Triangulation der Quelle in Südosten des Projektgebietes.....	109
Abb. 65: Bioaerosolkonzentrationen der Bakterien (Säulen 1-5) und Schimmelpilze (Säule 6) bei Einsatz verschiedener Messtechniken und Anzuchtbedingungen im a) Winter und b) Sommer. Hellgrün – Standort Deutschneudorf, dunkelgrün – Standort Lom. Median in KBE/m ³	112
Abb. 66: Gemessene Endotoxinkonzentrationen im Winter (hellgrün) und im Sommer (dunkelgrün) an den beiden Standorten Deutschneudorf und Lom. Arithmetisches Mittel mit Standardfehler in KBE/m ³ . Die Proben wurden von CUP Laboratorien Dr. Freitag GmbH, Radeberg analysiert.	112
Abb. 67: Prozentuale Verteilung der Schimmelpilzarten in Deutschneudorf (DND) und in Lom im a) Winter und b) Sommer.....	114
Abb. 68: Verteilung der Gesamtbakterienkonzentration (orange) und der Konzentration mittels MALDI-TOF MS untersuchten Bakterien (grün) nach Windrichtung am Standort Deutschneudorf. Rot hinterlegte Windrichtungen = keine Messung erfolgt. Anzahl der Bakterien gesammelt mit dem MAS Impaktor und angezchtet bei 22°C auf TSA Nährboden (links) und bei 37°C auf Blut-Nährboden (rechts).....	117
Abb. 69: Verteilung der Gesamtbakterienkonzentration (orange) und der Konzentration mittels MALDI-TOF MS untersuchten Bakterien (grün) nach Windrichtung am Standort Lom. Rot hinterlegte Windrichtungen = keine Messung erfolgt. Anzahl der Bakterien gesammelt mit dem MAS Impaktor und angezchtet bei 22°C auf TSA Nährboden (links) und bei 37°C auf Blut-Nährboden (rechts).....	118
Abb. 70: Konzentrationsverteilung der Schimmelpilzarten nach Windrichtung am Standort Deutschneudorf (links) und Lom (rechts). Rot hinterlegte Windrichtungen = keine Messung erfolgt.	119
Abb. 71: Probenahmeorte.	123
Abb. 72: Durch Geruchssinn und chemische Analyse ermittelte Geruchsintensität. ..	125
Abb. 73: Räumliche Verteilung der Probanden (Wohnort) Kartengrundpage: OpenStreetMap).	127
Abb. 74: Räumliche Verteilung der Probanden um Karlovy (Wohnort) (Kartengrundpage: OpenStreetMap).	128
Abb. 75: Altersverteilung der deutschen und tschechischen Probanden (Litvínov). ...	128

Abb. 76: Anzahl der Meldungen an den Tagen der 1. Wintersaison (aufgeteilt nach der Nationalität).....	130
Abb. 77: Karte der räumlichen Verteilung der Meldungen in dem 1. Winter (klassifiziert farblich nach Anzahl) (Kartengrundpage: OpenStreetMap).....	130
Abb. 78: Anzahl der Meldungen an den Tagen der 1. Wintersaison (aufgeteilt nach der Nationalität).....	132
Abb. 79: Karte der räumlichen Verteilung der Meldungen im 1. Winter (farblich klassifiziert nach der Anzahl) (Kartengrundlage: OpenStreetMap).....	132
Abb. 80: Anzahl der Meldungen an den Tagen der 3. Wintersaison (aufgeteilt nach der Nationalität).....	133
Abb. 81: Anteil der Tage mit Verfolgung im Verhältnis des Gesamttag (%) (alle Probandengruppen).....	135
Abb. 82: Karte der räumlichen Verteilung der Meldungen (Kartengrundlage: OpenStreetMap).	137
Abb. 83: Verteilung der Geschlechter in der Probandengruppe und in den Geruchsmeldungen.....	138
Abb. 84: Verteilung der Altersgruppen in der Probandengruppe und in den Geruchsmeldungen.....	139
Abb. 85: Relative Meldefrequenz in Abhängigkeit vom Geschlecht und Altersgruppen der Probanden.....	140
Abb. 86: Verteilung der Nationalitäten im Rahmen der Probandengruppe und zwischen den Geruchsmeldungen (links), relative Meldehäufigkeit bei tschechischen und deutschen Probanden (%) (rechts).	141
Abb. 87: Anteile der einzelnen Geruchsmerkmale in den Meldungen (%).....	142
Abb. 88: Anteile der einzelnen Geruchsmerkmale unter allen angebotenen Merkmalen gesamt (%).	143
Abb. 89: Absolute Zahlen der einzelnen Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Geschlecht des Probanden.	144
Abb. 90: Absolute Zahlen der einzelnen Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Alter des Probanden.....	145
Abb. 91: Das Ordinationsdiagramm stellt den Zusammenhang der Geruchsmerkmale und der Altersgruppen der Probanden dar.....	146
Abb. 92: Geographische Verteilung der Meldungen in Abhängigkeit von der Altersgruppe des Probanden.....	147

Abb. 93: Prozentuale Vertretung einzelner Geruchsmerkmale in Abhängigkeit vom Monat und Jahr der Beobachtung (Die Zahlen im Diagramm sind die absoluten Zahlen).	148
Abb. 94: Geographische Verteilung der einzelnen Meldungen in Abhängigkeit vom Zeitraum der Beobachtung.	149
Abb. 95: Geographische Verteilung einzelner Geruchsmerkmale.	150
Abb. 96: Geographische Durchschnitte einzelner Geruchsmerkmale (Kartenquelle: OpenStreetMap).	152
Abb. 97: Aufteilung des Projektgebiets in 6 Sektoren (Kartenquelle: OpenStreetMap). ...	152
Abb. 98: Ordinationsdiagramm (MCA-Analyse) stellt den Zusammenhang zwischen den Geruchsmerkmalen untereinander, mit den Altersgruppen der Probanden sowie mit der geographischen Lage (Sektoren);	153
Abb. 99: Anteile einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen bei den Meldungen (%).	155
Abb. 100: Anteile einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen unter allen angebotenen Auswirkungen gesamt (%).	156
Abb. 101: Absolute Zahlen einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen in Abhängigkeit vom Geschlecht des Probanden.	157
Abb. 102: Absolute Zahlen der einzelnen subjektiven gesundheitlichen Auswirkungen in Abhängigkeit vom Alter des Probanden.	158
Abb. 103: Das Ordinationsdiagramm stellt den Zusammenhang zwischen gesundheitlichen Auswirkungen und Altersgruppen der Probanden dar.	159
Abb. 104: Absolute Zahlen einzelner gesundheitlicher Auswirkungen in Abhängigkeit vom Geruchsmerkmal.	161
Abb. 105: Das Ordinationsdiagramm stellt den Zusammenhang der Geruchsmerkmale mit den gesundheitlichen Auswirkungen der Probanden (links),	162
Abb. 106: Vergleich der relativen Meldefrequenz einzelner Probanden bei drei Gruppen - Raum Litvínov: tschechische (CZ), deutsche (DE), Raum Karlsbad (KAR).	166
Abb. 107: Anteile einzelner Geruchsmerkmale in den Meldungen – Karlsbader Region (%).	167
Abb. 108: Anteile einzelner Geruchsmerkmale an allen angebotenen Geruchsmerkmalen insgesamt – Karlsbader Region (%).	168
Abb. 109: Anteile einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen in den Meldungen – Karlsbader Region (%).	169

Abb. 110: Anteile einzelner subjektiver gesundheitlicher Auswirkungen unter allen angebotenen Auswirkungen gesamt - Karlsbader Region. (%).....	170
Abb. 111: Übersicht über die Modellgebiete und Tracerquellen.	171
Abb. 112: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Olbernhau am 19.01.2017 15:00 Uhr.	172
Abb. 113: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Seiffen am 25.01.2018 08:00 Uhr.	174
Abb. 114: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Seiffen am 25.01.2018 21:00 Uhr.	174
Abb. 115: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Sayda am 26.01.2018 09:00 Uhr.	175
Abb. 116: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Rübenau am 14.02.2018 09:00 Uhr.	176
Abb. 117: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Marienberg am 14.02.2018 14:00 Uhr.	176
Abb. 118: Rückwärtstrajektorien (6 Stunden zurück) für Seiffen (links) am 15.02.2018 08:00 Uhr und Olbernhau (rechts) am 15.02.2018 18:00 Uhr.....	177
Abb. 119: Rücktrajektorien für die Probenahmestelle Litvínov. Angaben des Probanden: chemischer Geruch, Erdgas, sehr belästigend.	178
Abb. 120: Rücktrajektorien für den Probenahmeort Marienberg. Angaben des Probanden: Erdgas, schwacher Geruch.	179
Abb. 121: Rücktrajektorien für den Probenahmeort Neuhausen. Angaben des Probanden: starker, stechender Geruch.....	179
Abb. 122: Rücktrajektorien für die Entnahme Neuhausen. Angaben des Probanden: Geruch erinnert an einen Kraftwerkskühlturm, Dampfloch, Abfallverbrennung.	180
Abb. 123: Seiffen 170217. Nachgewiesene Analyten: Hexanal, Benzaldehyd, Oktanal, Dekanal, Toluol, Tetrachloräthylen, Naphtalen, Wert OAV 42,88 (ou/m ³).	181
Abb. 124: Seiffen 170313. Nachgewiesene Analyten: Aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Aldehyde, Wert OAV 33,4 (ou/m ³). Angaben des Probanden - süßer widerlicher Geruch.	181
Abb. 125: zusammengefasst. Seiffen 170327. Nachgewiesene Analyten: aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe und Aldehyde, Wert OAV 59,75 (ou/m ³). Angaben des Probanden - schwacher Geruch.....	182

Abb. 126: zusammengefasst. Seiffen 171128. Nachgewiesene Analyten: Äthylazetat, Butylazetat, MIBK, CFCl, Wert OAV 11,61 (ou/m ³). Angaben des Probanden - süßer widerlicher Geruch.	182
Abb. 127: Chemisch nachgewiesene Werte OAV (ou/m ³) in den einzelnen Episoden (insgesamt17) in Seiffen.....	183
Abb. 128: In Seiffen nachgewiesene OAV Werte von Aldehyden und Benzosäure und ihre Konzentrationen in den Geruchseinheiten OAV (ou/m ³), die in 9 Proben nachgewiesen wurden.	184
Abb. 129: In Seiffen nachgewiesene Analyten-Lösungsmittel- und ihre Konzentrationen in den Geruchseinheiten OAV (ou/m ³), die in 10 Proben nachgewiesen wurden.	185
Abb. 130: Nachgewiesene Konzentrationen: Bei der Möbelfabrik Seiffen (blaue Spalte), Farbenverkaufsstelle (rote Spalte), Luftprobe entnommene in Seiffen 171128 (grüne Spalte).	186
Abb. 131: Art des Geruchs, nach Jahreszeit (Mehrfachnennung, in %).	192
Abb. 132: Häufigkeit der Gespräche über Geruchsereignisse, nach Befragungsgebiet (in %).	193
Abb. 133: Bekanntheit der Meldestelle für Geruchsereignisse (links) sowie Anteil der Bevölkerung, die min. 1 Mal ein Geruchsereignis gemeldet haben (rechts), in %.....	195
Abb. 134 Morbidität und Belastung durch Böhmischer Nebel: Dargestellt ist der Anteil der Häufigkeit des Auftretens von Symptomen bei den Belasteten bzw. Nichtbelasteten (p<,01 für alle Symptome, Fallzahlen mit mind. einer Angabe zu den Symptomen: N _{Belastete} =1367, N _{Nichtbelastete} =400).....	197
Abb. 135: Beschwerden im Zeitverlauf: Dargestellt ist der prozentuale Anteil der Personen mit den jeweiligen Beschwerden (grün, linke y-Achse), die den Fragebogen am Ausfülldatum. Es wurden nur für die Tage Anteile berechnet, an denen mindestens 5 Personen die Frage zu den Beschwerden der letzten drei Tage ausgefüllt haben. Im Vergleich dazu sind die LfULG-Beschwerdezahlen in der Erzgebirgsregion (blau, rechte y-Achse) abgebildet.	198
Abb. 137: Relative Häufigkeit der Antworten, die den allgemeinen Gesundheitszustand des Befragten beschreiben.	202
Abb. 140: Relatives Risiko für die Einheitsänderung der erklärenden Variablen.	205
Abb. 141: Prognose des Wahrscheinlichkeitswerts des allgemeinen Gesundheitszustands in Abhängigkeit von den Variablen Alter und Belastung durch Geruch anhand des logistischen Regressionsmodells.....	206
Abb. 142: Einfluss von Black Carbon - PM1 und der prozentuelle Anstieg der Abwesenheit von Kindern im Kindergarten inkl. Verzögerungseffekt (Lag).	223

Abb. 140: Einfluss von UFP 20-800 nm und der prozentuelle Anstieg der Abwesenheit von Kindern.	224
Abb. 141: Einfluss von UFP 20-100 nm und der prozentuelle Anstieg der Abwesenheit von Kindern.	225
Abb. 142: Einfluss von PM10 und prozentuelle Erhöhung der Abwesenheit von Kindern.	226
Abb. 143: Einfluss von PM2,5 und prozentuelle Erhöhung der Abwesenheit von Kindern.	226
Abb. 144: Einfluss von NO2 und prozentuelle Erhöhung der Abwesenheit von Kindern.	227
Abb. 145: Einfluss von SO2 und prozentuelle Erhöhung der Abwesenheit von Kindern.	228

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1:	Messstationen im Projekt OdCom mit Klassifizierung, Meereshöhe und geografischen Koordinaten.....	15
Tab. 2:	Zeitlicher Ablauf aller Messungen, die im Projekt OdCom zur Datenauswertung herangezogen wurden.....	23
Tab. 3:	Gemessene meteorologische Parameter und Standardluftschadstoffe an den Luftgütemessstationen auf sächsischer und tschechischer Seite mit eingesetzten Messprinzip bzw. Messgerät.....	24
Tab. 4:	Zeitliche Auflösung der kontinuierlichen Messungen von UFP's und Ruß.	26
Tab. 5:	Übersicht der analysierten Carbonylverbindungen.	34
Tab. 6:	Zeitlicher Ablauf aller Bioaerosolmessungen und eingesetzte Messtechnik in Lom und Deutschneudorf (DND) während der beiden Wintermessperioden I und II.....	42
Tab. 7:	Geruchsereignisse mit Anzahl der Beschwerden und Ergebnisse der stationären und mobilen IMS Messung.	99
Tab. 8:	Auffällige Muster bei Beschwerden im Winter 2018/19.	104
Tab. 9:	Biologische und physikalische Sammeleffizienz in Abhängigkeit der eingesetzten Messtechnik (siehe auch VDI 4252 Blatt 3, 2008).	110
Tab. 10:	In der Nähe der Quellen festgestellte OAV Werte.	122
Tab. 11:	Chemisch und organoleptisch bewiesener Geruch an den gemessenen Orten.	125
Tab. 12:	Luftprobenahmen ohne kompletten Eintrag.	134
Tab. 13:	Zusammenfassung der Geruchsmeldungen in allen Winterperioden.	134
Tab. 14:	Überblick aller Probanden (inklusive der Luftprobenahmen in die Kanister)....	136
Tab. 15:	Zusammenfassung der Meldungen der einzelnen Probanden („Karlsbader“ Gruppe).	165
Tab. 16:	Verteilung der Meldungen in Abhängigkeit vom Geschlecht und Alter des Probanden in der Karlsbader Region.	166
Tab. 17:	Anzahl der ergriffenen Maßnahmen beim Auftreten von Geruchsereignissen (in %).	192
Tab. 18:	Böhmischer Nebel – sich Gestörtfühlen und gesundheitliche Belastung.....	196
Tab. 19:	Zusammenfassung des allgemeinen Gesundheitszustands nach Nationalität des Befragten.	201

Tab. 20: Relatives Risiko für Einheitsänderung der erklärenden Variablen (Z – Test: $p < 0,001$ (***) , $p < 0,01$ (**), $p < 0,05$ (*)).....	205
Tab. 21: Beschreibung der beobachteten Kindergruppe.	221
Tab. 22: Rauchen der Eltern und Aufenthalt in verschmutzter Umwelt.	222
Tab. 23: Aufenthalt der Kinder und Aktivitäten am Tag.....	222
Tab. 24: Ergebnisse der Analysen der Abwesenheit wegen Atemwegserkrankungen, PM1 (BC) und UFP, wo die Ergebnisse statistisch signifikant waren.....	228

ANHÄNGE

ABBILDUNGEN

Abb. A. 1:	Gerät 1 für die Richtungsentnahmen Lom Most.	255
Abb. A. 2:	Gerät 2 für die Richtungsentnahmen Lom Most.	255
Abb. A. 3:	Gerät für die Richtungsentnahmen Deutschneudorf.	256
Abb. A. 4:	Blick vom Aussichtsturm Jeřabina (Foto Ivan Beneš).	256
Abb. A. 5:	Temperaturverlauf der Monatsmittelwerte von 9 Winterperioden von 2010 bis 2019 an den sächsischen Luftgütemessstationen Schwartenberg (blau) und Annaberg-Buchholz (rot) und an den tschechischen Luftgütemessstationen Lom (grün) und Ústí nad Labem – Zentrum (gelb) sowie an der Sondermessstation Deutschneudorf (pink). In den Projektzeitraum fallen die letzten drei Winter.	256
Abb. A. 6:	Monatliche Verteilung der Standardluftschadstoff-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) auf dem Schwartenberg im Projektzeitraum (1. bis 3. Winterperiode im Zeitraum November – März): SO_2 , NO_2 , PM_{10} , Benzol, Toluol und Xylol sowie der Mercaptane und Sulfide MeSH, EthSH, DMDS und DMS.	258
Abb. A. 7:	Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen gemessen auf dem Schwartenberg zu den Beschwerden bei allen Windrichtungen und bei SO-Wind am Beispiel von SO_2 , PM_{10} und Xylol aller drei Winterperioden – rot: 1. Winter, grün: 2. Winter, blau: 3. Winter.	259
Abb. A. 8:	Partikelgrößenverteilungen in Abhängigkeit der Zeit für die Messstation Deutschneudorf auf deutscher Seite für den Zeitraum vom 23.01.2017 bis 19.02.2017.	260
Abb. A. 9:	Partikelgrößenverteilungen in Abhängigkeit der Zeit für die Messstation Lom auf tschechischer Seite für den Zeitraum vom 23.01.2017 bis 19.02.2017.	260
Abb. A. 10:	Windrose Deutschneudorf, 1. Probenahme-Kampagne.....	261
Abb. A. 11:	Windrose Deutschneudorf, 2. Probenahme-Kampagne.....	261
Abb. A. 12:	Windrose Lom bei Most, 1. Probenahme-Kampagne.	262
Abb. A. 13:	Windrose Lom bei Most, 2. Probenahme-Kampagne	262
Abb. A. 14:	Identifizierte und quantifizierte Carbonylverbindungen, die während der 1. Probenahme-Kampagne in Deutschneudorf gefunden wurden.	263
Abb. A. 15:	Verteilung der identifizierten und quantifizierten Carbonylverbindungen.	264

Abb. A. 16:	Die prozentuelle Vertretung der Häufigkeit einzelner Carbonyle von der Summe aller positiven Funde in der Lokalität Lom, Deutschneudorf und Jeřabina.	265
Abb. A. 17:	Die Summe der Carbonyle in den überwachten Lokalitäten. Der halbe Wert der Feststellungsgrenze wurde als Ersatzwert angenommen, der den Messwert ersetzt, falls dieser niedriger ist, als die Feststellungsgrenze.	266
Abb. A. 18:	Bestimmung der Anzahl von Faktoren (Quellen) für die Methode PMF mit Hilfe der Hauptkomponentenmethode (PCA) für Deutschneudorf (links) und Lom (rechts).	267
Abb. A. 19:	Ergebnisse der Rückvalidierung des Modells mit zwei Faktoren mittels der Methode bootstrap - 100 Unterproben.	267
Abb. A. 20:	Prozentuale Verteilung der identifizierten Bakterienarten zusammengefasst in deren Familie. in Deutschneudorf (DND) und in Lom im a) Winter und b) Sommer in Abhängigkeit verschiedener Messtechniken und Anzuchtbedingungen.	269
Abb. A. 21:	Boxplots der Lebensqualität in Sachsen ($N_{SN}=1432$) und Tschechien ($N_{CZ}=112$). Abgebildet sind die Boxplots der körperlichen Summenskala (KSK) und der psychischen Summenskala (PSK) stratifiziert nach Alter (zu beachten sind die geringen Fallzahlen in den einzelnen Altersgruppen, Ausreißer sind ausgeblendet).....	270
Abb. A. 22:	Belastungsempfinden und Sich-gestört-Fühlen nach Alter und Geschlecht. Dargestellt ist der Anteil der Personen, die angeben, dass der BN den Gesundheitszustand belastet bzw. nicht belastet sowie die Antworten auf die Frage nach dem Sich-gestört-Fühlen nach Altersklassen und Geschlecht	271
Abb. A. 23:	Lebensqualität und Belastung durch Böhmischer Nebel: Boxplot der Scores der PSK und KSK insgesamt für die Belasteten und Nichtbelasteten nach Altersklassen stratifiziert	272
Abb. A. 24:	Summe der Beschwerden im Zeitverlauf: Dargestellt sind Boxplots der Summe der Beschwerden (grün, linke y-Achse, Ausreißer sind ausgeblendet) über das Ausfülldatum.	273
Abb. A. 25:	Im Ordinationsdiagramm wird der Zusammenhang zwischen den Niveaus des allgemeinen Gesundheitszustands und der konkreten Altersgruppe dargestellt (anhand einer CA-Analyse erstellt).....	274
Abb. A. 26:	Das Ordinationsdiagramm stellt den Zusammenhang zwischen den belastenden Faktoren dar; es gibt die Antwort auf die Frage, ob sich der Befragte durch den jeweiligen Faktor gestört fühlt (anhand einer MCA-Analyse erstellt).....	275



Abb. A. 1: Gerät 1 für die Richtungsentnahmen Lom Most.

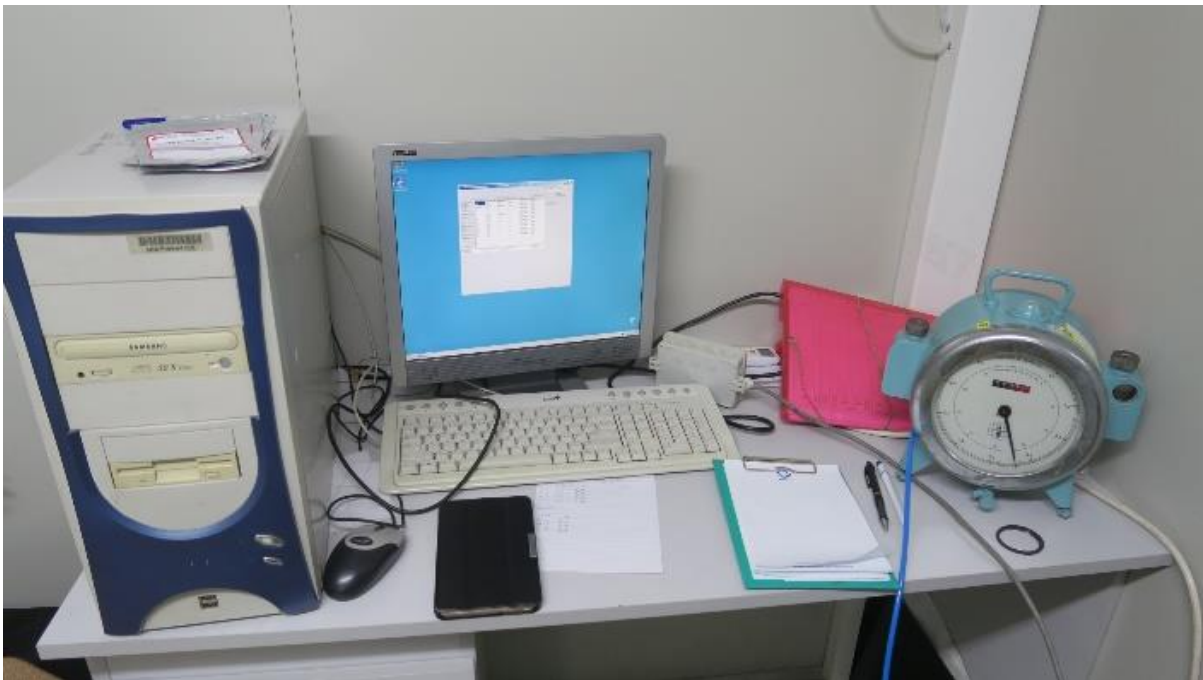


Abb. A. 2: Gerät 2 für die Richtungsentnahmen Lom Most.



Abb. A. 3: Gerät für die Richtungsentnahmen Deutschneudorf.



Abb. A. 4: Blick vom Aussichtsturm Jeřabina (Foto Ivan Beneš).

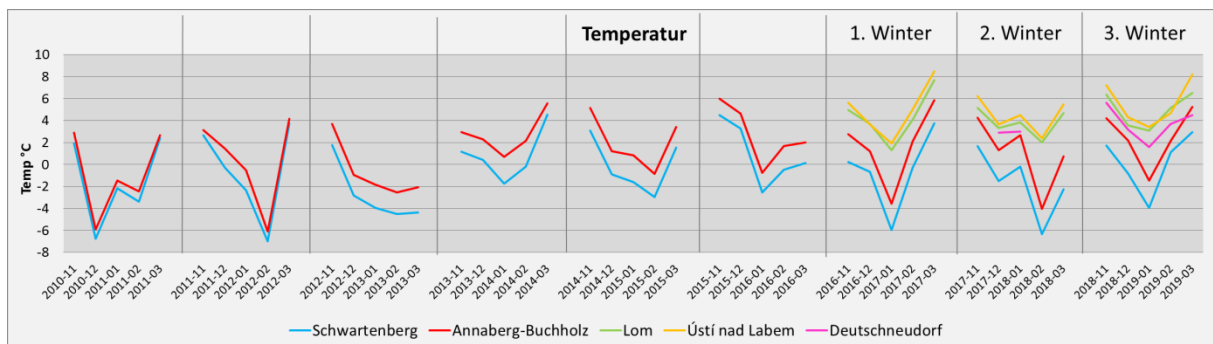
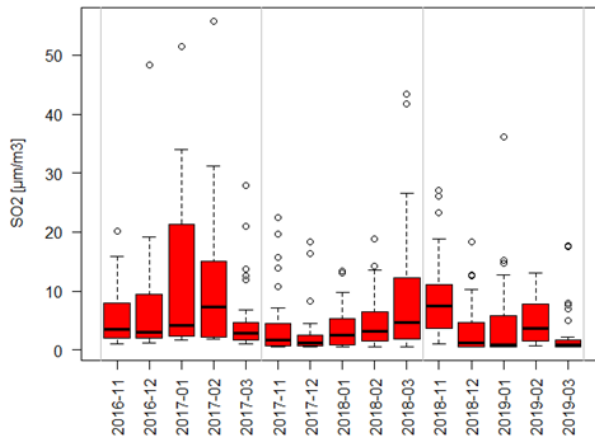
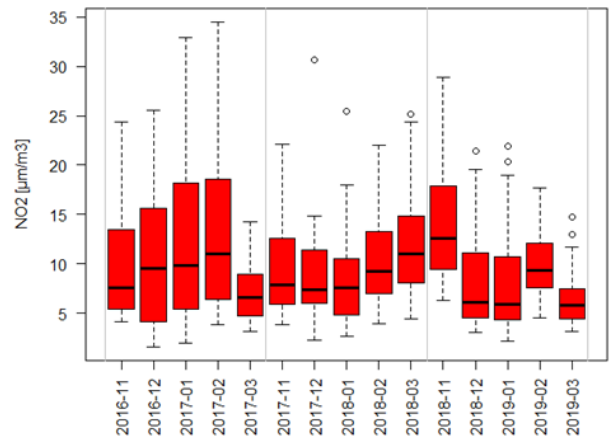


Abb. A. 5: Temperaturverlauf der Monatsmittelwerte von 9 Winterperioden von 2010 bis 2019 an den sächsischen Luftgütemessstationen Schwartenberg (blau) und Annaberg-Buchholz (rot) und an den tschechischen Luftgütemessstationen Lom (grün) und Ústí nad Labem - Zentrum (gelb) sowie an der Sondermessstation Deutschneudorf (pink). In den Projektzeitraum fallen die letzten drei Winter.

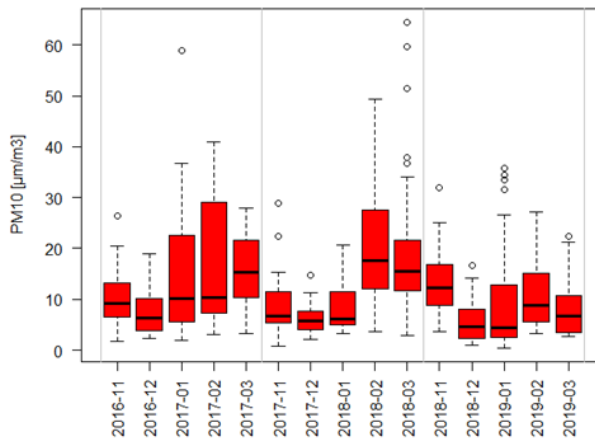
Schwartenberg monatliche Verteilung 11/2016 - 03/2019



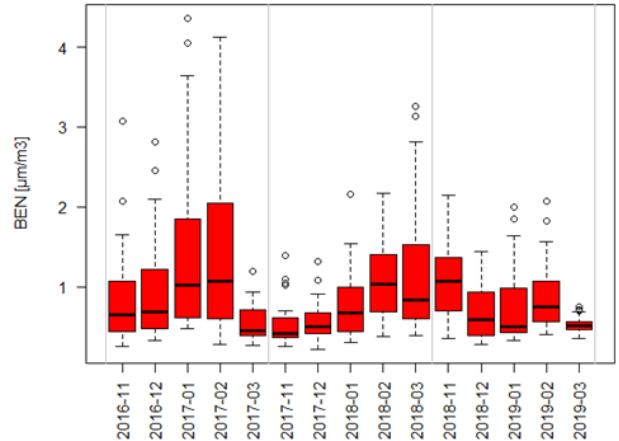
Schwartenberg monatliche Verteilung 11/2016 - 03/2019



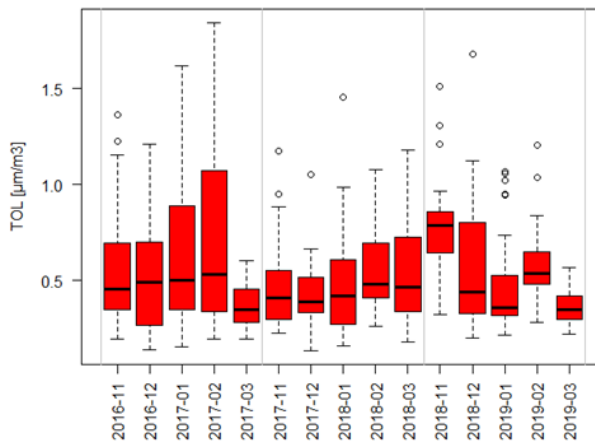
Schwartenberg monatliche Verteilung 11/2016 - 03/2019



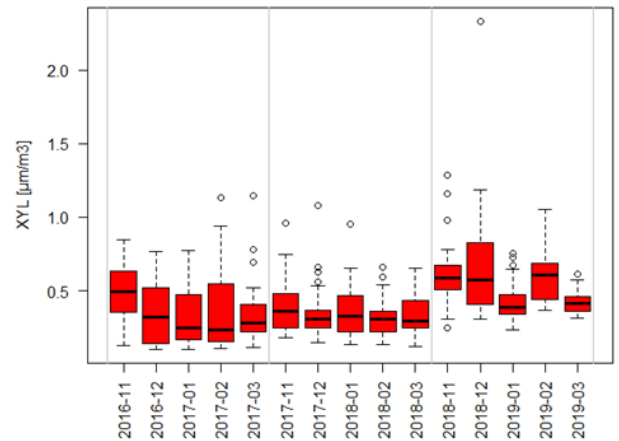
Schwartenberg monatliche Verteilung 11/2016 - 03/2019



Schwartenberg monatliche Verteilung 11/2016 - 03/2019



Schwartenberg monatliche Verteilung 11/2016 - 03/2019



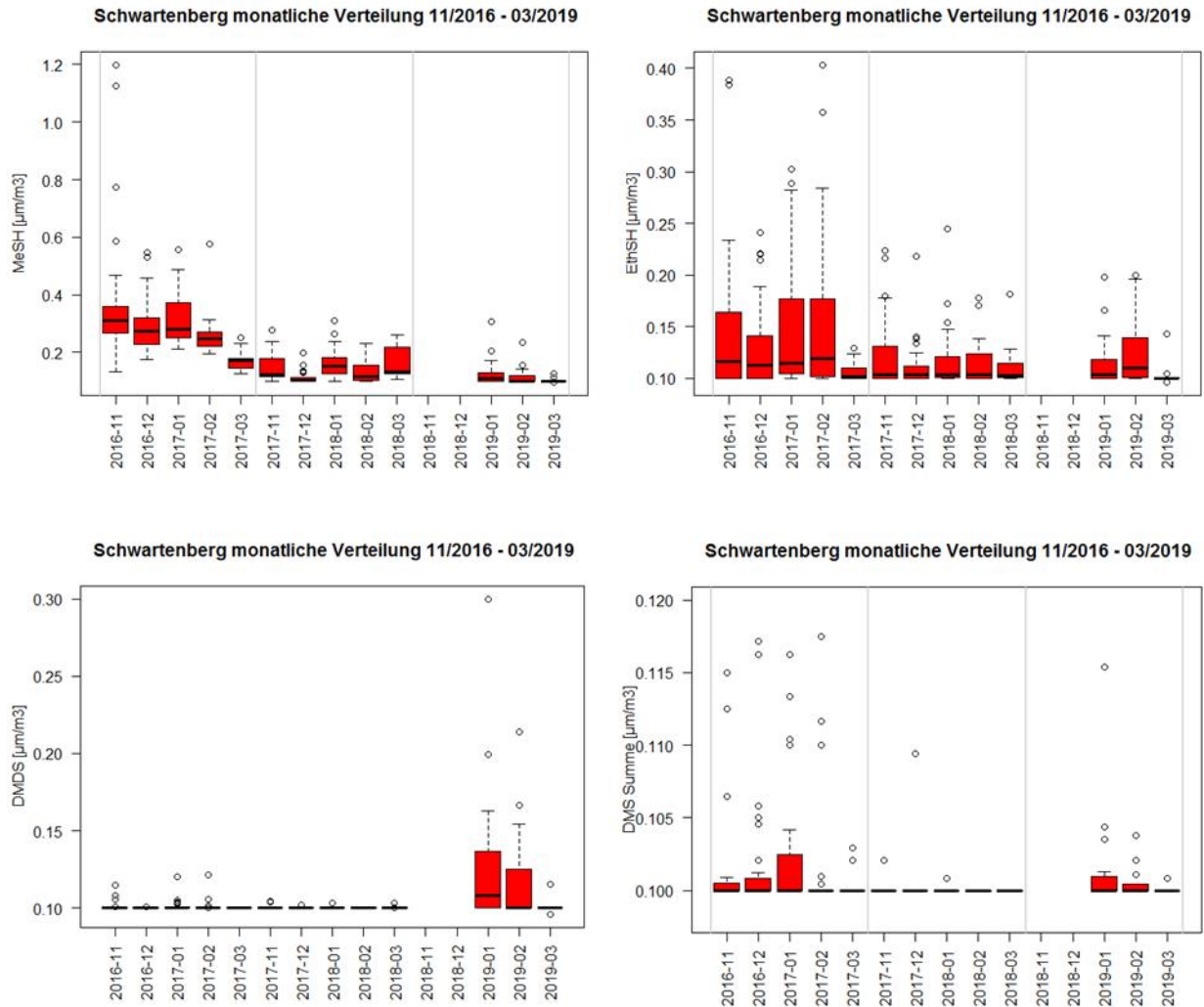


Abb. A. 6: Monatliche Verteilung der Standardluftschadstoff-Konzentrationen ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) auf dem Schwartenberg im Projektzeitraum (1. bis 3. Winterperiode im Zeitraum November – März): SO_2 , NO_2 , PM_{10} , Benzol, Toluol und Xylol sowie der Mercaptane und Sulfide MeSH, EthSH, DMDS und DMS.

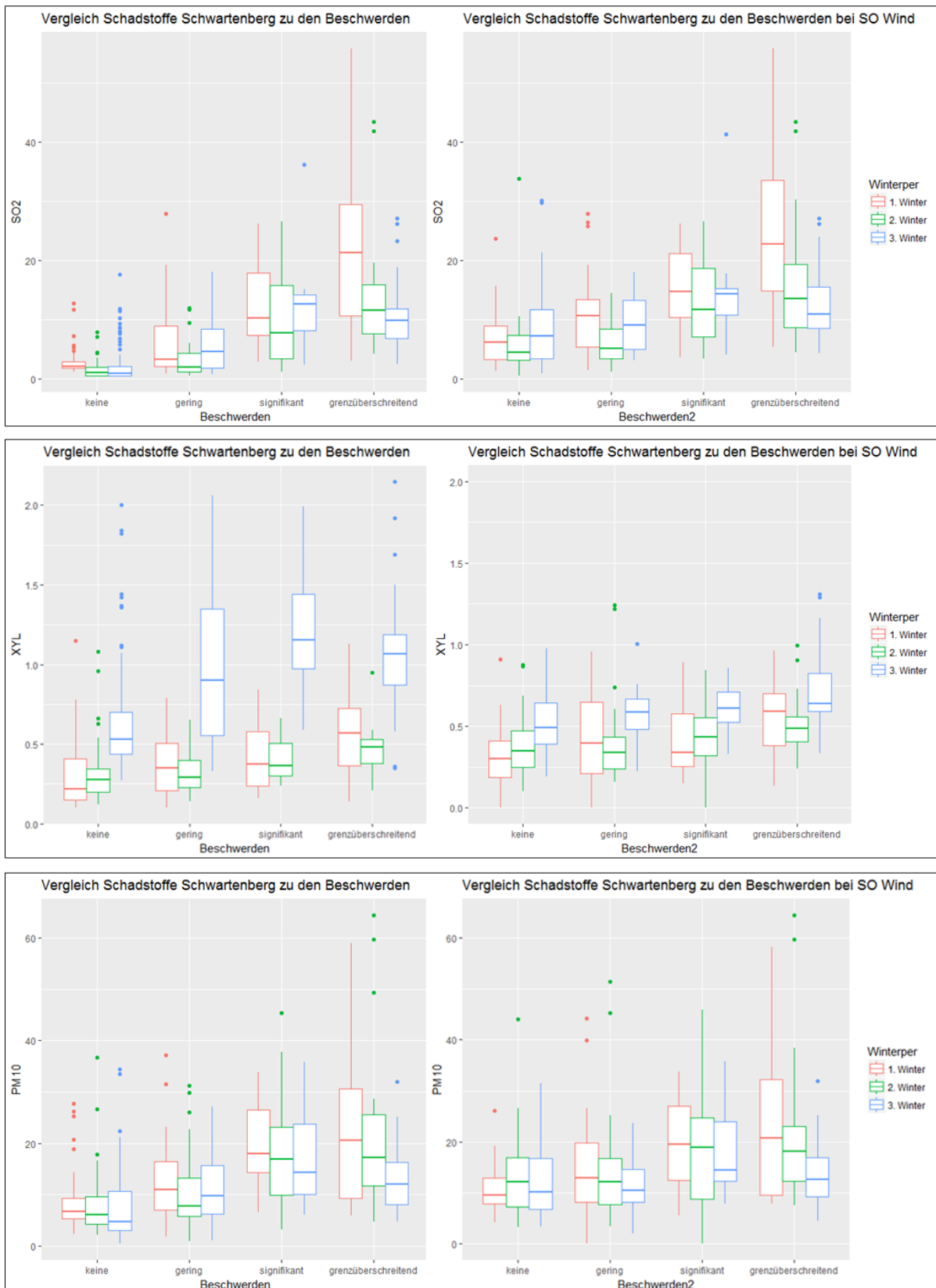


Abb. A. 7: Vergleich von Luftschadstoffkonzentrationen gemessen auf dem Schwartenberg zu den Beschwerden bei allen Windrichtungen und bei SO-Wind am Beispiel von SO₂, PM₁₀ und Xylol aller drei Winterperioden – rot: 1. Winter, grün: 2. Winter, blau: 3. Winter.

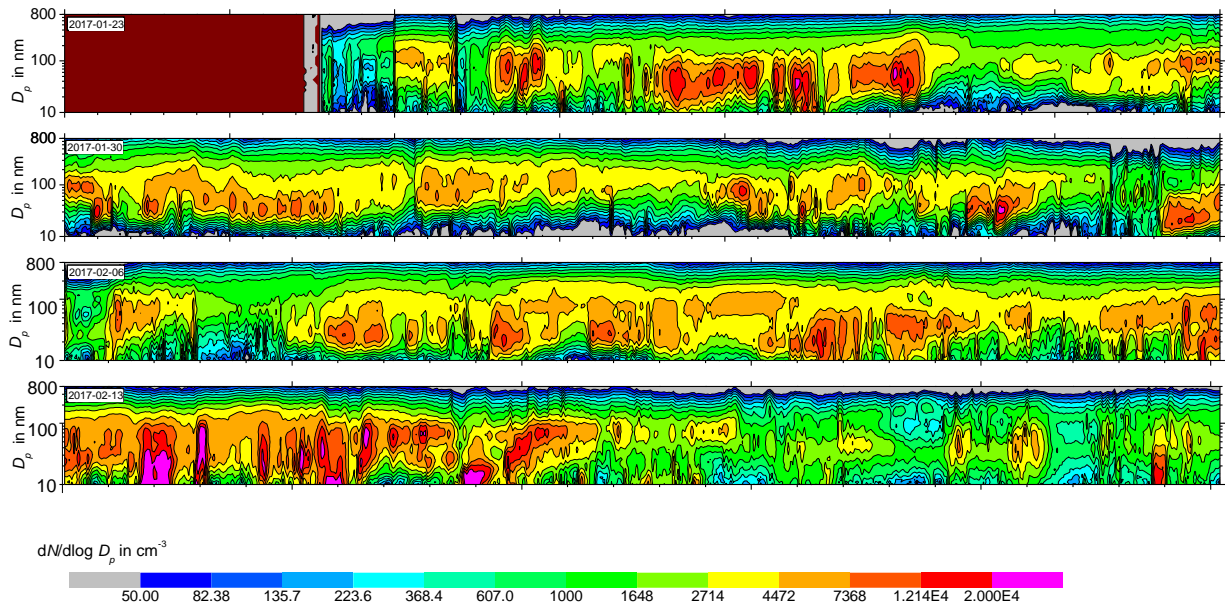


Abb. A. 8: Partikelgrößenverteilungen in Abhängigkeit der Zeit für die Messstation Deutschnordorf auf deutscher Seite für den Zeitraum vom 23.01.2017 bis 19.02.2017.

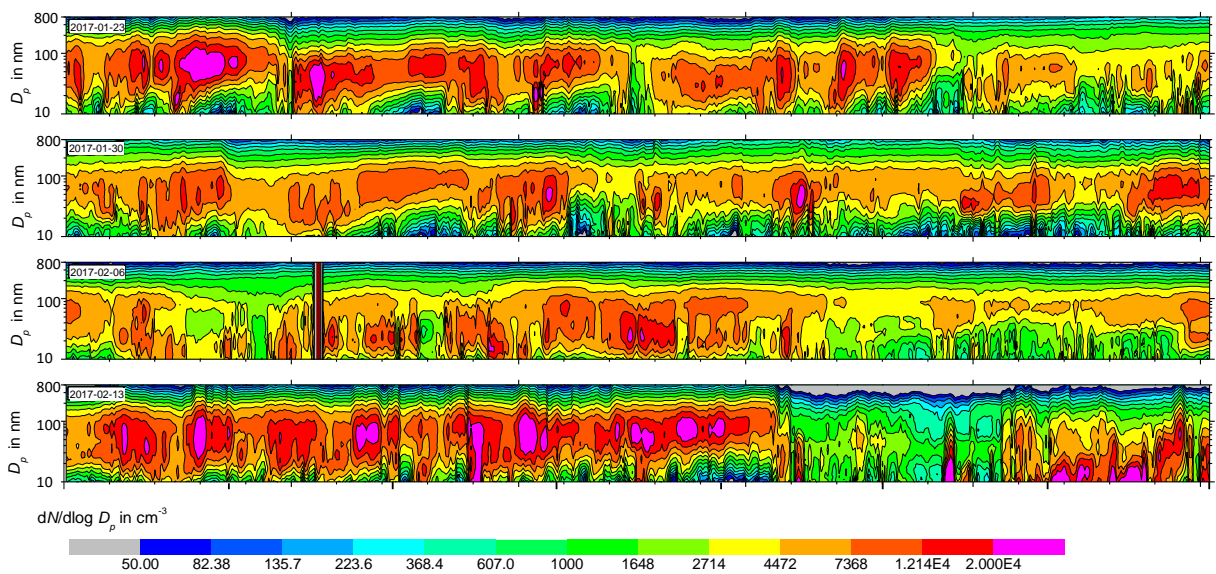


Abb. A. 9: Partikelgrößenverteilungen in Abhängigkeit der Zeit für die Messstation Lom auf tschechischer Seite für den Zeitraum vom 23.01.2017 bis 19.02.2017.

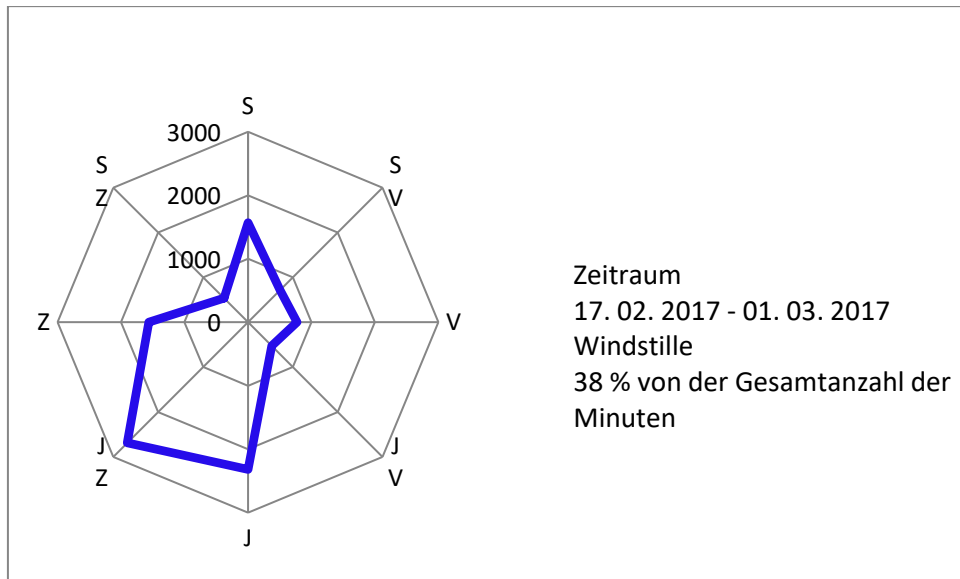


Abb. A. 10: Windrose Deutschneudorf, 1. Probenahme-Kampagne.

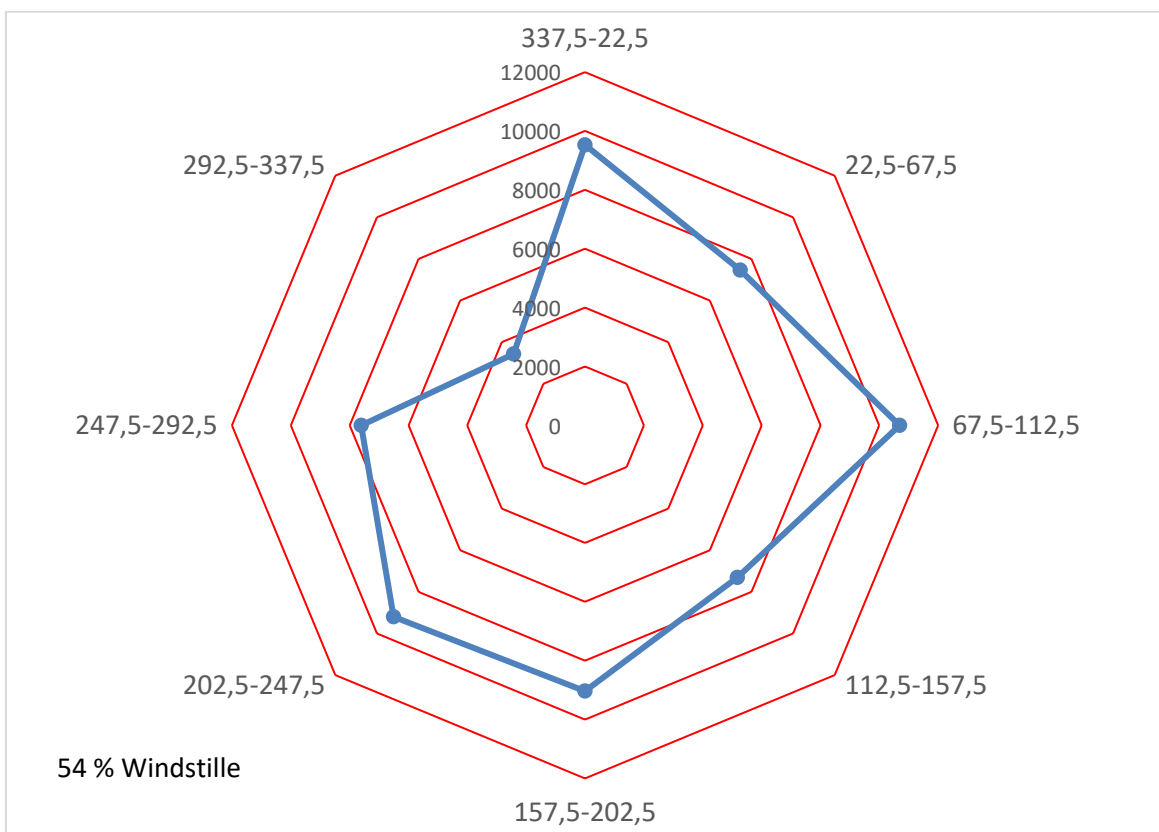


Abb. A. 11: Windrose Deutschneudorf, 2. Probenahme-Kampagne.

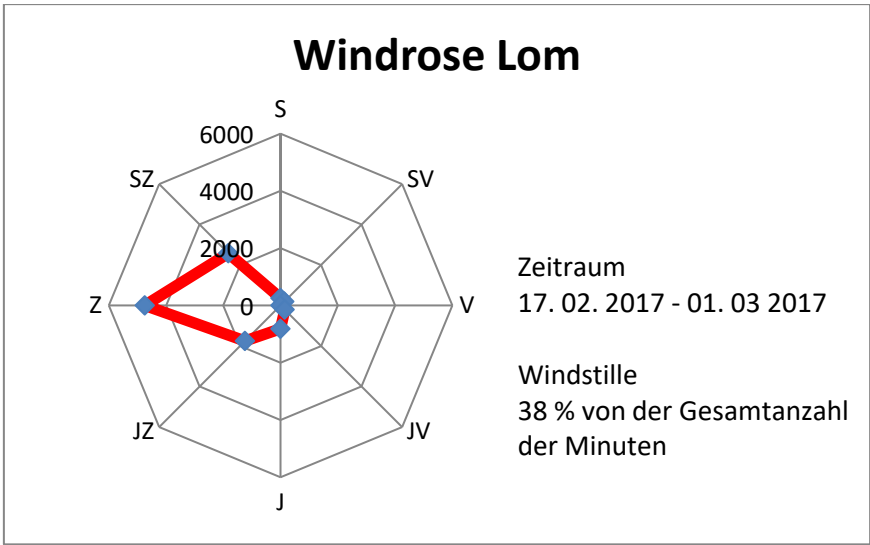


Abb. A. 12: Windrose Lom bei Most, 1. Probenahme-Kampagne.

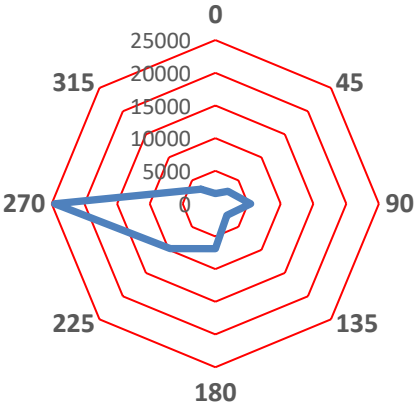


Abb. A. 13: Windrose Lom bei Most, 2. Probenahme-Kampagne

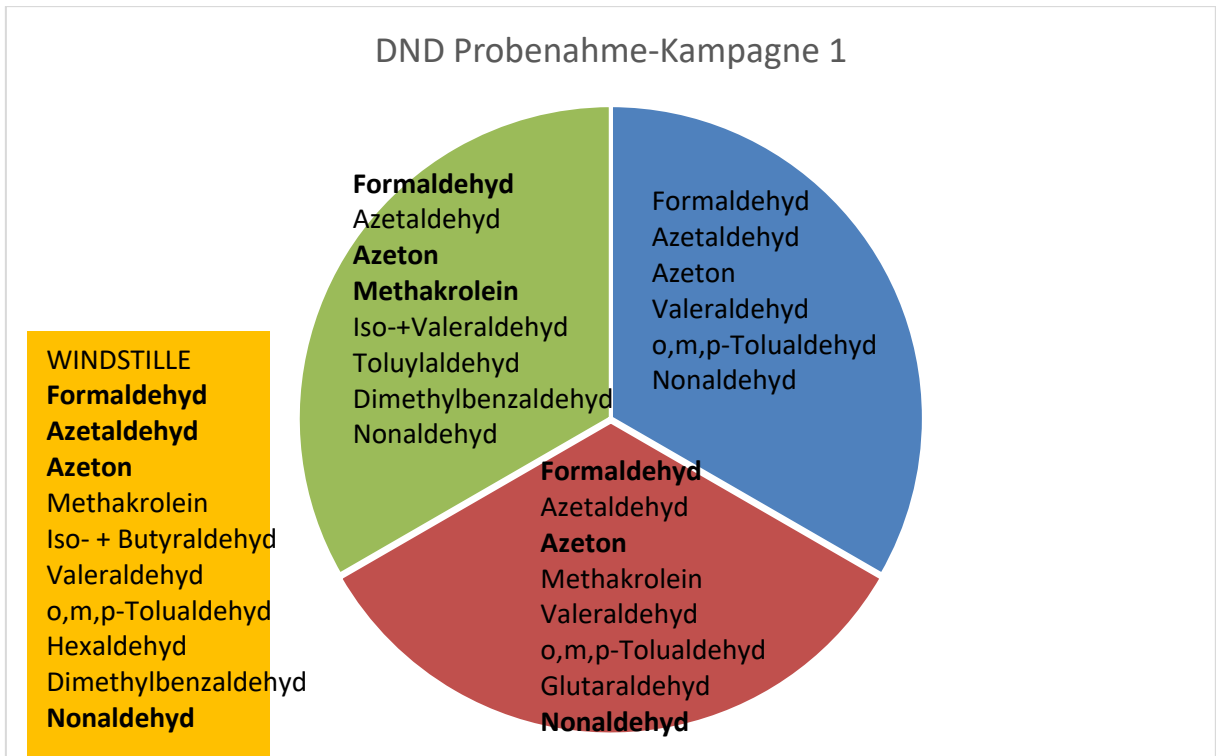


Abb. A. 14: Identifizierte und quantifizierte Carbonylverbindungen, die während der 1. Probenahme-Kampagne in Deutschneudorf gefunden wurden.

Mit fetter Schrift sind Stoffe gekennzeichnet, die in der Mehrzahl der Probenahmen gefunden wurden. Die einzelnen Segmente des Diagramms entsprechen den bei verschiedenen Windrichtungen entnommenen Proben.

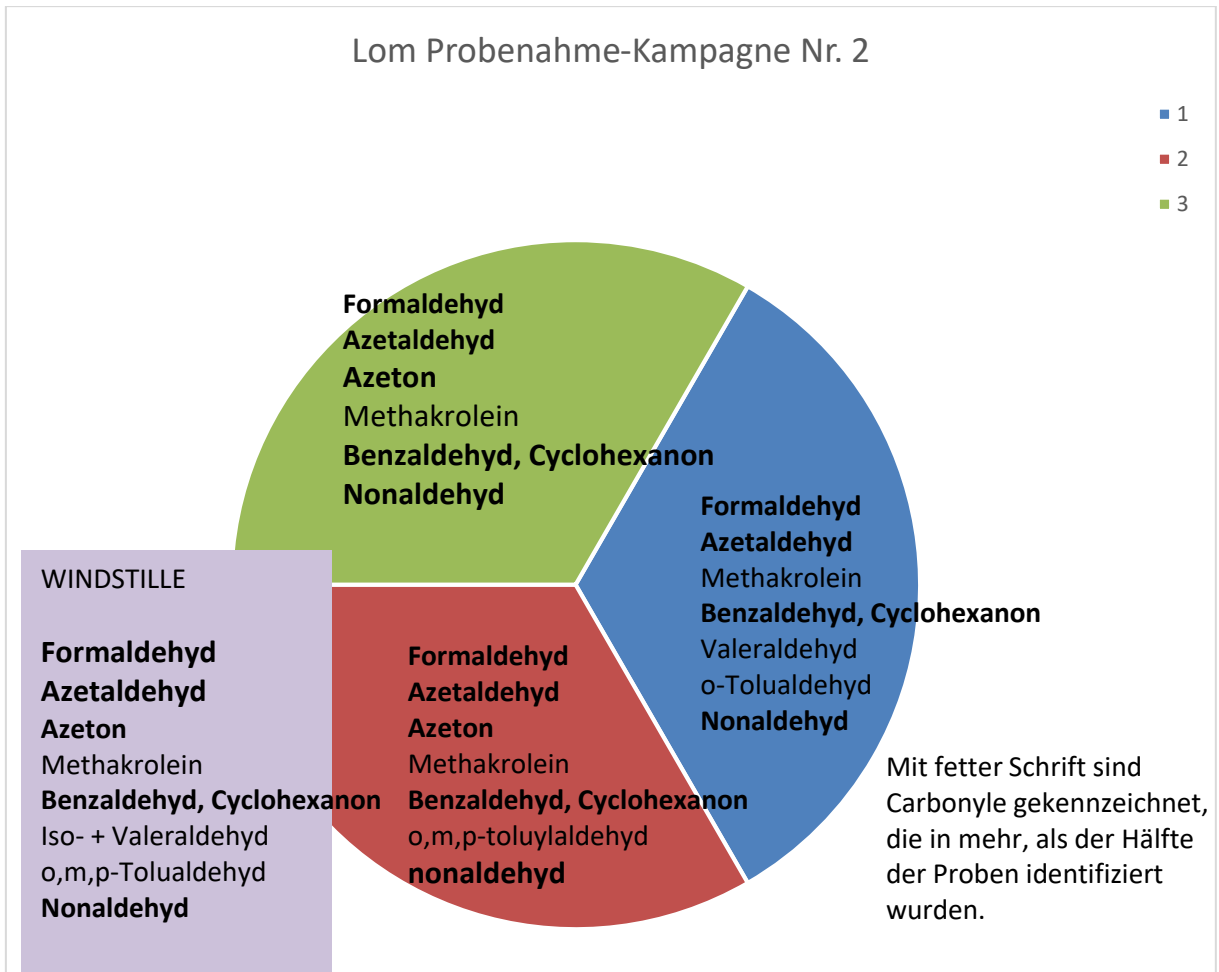
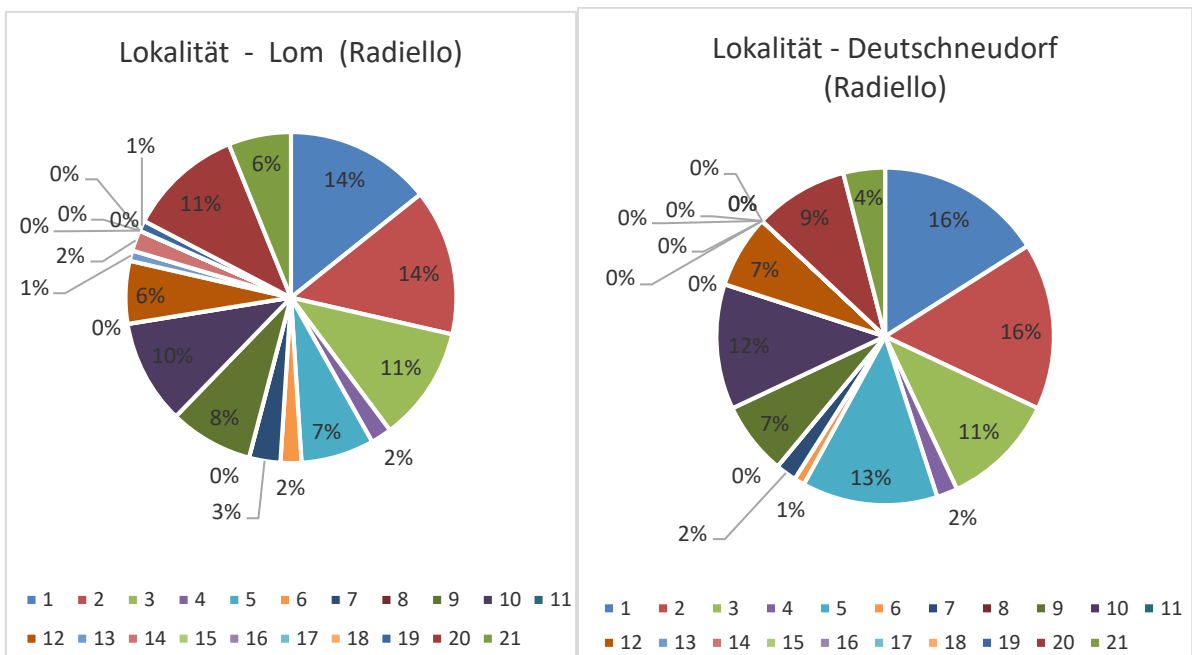


Abb. A. 15: Verteilung der identifizierten und quantifizierten Carbonylverbindungen.



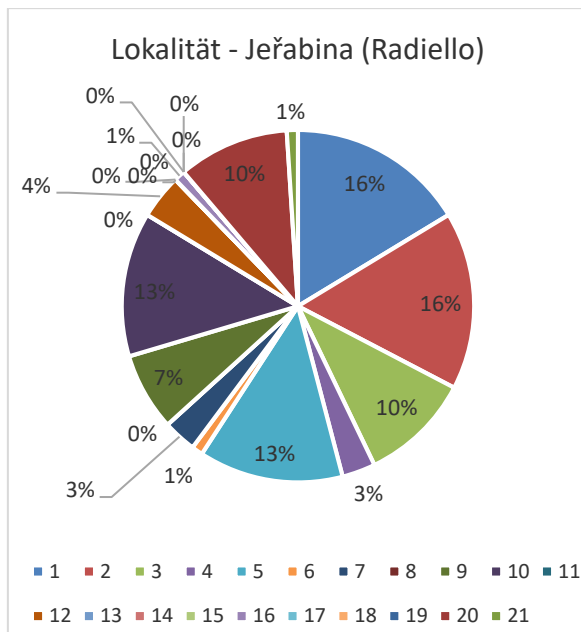


Abb. A. 16: Die prozentuelle Vertretung der Häufigkeit einzelner Carbonyle von der Summe aller positiven Funde in der Lokalität Lom, Deutschneudorf und Jeřabina.

Erfassung der Proben mithilfe der passiven Radiello-Dosimeter. Die Zuordnung der Nummern zu den zu bestimmenden Analyten ist wie folgt: 1 Formaldehyd, 2 Azetaldehyd, 3 Azeton, 4 Akrolein, 5 Propionaldehyd, 6 Krotonaldehyd, 7 Methakrolein, 8 Methyläthyl-Keton, 9 Butyraldehyd und Isobutyraldehyd, 10 Benzaldehyd und Cyclohexanon, 11 Isovaleraldehyd, 12 Valeraldehyd, 13 o-Toluylaldehyd, 14 m,p-Toluylaldehyd, 15 Glutaraldehyd, 16 Hexaldehyd, 17 2,5 -Dimethylbenzaldehyd, 18 Heptaldehyd, 19 Octaldehyd, 20 Nonaldehyd, 21 Decylaldehyd.

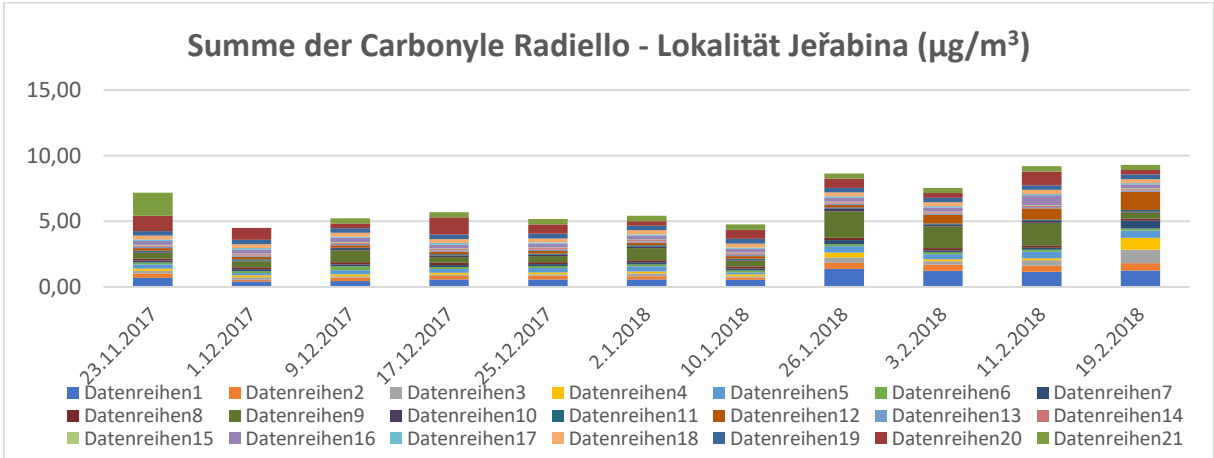
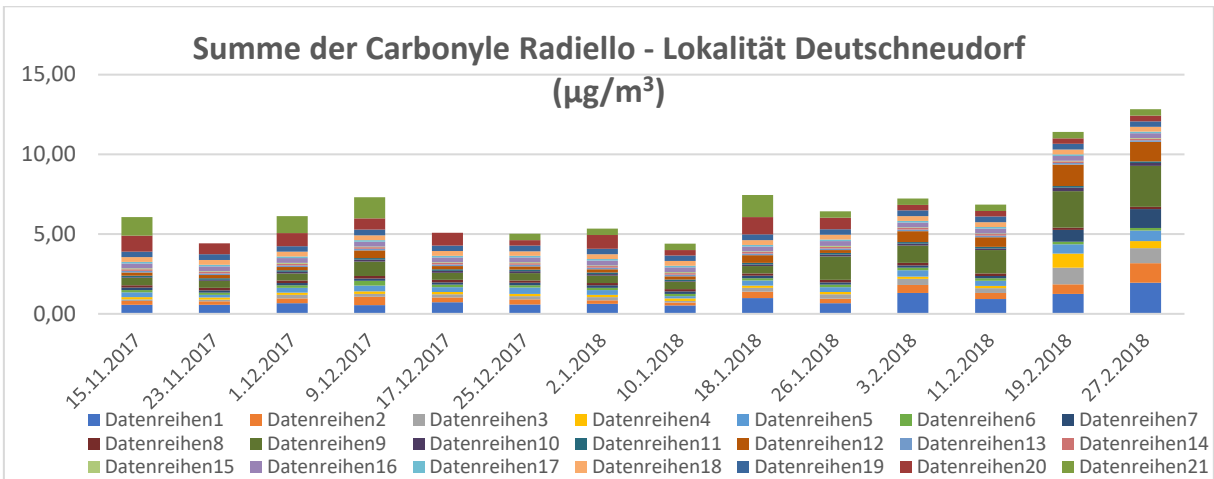
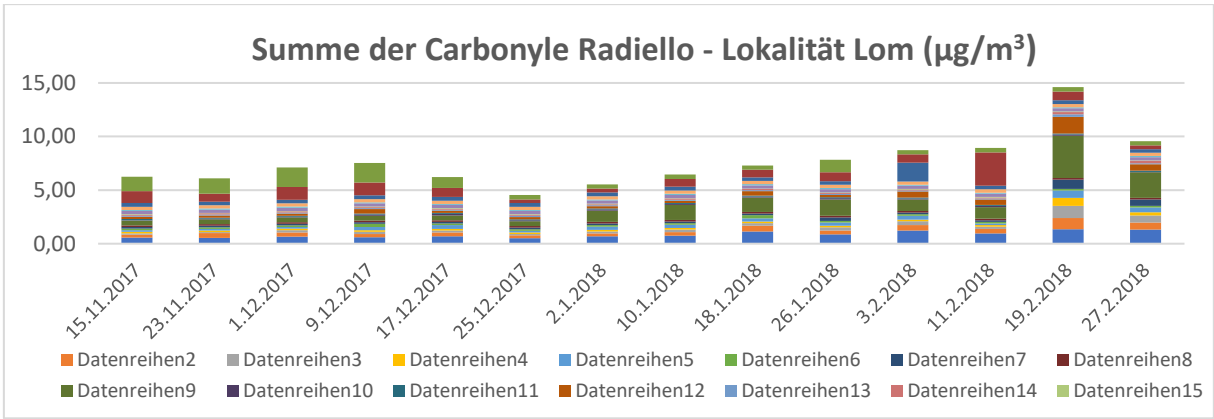


Abb. A. 17: Die Summe der Carbonyle in den überwachten Lokalitäten. Der halbe Wert der Feststellungsgrenze wurde als Ersatzwert angenommen, der den Messwert ersetzt, falls dieser niedriger ist, als die Feststellungsgrenze.

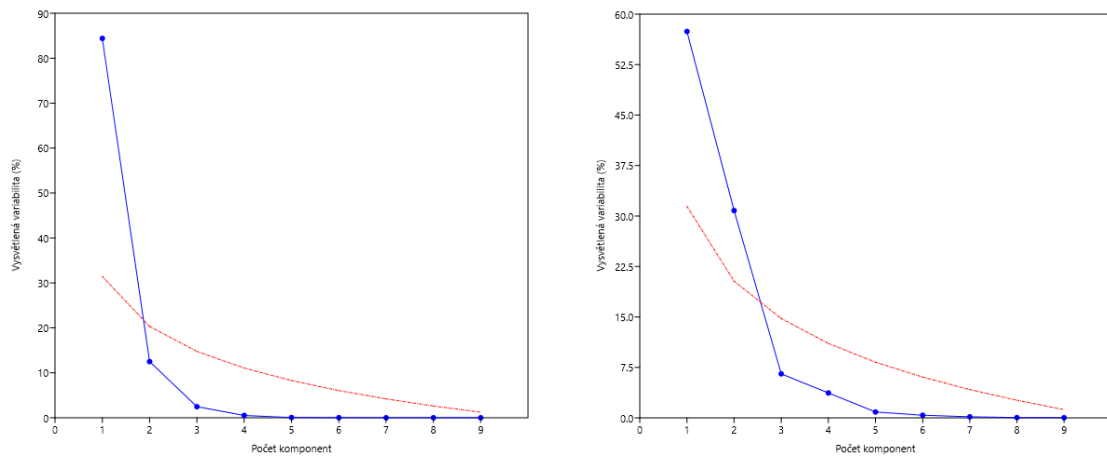


Abb. A. 18: Bestimmung der Anzahl von Faktoren (Quellen) für die Methode PMF mit Hilfe der Hauptkomponentenmethode (PCA) für Deutschneundorf (links) und Lom (rechts).

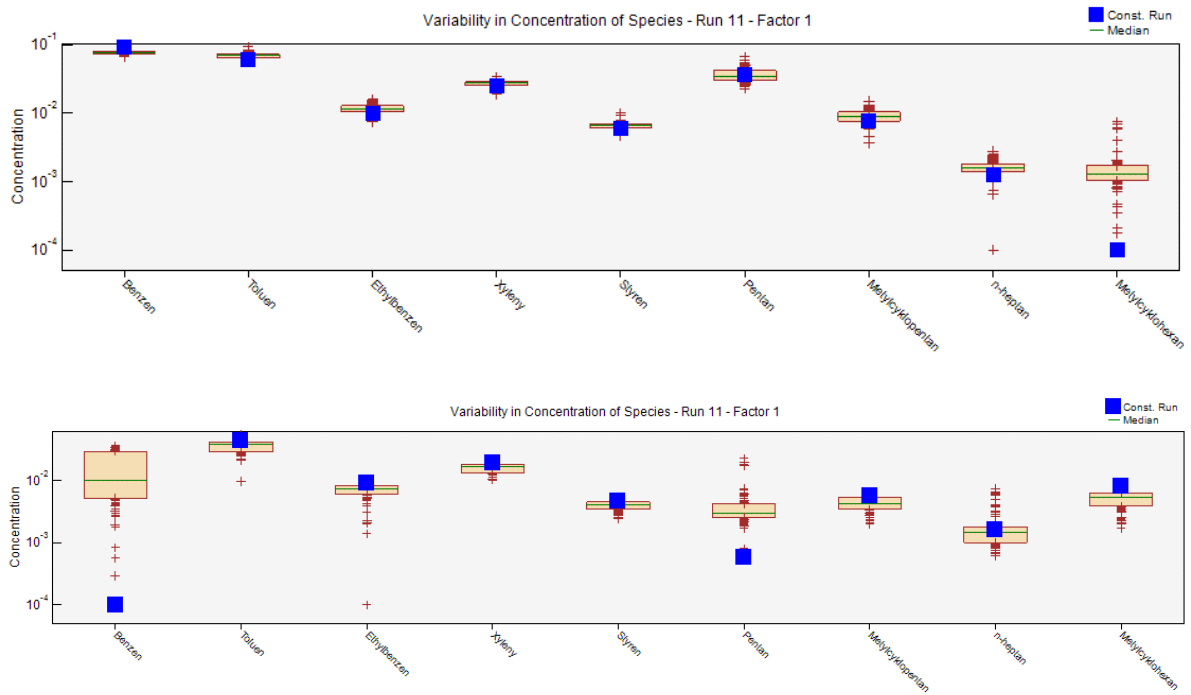
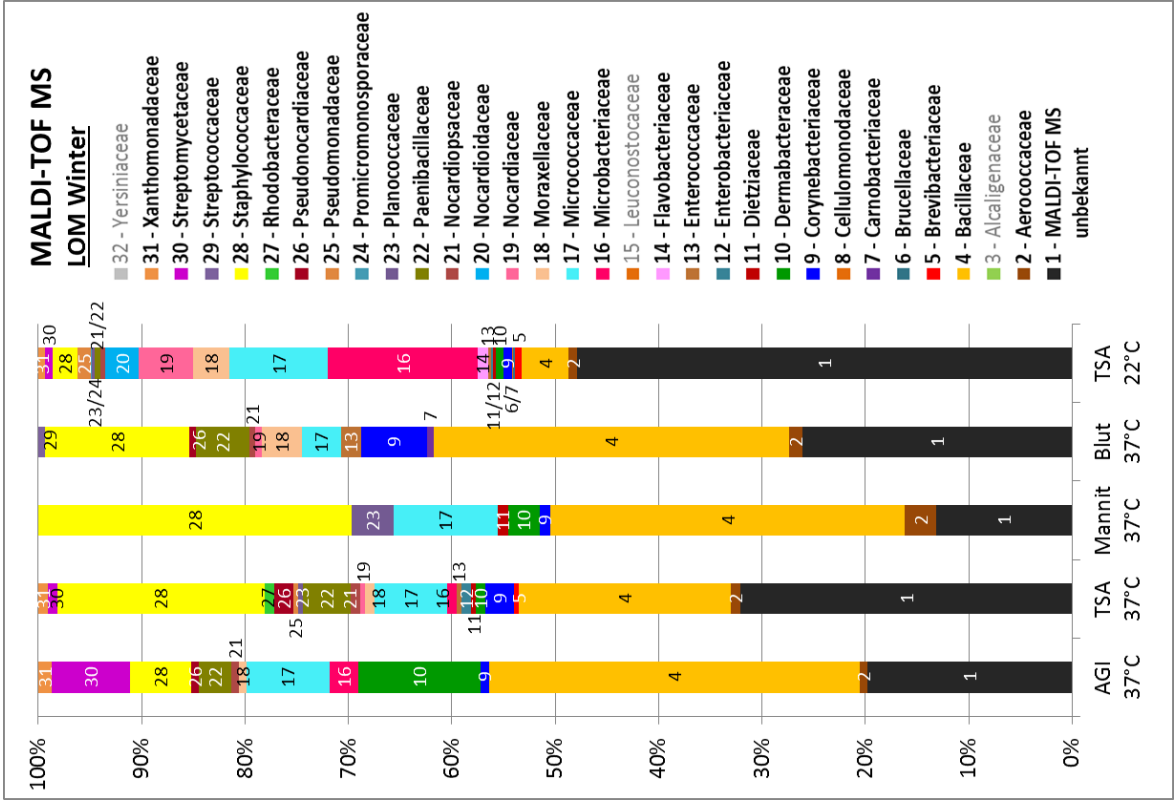
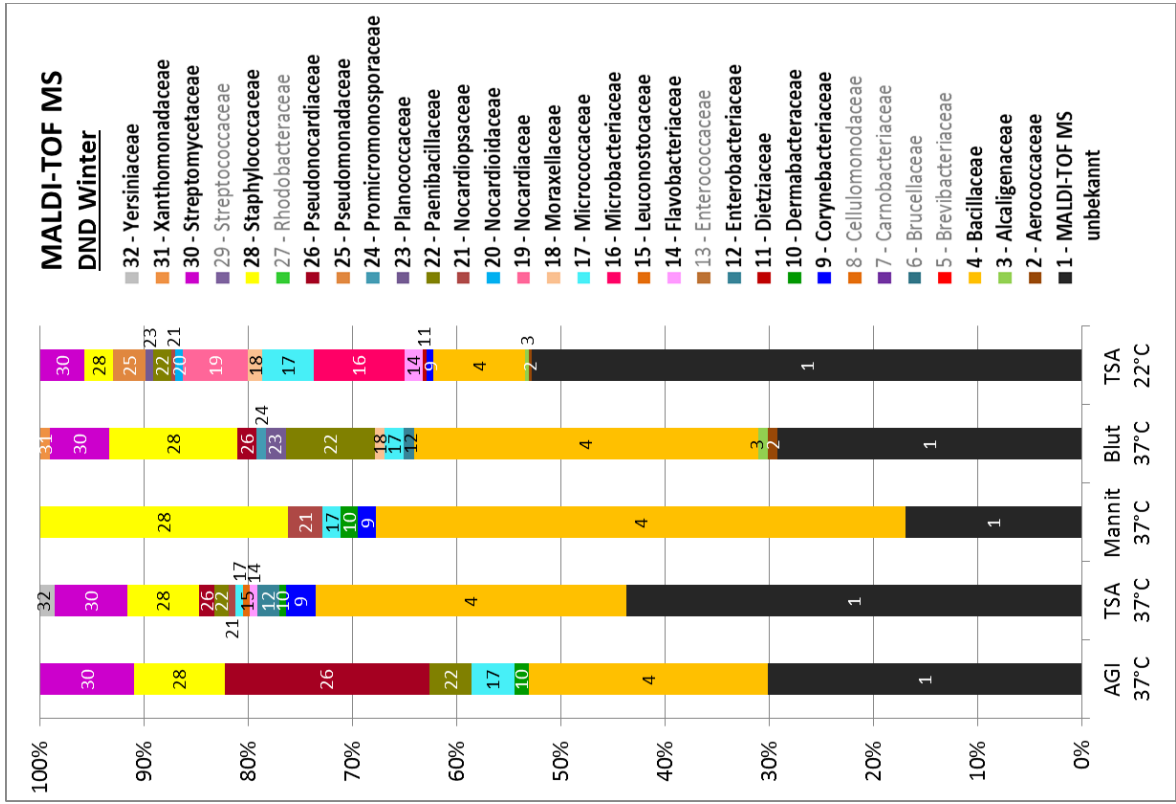


Abb. A. 19: Ergebnisse der Rückvalidierung des Modells mit zwei Faktoren mittels der Methode bootstrap - 100 Unterproben.



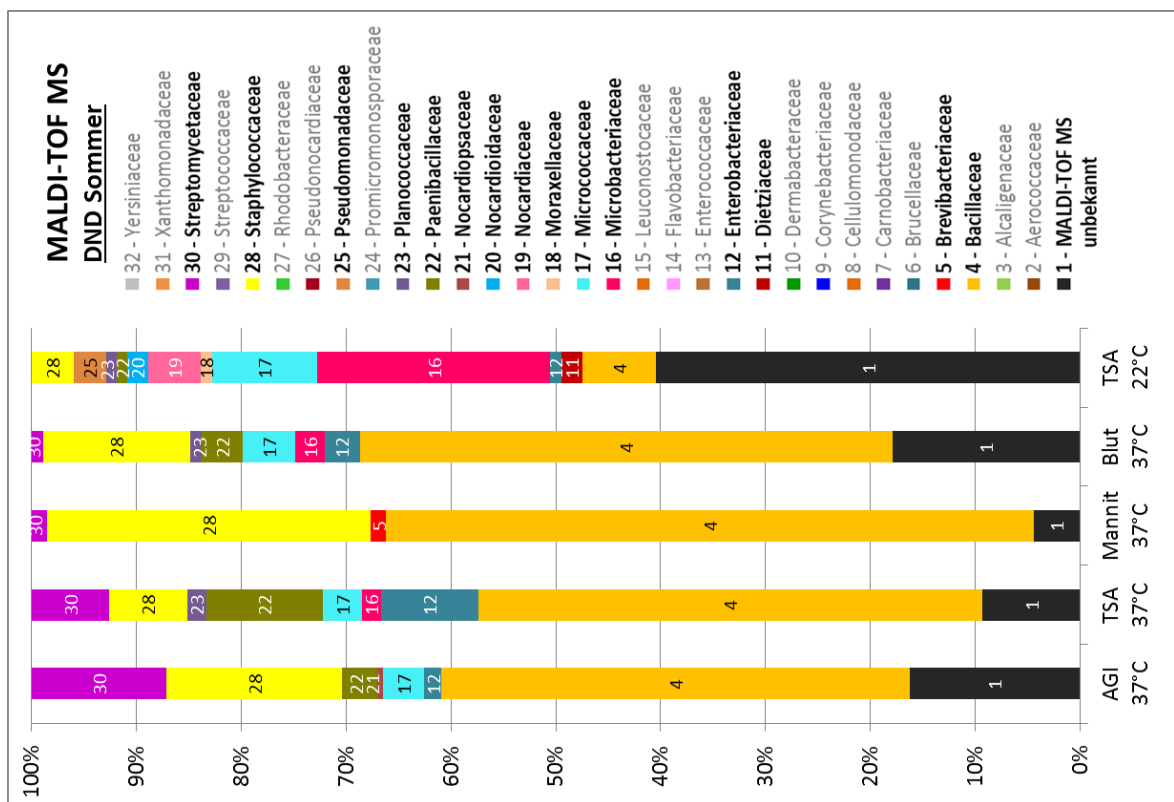
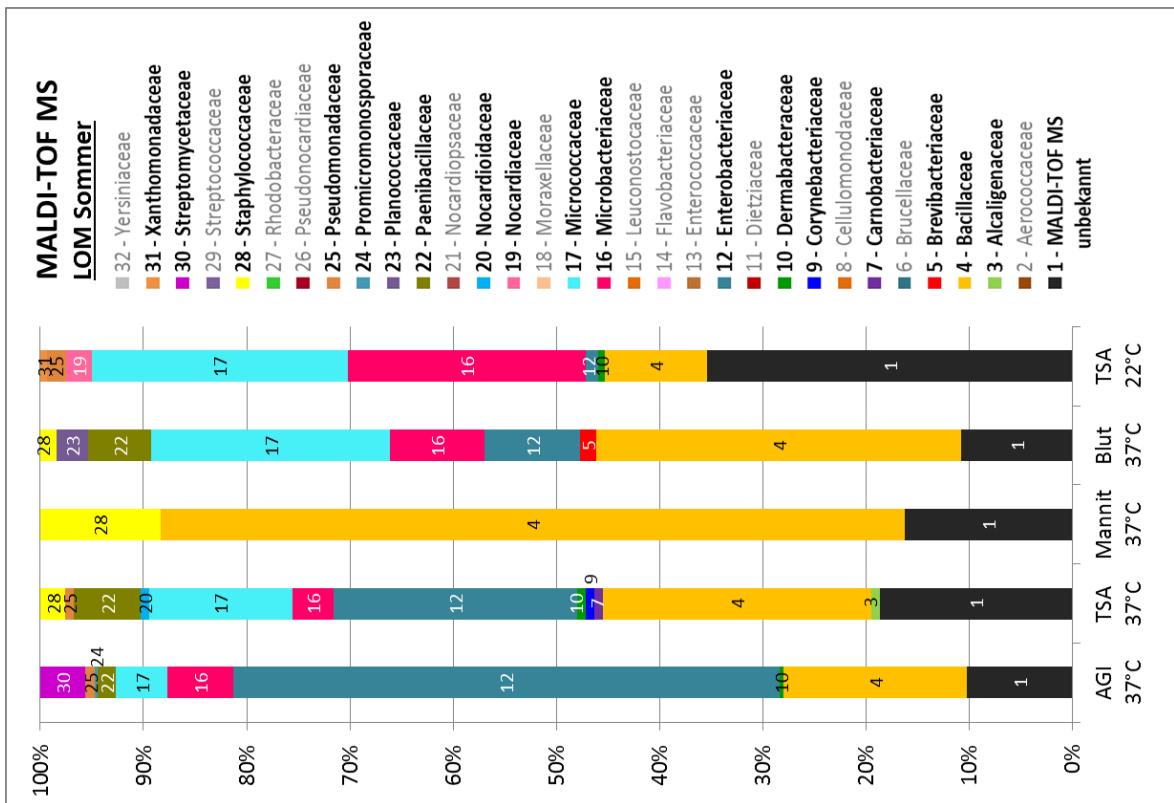


Abb. A. 20: Prozentuale Verteilung der identifizierten Bakterienarten zusammengefasst in deren Familie. in Deutschneudorf (DND) und in Lom im a) Winter und b) Sommer in Abhängigkeit verschiedener Messtechniken und Anzuchtbedingungen.

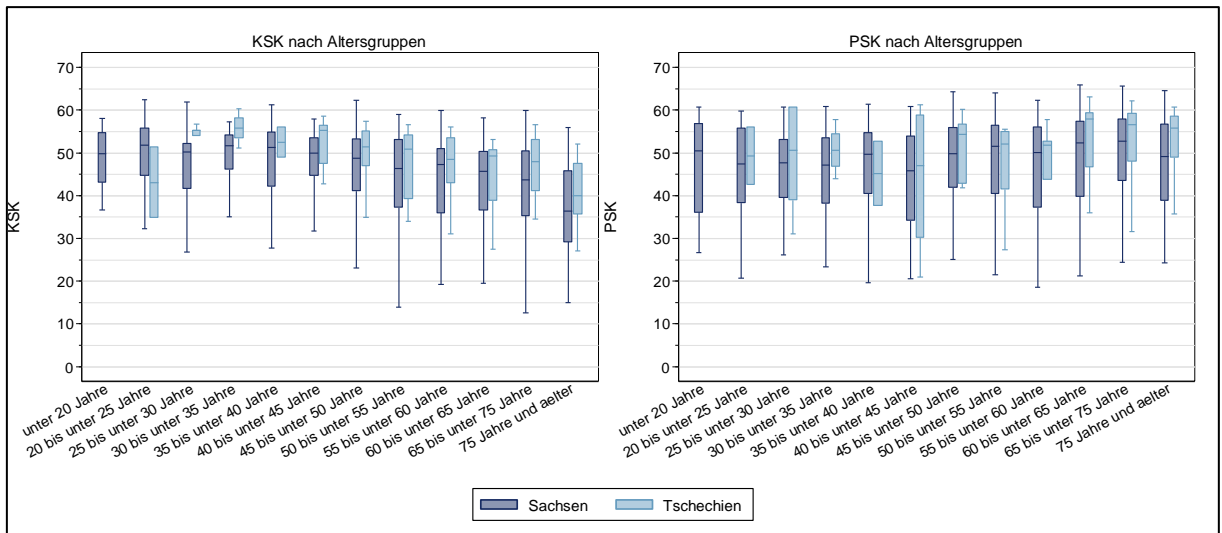


Abb. A. 21: Boxplots der Lebensqualität in Sachsen ($N_{SN}=1432$) und Tschechien ($N_{CZ}=112$). Abgebildet sind die Boxplots der körperlichen Summenskala (KSK) und der psychischen Summenskala (PSK) stratifiziert nach Alter (zu beachten sind die geringen Fallzahlen in den einzelnen Altersgruppen, Ausreißer sind ausgeblendet).

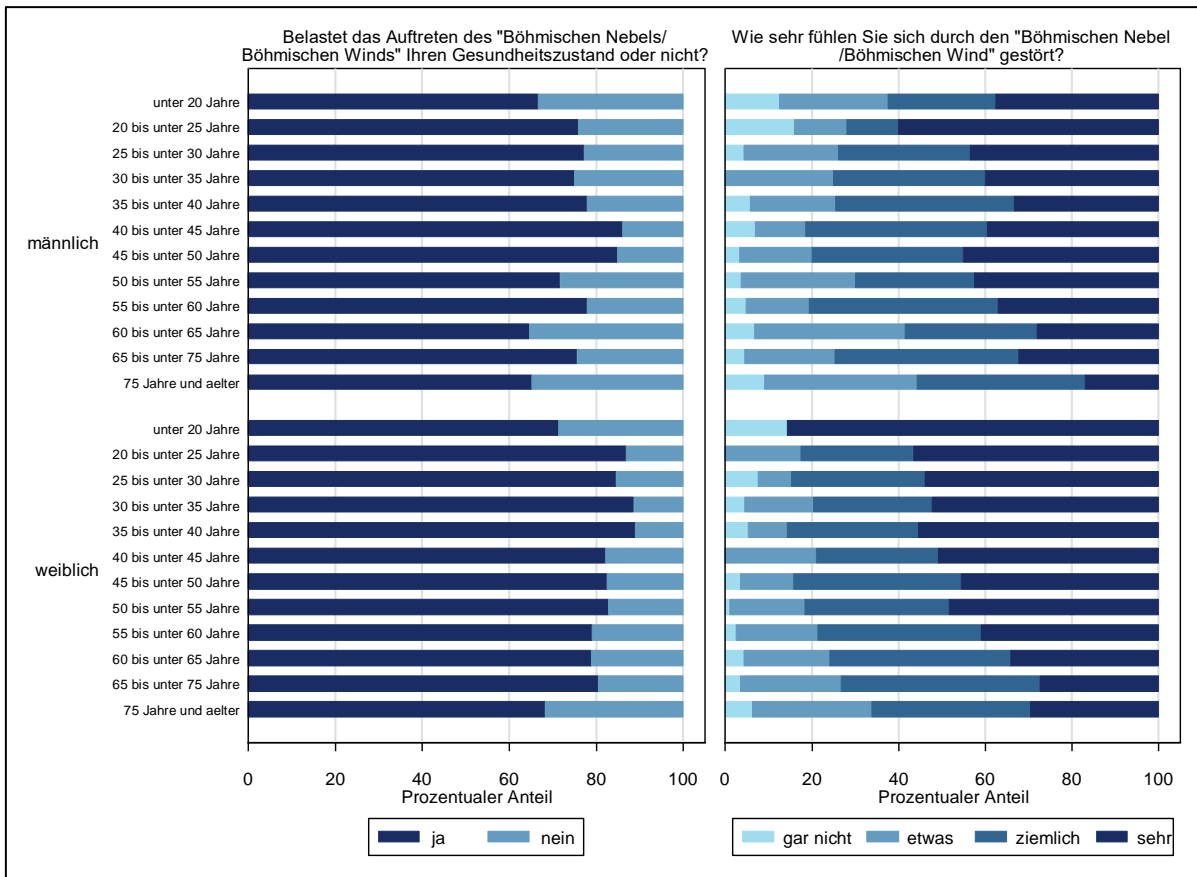


Abb. A. 22: Belastungsempfinden und Sich-gestört-Fühlen nach Alter und Geschlecht. Dargestellt ist der Anteil der Personen, die angeben, dass der BN den Gesundheitszustand belastet bzw. nicht belastet sowie die Antworten auf die Frage nach dem Sich-gestört-Fühlen nach Altersklassen und Geschlecht

(zu beachten sind die geringen Fallzahlen in den jüngeren Altersgruppen, Fallzahlen mit Angaben zum Alter, Geschlecht und zur jeweiligen Frage: $N_{\text{linkerGraph}}=1670$, $N_{\text{rechterGraph}}=1699$).

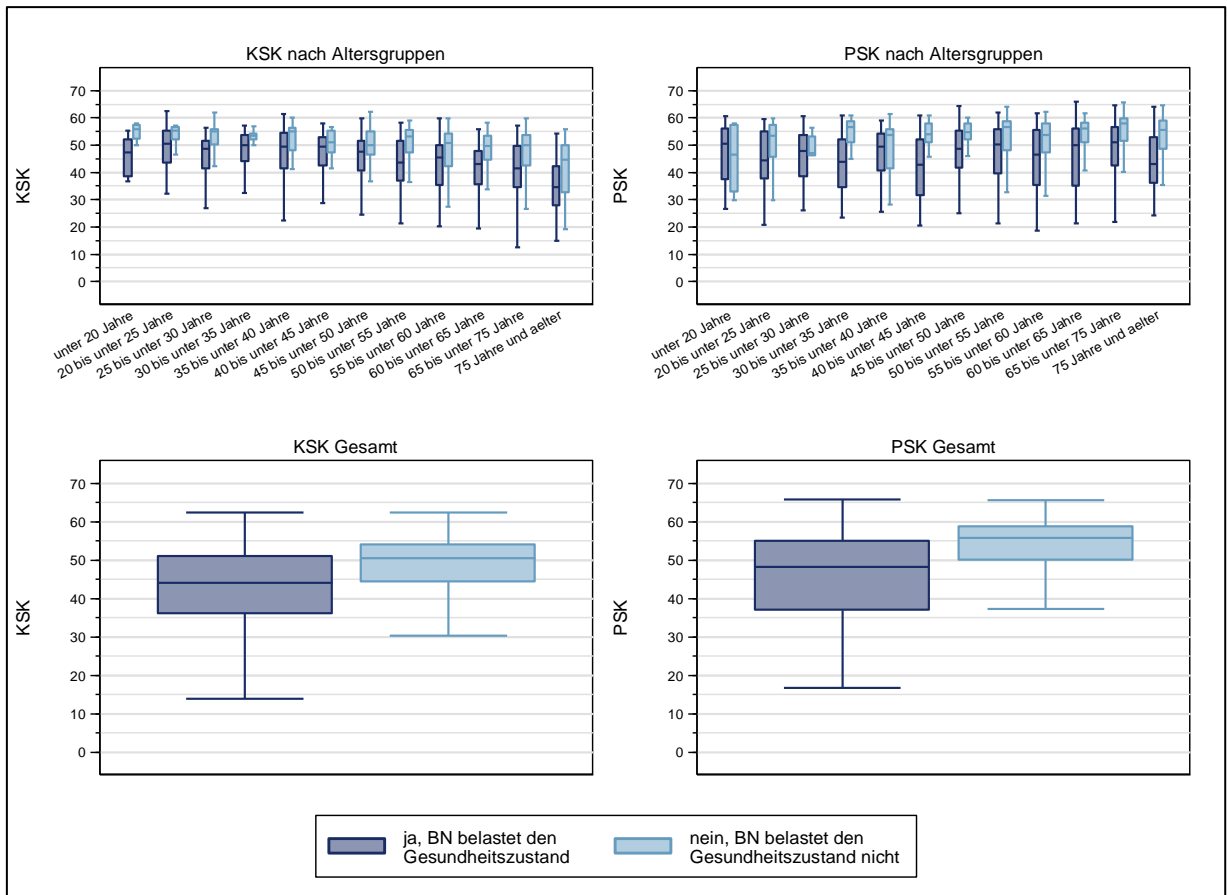


Abb. A. 23: Lebensqualität und Belastung durch Böhmischer Nebel: Boxplot der Scores der PSK und KSK insgesamt für die Belasteten und Nichtbelasteten nach Altersklassen stratifiziert

(zu beachten sind die geringen Fallzahlen in den jüngeren Altersgruppen, Fallzahlen mit Angaben zur Lebensqualität: $N_{\text{belastet}}=1119$, $N_{\text{Nichtbelastet}}=344$, Ausreißer sind ausgeblendet.

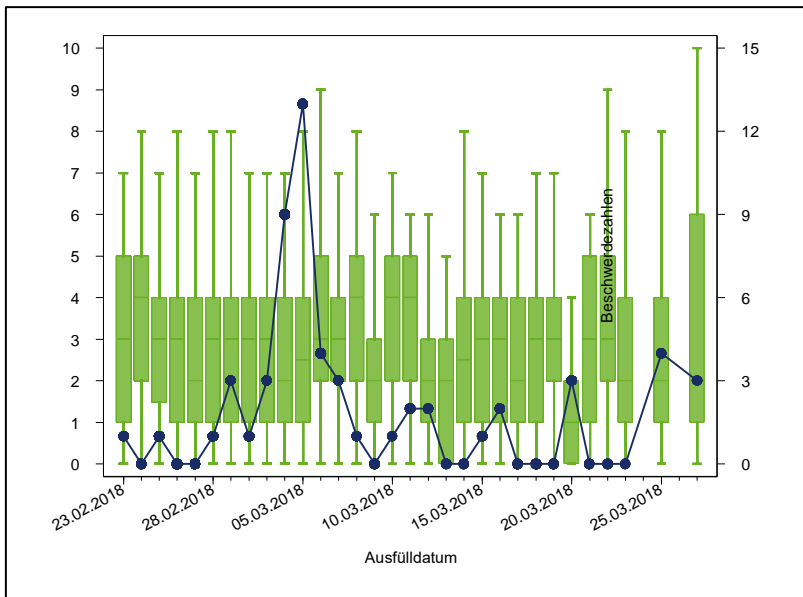


Abb. A. 24: Summe der Beschwerden im Zeitverlauf: Dargestellt sind Boxplots der Summe der Beschwerden (grün, linke y-Achse, Ausreißer sind ausgeblendet) über das Ausfülldatum.

Es wurden nur für die Tage Anteile berechnet, an denen mindestens 5 Personen die Frage zu den Beschwerden der letzten drei Tage ausgefüllt haben. Im Vergleich dazu sind die LfULG-Beschwerdezahlen in der Erzgebirgsregion (blau, rechte y-Achse) abgebildet.

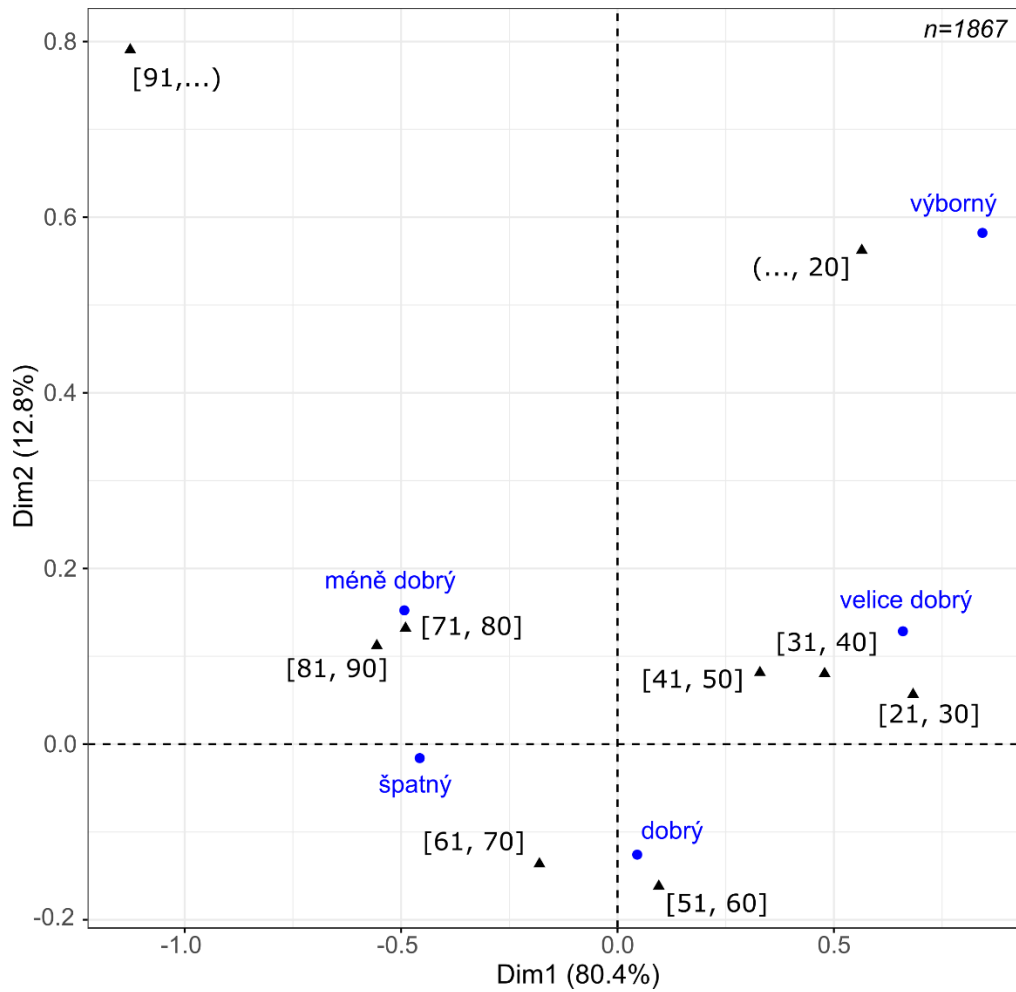


Abb. A. 25: Im Ordinationsdiagramm wird der Zusammenhang zwischen den Niveaus des allgemeinen Gesundheitszustands und der konkreten Altersgruppe dargestellt (anhand einer CA-Analyse erstellt).

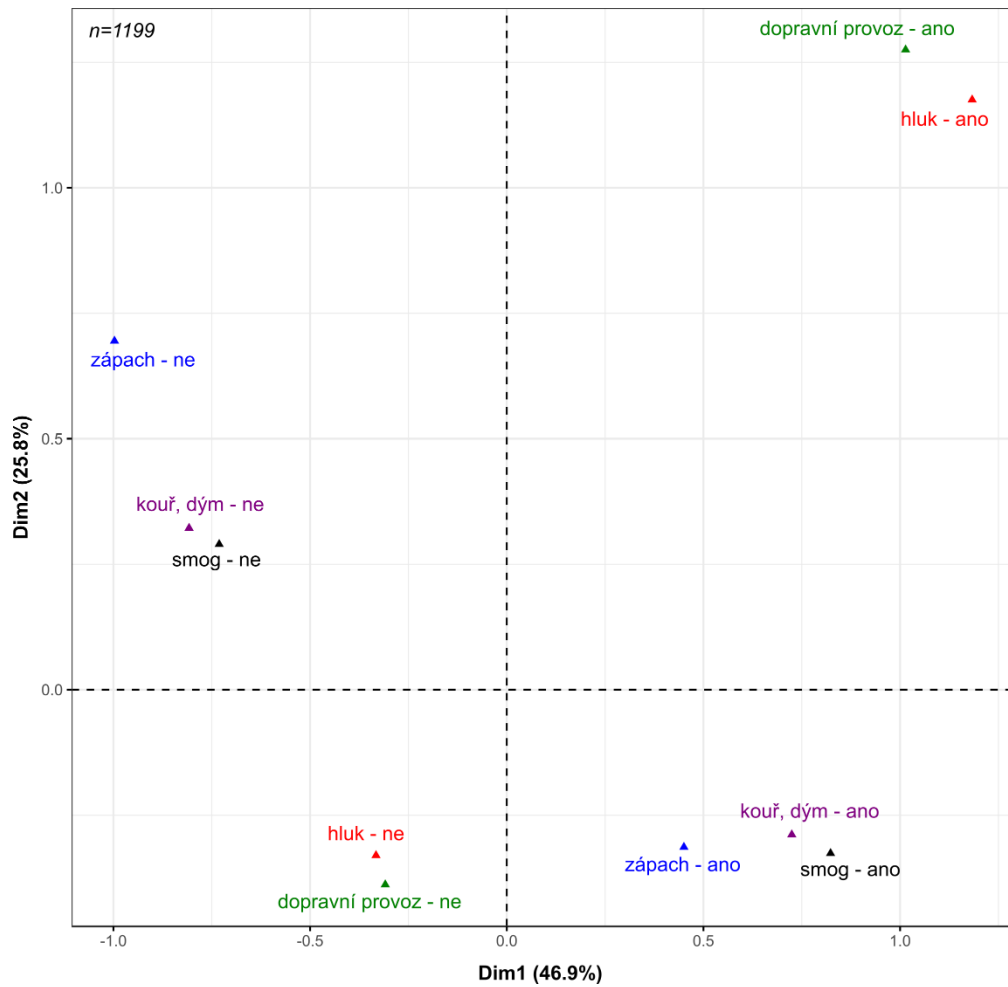


Abb. A. 26: Das Ordinationsdiagramm stellt den Zusammenhang zwischen den belastenden Faktoren dar; es gibt die Antwort auf die Frage, ob sich der Befragte durch den jeweiligen Faktor gestört fühlt (anhand einer MCA-Analyse erstellt).

TABELLEN

Tab. A. 1:	Entnahme-Protokoll, 1. Entnahmekampagne Lom bei Most.	278
Tab. A. 2:	Entnahme-Protokoll, 1. Entnahmekampagne Deutschneudorf.	278
Tab. A. 3:	Entnahme-Protokoll, 2. Entnahmekampagne Lom bei Most.	279
Tab. A. 4:	Entnahme-Protokoll, Erste Entnahmekampagne Deutschneudorf.....	279
Tab. A. 5:	Entnahme-Protokoll, Erste Entnahmekampagne.	280
Tab. A. 6:	Entnahme-Protokoll, 2. Entnahmekampagne.	281
Tab. A. 7:	Auflistung der eingesetzten Messverfahren und die anschließende Aufbereitung der Proben im Labor.....	282
Tab. A. 8:	Soziodemographische Angaben der Teilnehmer an der Fokusgruppe.....	283
Tab. A. 9:	Untersuchte Diagnosen nach der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD-10).....	283
Tab. A. 10:	Bei verschiedenen Windrichtungen gefundene Carbonylverbindungen.	285
Tab. A. 11:	Häufigkeit des Vorkommens der bedeutendsten Carbonyl-Kontaminanten bei der Probenahme auf passive Radiello-Dosimeter	286
Tab. A. 12:	Durchschnittliche VOC Konzentrationen, die in Deutschneudorf, Lom und Jeřabina gemessen wurden,.....	286
Tab. A. 13:	Relative auf Toluol bezogene Konzentrationen, die mittels der PMF Methode identifiziert wurden.	287
Tab. A. 14:	Für den Menschen relevante Arten der Risikogruppe 2, die mittels MALDI- TOF MS Analyse bestimmt wurden.....	288
Tab. A. 15:	Konzentration der Carbonyle im Luftraum von Střekov 14.8-24.8 2017.....	289
Tab. A. 16:	Abnahmeorte für die Kanister und OAV-Werte.....	290
Tab. A. 17:	Baseline-Charakteristika der Teilnehmer der postalischen Fragebogenerhebung, Sachsen und Tschechien im Vergleich.	292
Tab. A. 18:	Vergleich der Umweltbesorgnis in Sachsen und Tschechien. Übersicht der statistischen Kennwerte nach Gebiet und insgesamt für die allgemeine, die chemikalienbezogene und die geruchsbezogene Umweltbesorgnis.	293
Tab. A. 19:	Häufigkeiten des Auftretens ausgewählter Beschwerden in Sachsen und Tschechien (¹ Pearson's Chi-Quadrat-Test, ² Exakter Test nach Fisher).....	294
Tab. A. 20:	Böhmischer Nebel – Umweltbesorgnis und gesundheitliche Belastung.....	295

Tab. A. 21:	Zusammenhang zwischen der Anzahl gemeldeter Geruchsereignisse und Krankenhauseinweisungen im sächsischen Kerngebiet (signifikante Befunde, $p < .05$).	295
Tab. A. 22:	Zusammenhang zwischen der Exposition durch PM_1 Ruß und Krankenhausaufnahmen (signifikante Befunde, $p < .05$).	296
Tab. A. 23:	Zusammenhang zwischen der Exposition durch PM_{10} und Krankenhausaufnahmen (signifikante Befunde, $p < .05$).	297
Tab. A. 24:	Zusammenhang zwischen der Exposition durch UFP 20-100nm und Krankenhausaufnahmen (signifikante Befunde, $p < .05$).	298
Tab. A. 25:	Zusammenhang zwischen der Exposition durch PNC 20-800nm und Krankenhausaufnahmen (signifikante Befunde, $p < .05$).	299
Tab. A. 26:	Zusammenhang zwischen der Anzahl gemeldeter Geruchsereignisse und Todesursachen im sächsischen Kerngebiet (signifikante Befunde, $p < .05$).	299
Tab. A. 27:	Zusammenhang zwischen der Exposition durch Luftschadstoffe und Todesursachen (signifikante Befunde, $p < .05$).	300

Tab. A. 1: Entnahme-Protokoll, 1. Entnahmekampagne Lom bei Most.

Lokali- tät	Datum	Entnahme- dauer	Kanal 1 [l]	Kanal 2 [l]	Kanal 3 [l]	Kanal 4 (Windstille) [l]
LOM 1	17.2.2017	22:48	0,68	14,45	111,87	103,31
LOM 2	18.2.2017	23:55	0,38	14,53	72,54	191,30
LOM 3	19.2.2017	24:04	1,90	60,48	50,63	161,51
LOM 4	20.2.2017	21:39	0,59	109,06	93,06	49,58
LOM 5	21.2.2017	23:42	3,75	46,77	126,64	98,95
LOM 6	22.2.2017	23:56	5,27	85,66	121,96	60,60
LOM 7	23.2.2017	23:53	0,58	118,58	144,20	7,45
LOM 8	24.2.2017	24:00	3,93	28,81	212,24	31,08
LOM 9	25.2.2017	23:48	3,32	50,14	71,18	146,11
LOM 10	26.2.2017	23:48	0,91	39,37	66,70	166,44
LOM 11	27.2.2017	23:33	23,29	59,29	36,58	150,92
LOM 12	28.2.2017	24:05	5,35	101,71	90,75	79,76

Tab. A. 2: Entnahme-Protokoll, 1. Entnahmekampagne Deutschneudorf.

DND	ab	Entnahme- dauer	Kanal 1 [l]	Kanal 2 [l]	Kanal 3 [l]	Kanal 4 [l]=Windstille
D 1	17.2.2017	23:02	15,8	78,5	105,8	234,1
D 2	18.2.2017	24:08	8,6	20,1	205,5	260,8
D 3	19.2.2017	21:33	33,0	24,7	164,4	245,9
D 4	20.2.2017	23:32	2,8	1,4	250,2	251,0
D 5	21.2.2017	24:56	64,8	60,9	95,6	310,6
D 6	22.2.2017	23:51	128,0	83,0	48,9	292,1
D 7	23.2.2017	23:43	168,7	71,3	19,9	274,1
D 8	24.2.2017	24:52	29,4	82,0	134,0	313,5
D 9	25.2.2017	23:06	67,9	20,7	132,6	276,0
D 10	26.2.2017	23:51	31,9	18,8	171,8	263,5
D 11	27.2.2017	23:12	87,4	9,2	79,8	266,8
D 12	28.2.2017	24:05	204,6	27,1	38,1	266,8

Tab. A. 3: Entnahme-Protokoll, 2. Entnahmekampagne Lom bei Most.

LOM	von	bis	Kanal 1 [l]	Kanal 2 [l]	Kanal 3 [l]	Kanal 4 [l]=Wind- stille	
L2/1	17.11.2017	23.11.2017	104,2	2170	1415	3885	
L2/2	23.11.2017	1.12.2017	288,2	2110	1001	6176	
L2/3	1.12.2017	9.12.2017	Computerstörung				
L2/4	9.12.2017	17.12.2017	447,1	2931	1222	4666	
L2/5	17.12.2017	25.12.2017	153,9	2848	1941	3945	
L2/6	25.12.2017	2.1.2018	269,4	1997	963	4479	
L2/7	2.1.2018	10.1.2018	3688	2350	1397	4891	
L2/8	10.1.2018	18.1.2018	2915	1256	1228	5813	
L2/9	18.1.2018	26.1.2018	Computerstörung				
L2/10	26.1.2018	3.2.2018	262	6263	2823	6784	
L2/11	3.2.2018	11.2.2018	1448	519	828	11962	
L2/12	11.2.2018	19.2.2018	883	1424	771	8665	

Tab. A. 4: Entnahme-Protokoll, Erste Entnahmekampagne Deutschneudorf.

DND	von	bis	Kanal 1 [l]	Kanal 2 [l]	Kanal 3 [l]	Kanal 4 [l]=Wind- stille	
D2/1	17.11.2017	23.11.2017	nicht gemessen				
D2/2	23.11.2017	1.12.2017	1763	3998	1312	8297	
D2/3	1.12.2017	9.12.2017	2321	1917	2677	7244	
D2/4	9.12.2017	17.12.2017	2891	5033	1758	6066	
D2/5	17.12.2017	25.12.2017	2525	1033	2508	8084	
D2/6	25.12.2017	2.1.2018	3921	3449	1144	4793	
D2/7	2.1.2018	10.1.2018	2935	2944	1268	5559	
D2/8	10.1.2018	18.1.2018	3482	2782	771	5319	
D2/9	18.1.2018	26.1.2018	3357	1035	789,4	7678	
D2/10	26.1.2018	3.2.2018	1801	3108	2096	8245	
D2/11	3.2.2018	11.2.2018	2477	988	763	9955	
D2/12	11.2.2018	19.2.2018	2765	1040	654	11050	
D2/13	19.2.2018	27.2.2018	3385	938,7	830,7	9665	

Tab. A. 5: Entnahme-Protokoll, Erste Entnahmekampagne.

Ort	Be- zeichng.	Installierung- Datum	Installie- rungs-Zeit	Datum Ab- nahme	Zeit Ab- nahme
LOM	L-1	17. 02. 2017	9:45	25. 02. 2017	9:00
LOM	L-2	17. 02. 2017	9:45	25. 02. 2017	9:05
LOM	L-3	25. 02. 2017	9:15	06. 03. 2017	10:51
LOM	L-4	25. 02. 2017	9:10	06. 03. 2017	10:56
DEUTSCHNEUDORF	D-1	17. 02. 2017	11:15	25. 02. 2017	13:00
DEUTSCHNEUDORF	D-2	17. 02. 2017	11:12	25. 02. 2017	13:00
DEUTSCHNEUDORF	D-3	25. 02. 2017	11:00	06. 03. 2017	11:57
DEUTSCHNEUDORF	D-4	25. 02. 2017	11:00	06. 03. 2017	11:57

Tab. A. 6: Entnahme-Protokoll, 2. Entnahmekampagne.

		von/od		bis/do	
Č LOM	1	17.11.2017	12:25	23.11.2017	10:13
	2	23.11.2017	10:13	01.12.2017	09:41
	3	01.12.2017	09:41	09.12.2017	10:34
	4	09.12.2017	10:34	17.12.2017	10:29
	5	17.12.2017	10:29	25.12.2017	10:45
	6	25.12.2017	10:45	02.01.2018	09:40
	7	02.01.2018	09:40	10.01.2018	09:15
	8	10.01.2018	09:15	18.01.2018	08:09
	9	18.01.2018	08:09	25.01.2018	08:25
	10	25.02.2018	08:25	03.02.2018	10:05
	11	03.02.2018	10:05	11.02.2018	09:20
	12	11.02.2018	09:20	19.02.2018	09:35
	13	19.02.2018	09:35	27.02.2018	08:50
	14	27.02.2018	08:50	07.03.2018	09:45
Č DND	1	23.11.2017	11:25	01.12.2017	11:15
	2	01.12.2017	11:15	09.12.2017	11:25
	3	09.12.2017	11:25	17.12.2017	11:30
	4	17.12.2017	11:30	25.12.2017	11:34
	5	25.12.2017	11:34	02.01.2018	10:40
	6	02.01.2018	10:40	10.01.2018	10:05
	7	10.01.2018	10:05	18.01.2018	09:45
	8	18.01.2018	09:45	25.01.2018	09:25
	9	25.01.2018	09:25	03.02.2018	12:20
	10	03.02.2018	12:20	11.02.2018	11:00
	11	11.02.2018	11:00	19.02.2018	10:35
	12	19.02.2018	10:35	27.02.2018	09:55
	13	27.02.2018	09:55	07.03.2018	10:32
Č JEŘ	1	23.11.2017		01.12.2017	
	2	01.12.2017		09.12.2017	
	3	09.12.2017		17.12.2017	
	4	17.12.2017		25.12.2017	
	5	25.12.2017		02.01.2018	
	6	02.01.2018		10.01.2018	
	7	10.01.2018		18.01.2018	
	8	18.01.2018		25.01.2018	
	9	25.01.2018		03.02.2018	
	10	03.02.2018		11.02.2018	
	11	11.02.2018		19.02.2018	
	12	19.02.2018		27.02.2018	
	13	27.02.2018		07.03.2018	

Tab. A. 7: Auflistung der eingesetzten Messverfahren und die anschließende Aufbereitung der Proben im Labor.

Methode	Probenahmedauer	Bioaerosol	Nährboden	Anzuchttemperatur	Anzuchtdauer	MALDI-TOF MS
AGI	2 Std in Aqua. dest.	Endotoxine	----	----	----	----
AGI	30 min in 0.9% NaCl	Bakterien (umwelt- und humanrele- vant)	TSA mit Na- tamycin/ Cyclohexi- mid	37 °C	2-3 Tage	ja
MAS	Winter 10 min Sommer 5 min	Bakterien (umwelt- und humanrele- vant)	TSA mit Na- tamycin/ Cyclohexi- mid	37 °C	2-3 Tage	ja
MAS	10 min	Bakterien (Staphylokok- ken)	Mannit- Kochsalz	37 °C	2-3 Tage	ja
MAS	Winter 10 min Sommer 5 min	Bakterien (humanrele- vant)	Blut	37 °C	2-3 Tage	ja
MAS	Winter 5 min Sommer 2 min	Bakterien (umweltrele- vant)	TSA mit Na- tamycin/ Cyclohexi- mid	22 °C	7 Tage	ja
MAS	Winter 1 min	Schimmelpilze (umwelt- und humanrele- vant)	DG 18	25 °C 37 °C	7 Tage	nein
Filtration	Sommer 2 Std	Schimmelpilze (umwelt- und humanrele- vant)	DG 18	25 °C	7 Tage	nein

Tab. A. 8: Soziodemographische Angaben der Teilnehmer an der Fokusgruppe.

Alter	Geschlecht	Bildungsabschluss
68	männlich	(Fach-)Hochschulabschluss
68	männlich	Realschulabschluss
65	männlich	Realschulabschluss
68	männlich	(Fach-)Hochschulabschluss

Tab. A. 9: Untersuchte Diagnosen nach der Internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme (ICD-10).

Diagnose	ICD-10
Natürliche Ursachen	A00-R99
Kardiovaskuläre Erkrankungen	I00-I99
Herzkrankheiten	
Akutes rheumatisches Fieber	I00 - I02
Chronische rheumatische Herzkrankheiten	I03 - I09
Essentielle (primäre) Hypertonie	I10
Hypertensive Herzkrankheit	I11
Hypertensive Nierenkrankheit	I12
Hypertensive Herz- und Nierenkrankheit	I13
Sekundäre Hypertonie	I15
Angina pectoris	I20
Akuter Myokardinfarkt	I21
Rezidivierender Myokardinfarkt	I22
Bestimmte akute Komplikationen nach akutem Myokardinfarkt	I23
Sonstige akute ischämische Herzkrankheit	I24
Chronische ischämische Herzkrankheit	I25
Pulmonale Herzkrankheit und Krankheiten des Lungenkreislaufes	I26 - I28
Sonstige Formen der Herzkrankheit	I30 - I52
Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems	
Essentielle (primäre) Hypertonie	I10
Angina pectoris	I20
Zerebrovaskuläre Krankheiten	
Subarachnoidalblutung	I60
Intrazerebrale Blutung	I61
Sonstige nichttraumatische intrakranielle Blutung	I62
Hirninfarkt	I63
Schlaganfall, nicht als Blutung oder Infarkt bezeichnet	I64
Verschluss und Stenose präzerebraler Arterien ohne resultierenden Hirninfarkt	I65
Verschluss und Stenose zerebraler Arterien ohne resultierenden Hirninfarkt	I66
Sonstige zerebrovaskuläre Krankheiten	I67
Zerebrovaskuläre Störungen bei anderenorts klassifizierten Krankheiten	I68
Folgen einer zerebrovaskulären Krankheit	I69
Respiratorische Erkrankungen	J00-J99
Ausgewählte Erkrankungen der Atemwege	

Akute Rhinopharyngitis	J00
Akute Sinusitis	J01
Akute Pharyngitis	J02
Akute Tonsillitis	J03
Akute Laryngitis und Tracheitis	J04
Akute obstruktive Laryngitis [Krupp] und Epiglottitis	J05
Akute Infektionen an mehreren oder nicht näher bezeichneten Lokalisationen der oberen Atemwege	J06
Grippe durch zoonotische oder pandemische nachgewiesene Influenzaviren	J09
Grippe, Viren nicht nachgewiesen	J11
Akute Bronchitis, Entzündung der größeren verzweigten Atemwege (Bronchien)	J20
Akute Bronchiolitis, Entzündung der kleinsten Bronchien	J21
Akute Infektion der unteren Atemwege, nicht näher bezeichnet	J22
Vasomotorische und allergische Rhinopathie	J30
Chronische Rhinitis, Rhinopharyngitis und Pharyngitis	J31
Chronische Sinusitis	J32
Chronische Laryngitis und Laryngotracheitis	J37
Hypersensitivitätsreaktion der oberen Atemwege, Lokalisation nicht näher bezeichnet	J39.3
Sonstige chronische obstruktive Lungenerkrankung	J44
Vorwiegend allergisches Asthma bronchiale	J45.0
Nichtallergisches Asthma bronchiale	J45.1
Mischformen des Asthma bronchiale	J45.8
Asthma bronchiale, nicht näher bezeichnet	J45.9
Status asthmaticus	J46
Krankheiten der Atmungsorgane durch Einatmen von chemischen Substanzen, Gasen, Rauch und Dämpfen	J68
Erkrankungen der unteren Atemwege	
Viruspneumonie, anderenorts nicht klassifiziert	J12
Pneumonie durch Streptococcus pneumoniae	J13
Pneumonie durch Haemophilus influenzae	J14
Pneumonie durch Bakterien, anderenorts nicht klassifiziert	J15
Pneumonie durch sonstige Infektionserreger, anderenorts nicht klassifiziert	J16
Pneumonie bei anderenorts klassifizierten Krankheiten	J17
Pneumonie, Erreger nicht näher bezeichnet	J18
Akute Bronchitis	J20
Akute Bronchiolitis	J21
Akute Infektion der unteren Atemwege, nicht näher bezeichnet	J22
Asthma	
Asthma bronchiale	J45
Status asthmaticus	J46
Krankheiten des Verdauungssystems	K00-K93
Ausgewählte Krankheiten des Verdauungssystems	
Ösophagitis	K20
Sonstige Krankheiten des Ösophagus	K22
Gastritis und Duodenitis (Ohne K29.2 Alkoholgastritis)	K29

Funktionelle Dyspepsie	K30
Krankheit des Magens und des Duodenums, nicht näher bezeichnet	K31.9
Colitis ulcerosa	K51
Sonstige nichtinfektiöse Gastroenteritis und Kolitis	K52
Gastroenteritis = Magen-Darm-Entzündung (Erbrechen, Durchfall)	
Reizdarmsyndrom	K58
Obstipation	K59.0
Funktionelle Diarrhoe	K59.1

Symptome und abnorme klinische und Laborbefunde, die anderenorts nicht klassifiziert sind R00-R99

Ausgewählte Symptome und abnorme klinische und Laborbefunde, die anderenorts nicht klassifiziert sind

Störungen des Herzschlages	R00
Abnormer Blutdruckwert ohne Diagnose	R03
Störungen der Atmung	R06
Hals- und Brustschmerzen	R07
Übelkeit und Erbrechen	R11
Flatulenz und verwandte Zustände	R14
Fieber sonstiger und unbekannter Ursache	R50
Kopfschmerz	R51
Unwohlsein und Ermüdung	R53
Hypothermie, nicht in Verbindung mit niedriger Umgebungstemperatur	R68.0
Unspezifische Symptome im Kleinkindalter	R68.1
Mundtrockenheit, nicht näher bezeichnet	R68.2

Tab. A. 10: Bei verschiedenen Windrichtungen gefundene Carbonylverbindungen.

	Windrichtung			
	0-120	121-240	241-360	Windstille
Formaldehyd	Formaldehyd	Formaldehyd	Formaldehyd	Formaldehyd
Azeton	Azetaldehyd	Azetaldehyd	Azetaldehyd	Azeton
Isobutyraldehyd	Azeton	Azeton	Azeton	Isobutyraldehyd
Benzaldehyd, Cyclohexanon	Methakrolein	Methakrolein	Methakrolein	Benzaldehyd, Cyclohexanon
Nonaldehyd	Isobutyraldehyd	Isobutyraldehyd	Isobutyraldehyd	Nonaldehyd
	Benzaldehyd	Benzaldehyd		
	Cyclohexanon	Cyclohexanon		Benzaldehyd, Cyclohexanon
	Nonaldehyd	Nonaldehyd		Nonaldehyd

Tab. A. 11: Häufigkeit des Vorkommens der bedeutendsten Carbonyl-Kontaminanten bei der Probenahme auf passive Radiello-Dosimeter

Analyt	Lokalität		
	Lom Häufigkeit (%)	Deutschneudorf Häufigkeit (%)	Jeřabina Häufigkeit (%)
Formaldehyd	100	100	100
Azetaldehyd	100	100	100
Azeton	70	71	64
Propanal	50	86	82
Benzaldehyd, Cyclohexanon	71	79	82
Nonanal	79	57	64

Tab. A. 12: Durchschnittliche VOC Konzentrationen, die in Deutschneudorf, Lom und Jeřabina gemessen wurden,

Analyt-ppb	DND	LOM	JERABINA
Benzen	0,137	0,222	0,047
Toluol	0,066	0,201	0,021
Äthylbenzen	0,017	0,031	0,004
m- + p- Xylol	0,033	0,057	0,007
Pentan	0,059	0,076	0,015
Methylzyklohexan	0,009	0,021	0,003
Heptan	0,005	0,016	0,001
Methylzyklohexan	0,006	0,014	0,002
Tetrachlorethen	0,016	0,017	0,007
2-Methylbutan	0,031	0,069	0,002
Styrol	0,008	0,021	0,019

Tab. A. 13: Relative auf Toluol bezogene Konzentrationen, die mittels der PMF Methode identifiziert wurden.

ppbv/ppbv Toluol	Quelle 1	Quelle 2
Benzen	1.38	0.27 [†]
Äthylbenzen	0.18	0.21
Xylol	0.40	0.44
Styrol	0.10	0.11
Pentan	0.51	0.02
Methylzyklopentan	0.12	0.13
n-Heptan	0.02	0.04
Methylzyklohexan	0.02	0.14 [†]

[†] Das Verhältnis ist auf der Grundlage des Medians der Konzentrationen, die mit Hilfe der Methode bootstrap bei der Rückvalidierung des Modells gewonnenen wurden, berechnet.

Tab. A. 14: Relative auf Toluol der Quellen bezogene Konzentrationen, die mittels der PMF Methode identifiziert wurden.

ppbv/ppbv Toluol	Quelle 1	Quelle 2
Benzen	8.55	1.00
Äthylbenzen	0.89	0.17
Xylole	1.42	0.43
Styrol	0.37	0.11
Pentan	7.21	0.01 [†]
Methylzyklopentan	0.64	0.08
n-Heptan	0.10	0.02
Methylzyklohexan	0.38	0.08

[†] Das Verhältnis ist auf der Grundlage des Medians von Konzentrationen, die mit Hilfe der Methode bootstrap bei der Rückvalidierung des Modells gewonnenen wurden, berechnet.

Tab. A. 15: Für den Menschen relevante Arten der Risikogruppe 2, die mittels MALDI-TOF MS Analyse bestimmt wurden.

Aufgelistet sind die identifizierten Arten am Standort Lom und Deutschneudorf (DND) im Winter und im Sommer. *in Abhängigkeit von der Spezies: nach EFSA (2016) gehören folgende Spezies zur *Bacillus cereus* group: *B. cereus sensu stricto* (RG2), *B. anthracis* (RG3), *B. thuringiensis* (RG1), *B. weihenstephanensis* (RG2), *B. mycoides* (RG1), *B. cytotoxicus* (RG1), *B. pseudomycoides* (RG1) und *B. toyonensis* (RG1). Aufgrund ihrer taxonomischen und phänotypischen Charakteristika sind sie mittels MALDI-TOF MS nicht differenzierbar. RG – Risikogruppe.

LOM Winter	Risikogruppe 2 (human)	Familie	LOM Sommer	Risikogruppe 2 (human)	Familie
	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	Xanthomonadaceae		<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	Staphylococcaceae
	<i>Streptococcus mitis/oralis/pneumoniae</i>	Streptococcaceae		<i>Pseudomonas oryzae</i>	Pseudomonadaceae
	<i>Staphylococcus epidermidis</i>	Staphylococcaceae		<i>Pantoea agglomerans</i>	Enterobacteriaceae
	<i>Staphylococcus hominis</i>	Staphylococcaceae		<i>Bacillus cereus</i> group*	Bacillaceae
	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	Staphylococcaceae			
	<i>Paracoccus yeei</i>	Rhodobacteraceae			
	<i>Acinetobacter johnsonii</i>	Moraxellaceae			
	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	Moraxellaceae			
	<i>Psychrobacter faecalis/pulmonis</i>	Moraxellaceae			
	<i>Enterococcus faecalis</i>	Enterococcaceae			
	<i>Enterococcus faecium</i>	Enterococcaceae			
	<i>Enterococcus gallinarum</i>	Enterococcaceae			
	<i>Pantoea agglomerans</i>	Enterobacteriaceae			
	<i>Bacillus cereus</i> group*	Bacillaceae			
	<i>Aerococcus viridans</i>	Aerococcaceae			
DND Winter	Risikogruppe 2 (human)	Familie	DND Sommer	Risikogruppe 2 (human)	Familie

Staphylococcus epidermis	Staphylococ- caceae	Staphylococcus epidermis	Staphylococ- caceae
Staphylococcus pas- teuri	Staphylococ- caceae	Staphylococcus pasteuri	Staphylococ- caceae
Moraxella osloensis	Moraxellaceae	Pantoea agglom- merans	Enterobacte- riaceae
Psychrobacter fae- calis/pulmonis	Moraxellaceae	Bacillus cereus group*	Bacillaceae
Pantoea agglomerans	Enterobacteri- aceae		
Bacillus cereus group*	Bacillaceae		
Aerococcus viridans	Aerococ- caceae		

Tab. A. 16: Konzentration der Carbonyle im Luftraum von Střekov 14.8-24.8 2017.

Stoff / Konzentration	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb	OT ppb	OAV ou/m³
Formaldehyd	2,38	1,91	500	0,00382
Azetaldehyd	0,93	0,51	1,5	0,34
Azeton	0,94	0,39	42000	9,29E-06
Akrolein	<0,30	<	3,6	
Propionaldehyd	0,86	0,36	1	0,36
krotonaldehyd	<0,30	<	n	
Methakrolein	0,78	0,27	8,5	0,031765
2-Butanon	<0,20	<	n	
Butyraldehyd , Isobutyral- dehyd	4,28	1,43	0,67	2,134328
Benzaldehyd , Zykhlohexa- non	0,42	0,1	0,18	0,555556
Isovaleraldehyd	<0,20	<	0,1 :	
Valeraldehyd	1,38	0,39	0,41	0,95122
o-Tolualdehyd	0,26	0,05	n	
m,p-tolualdehyd	0,37	0,07	n	
Glutaraldehyd	<0,10	<	n	
Hexaldehyd	2,26	0,54	0,28	1,928571
Dimethybenzadehyd	<0,20	<	n	
Heptaldehyd	1,03	0,22	0,18	1,222222
Oktaldehyd	1,21	0,23	0,01	23
Nonaldehyd	5,27	0,89	0,34	2,617647
Dezylaldehyd	7,03	1,08	0,4	2,7
			OAV	35,8 ou/m³

OT - Geruchsschwellenwert (ppb)

n - nicht bestimmt

< - Analyt wurde nicht nachgewiesen

Tab. A. 17: Abnahmeorte für die Kanister und OAV-Werte.

Abnahmeort	Datum	OAV	Bemerkung des Probanden	Nachgewiesene Analyten
Deutscheinsiedel	180112	0,08		
Háj u Duchcova	171110	0,11	Schwefeldioxid, belästigender Geruch	
Háj u Duchcova	171116	0,55	Kohle, Teer, starker Geruch	Phenol, Essigsäure, Xylole
Háj u Duchcova	171124	0,12		Toluol, Xylole
Háj u Duchcova	171126	2,47		Alkylierte Aromate
Háj u Duchcova	171203	0	Erdgas	
Háj u Duchcova	180101	1,3	süßlicher, chemischer Geruch	Nonanal, Xylole
Háj u Duchcova	180307	3,62	scharfer Geruch	Hexanal, Nonanal, Dekanal
Kuhnheide	170208	1,93	schwefeliger	
Kuhnheide	171211	0,17		Aromatische Kohlenwasserstoffe
Litvínov	170204	2,14	belästigend, nach Katzenkot riechend	Azetophenon, Dekanal
Litvínov	181107	0,02		
Litvínov	181116	0,02		
Litvínov	181116	24,3	chemischer Geruch, Erdgas, sehr belästigend	2-Butanon, Hexanal, Oktanal, CFCI
Marienberg	170208	26,09	Erdgas, schwacher Geruch.	aliphatische Kohlenwasserstoffe, Aldehyde
Neuhausen	180123	0,06	süß, schwach	Aromaten, CFCI
Neuhausen	180310	43,49	stark, scharf	C6-C10 Aldehyde
Neuhausen	180324	10,16	Kohleverbrennung	Aliphaten, Aromaten
Neurehefeld	171113	1,3		Äthylazetat, MIBK, Aromaten, Dekanal, CFCI
Neurehefeld	171228	0,02		
Neurehefeld	180206	0,04		
Nová Ves v Horách	171128	0,2	Auspuffemissionen	Aromatische Kohlenwasserstoffe
Nová Ves v Horách	181120	2,51	Kohleverbrennung?	2-Butanon, 1-Butanol, Aromaten, Hexanal, Nonanal
Olbernhau	170122	1,24	starker Geruch	Aliphaten, Aromaten, Dekanal
Olbernhau	171211	0	Benzin, starker Geruch	
Olbernhau	180109	0	sehr starker Geruch nach Teer	
Olbernhau	180315	1,92	Teer, Benzin, starker Geruch	Zyklohexan, Toluol, Nonanal, Dekanal
Sayda	170126	0,78	chemisch	Dekanal

Sayda	170127	4,02	Schwefelkohlenstoff, starker Geruch	Nonanal, Dekanal
Seiffen	170111	1,01	Benzin, schwacher Geruch	
Seiffen	170201	0	belästigend	
Seiffen	170217	42,88	Kohle, Geruch mittelmäßig belästigend	Hexanal, Benzaldehyd, Oktanal, Dekanal, Naphtalen
Seiffen	170221	0,85	Kohle	Toluol, Tetrachlorethylen, Styrol, Dekanal
Seiffen	170313	33,4	süßer, widerlicher Geruch	Aliphaten, Aromaten, C6, C9, C10 Aldehyde
Seiffen	170327	59,75	schwacher Geruch	Aliphaten, Aromaten, Aldehyde
Seiffen	171020	0,63	Benzin, starker Geruch	Nonanal, Toluol, 1-Butanol
Seiffen	171020	1,16	Benzin, starker Geruch	Äthylazetat, MIBK, CFCI
Seiffen	171108	2,14	Benzin, starker Geruch	Äthylazetat, MIBK, CFCI
Seiffen	171128	11,61	widerlicher süßer Geruch	Äthylazetat, Butylazetat, MIBK, CFCI
Seiffen	180125	3	Chemie, starker Geruch	Äthylazetat, Butylazetat, MIBK, CFCI
Seiffen	180126	0,11	Teer, schwankender Geruch	Äthylazetat, Butylazetat, MIBK, CFCI
Seiffen	180218	0	Kohle, schwacher Geruch	
Seiffen	180305	0,12	Benzin, schwacher Geruch	Äthylazetat, MIBK, CFCI
Seiffen	181106	3,03		Äthylazetat, MIBK, CFCI
Seiffen	181112	2,14	Kunststoffverbrennung, starker Geruch	Äthylazetat, MIBK, CFCI, Toluol, Styrol
Seiffen	181128	2,65		Äthylazetat, Butylazetat, 2-Butanon, 1-Butanol, m- und p-Xylol
Vřesová	170214	1,11	Unangenehmer Geruch	Dekanal, Essigsäure
Vřesová	170330	1,78	unbekannter Geruch	Nonanal, Dekanal

Tab. A. 18: Baseline-Charakteristika der Teilnehmer der postalischen Fragebogenerhebung, Sachsen und Tschechien im Vergleich.

	Deutschland (n= 1875)		Tschechien (n= 130)	
Geschlecht (Pearsons χ^2-Test: p= 0,363)				
N ausgefüllt	1763		127	
Frauen	912	51,7 %	71	55,9 %
Männer	851	48,3 %	56	44,1 %
Alter in Jahren (Rangsummentest: p=,561)				
N ausgefüllt	1766		126	
Mittelwert \pm SD	57,5 \pm 17,0		58,4 \pm 15,1	
Wohndauer in Jahren (Rangsummentest: p<,01)				
N ausgefüllt	1824		129	
Mittelwert \pm SD	43,8 \pm 21,4		28,4 \pm 19,1	
Raucher (Pearsons χ^2-Test: p= 0,022)				
N ausgefüllt	1663		129	
ja	206	12,4 %	18	14,0 %
nein, aber ich habe geraucht	389	23,4 %	43	33,3 %
nein, ich habe noch nicht geraucht	1068	64,2 %	68	52,7 %
Bildungsabschluss (Pearsons χ^2-Test: p<,01)				
N ausgefüllt	1695		127	
Noch Schüler	8	0,5 %	0	0,0 %
Schule ohne Abschluss beendet	21	1,2 %	0	0,0 %
Volks-, Hauptschulabschluss/Polytechnische Oberschule bis zur 8. oder 9. Klasse	302	17,8 %	4	3,1 %
Realschulabschluss/Polytechnische Oberschule bis zur 10. Klasse	910	53,7 %	48	37,8 %
Abitur/Fachabitur/Fachhochschulreife	194	11,4 %	51	40,2 %
Hochschulabschluss	179	10,6 %	24	18,9 %
Anderer Abschluss	81	4,8 %	0	0,0 %

Tab. A. 19: Vergleich der Umweltbesorgnis in Sachsen und Tschechien. Übersicht der statistischen Kennwerte nach Gebiet und insgesamt für die allgemeine, die chemikalienbezogene und die geruchsbezogene Umweltbesorgnis.

Gebiet	N	Mittelwert	SD	p25	p50	p75
Umweltbesorgnis Allgemein (Rangsummentest: $p=,75$)						
SN	1840	2,991	0,649	2,5	3	3,5
CZ	130	2,987	0,740	2,5	3	3,5
Total	1970	2,991	0,656	2,5	3	3,5
Umweltbesorgnis Chemie (Rangsummentest: $p=,012$)						
SN	1828	2,795	0,854	2	3	3,5
CZ	128	2,559	0,985	2	2,5	3,5
Total	1956	2,779	0,865	2	3	3,5
Umweltbesorgnis Geruch (Rangsummentest: $p<,001$)						
SN	1835	3,100	0,806	2,5	3	4
CZ	123	2,427	1,097	1,5	2	3,5
Total	1958	3,058	0,843	2,5	3	4

Tab. A. 20: Häufigkeiten des Auftretens ausgewählter Beschwerden in Sachsen und Tschechien (¹Pearson's Chi-Quadrat-Test, ²Exakter Test nach Fisher).

Beschwerde & Gebiet	N	Immer	Meistens	Manchmal	Selten	Nie	p-Wert	
Husten	S		183	595	579	144	p ¹ <0,01	
	N	1551	50 (3,2%)	(11,8%)	(38,4%)	(37,3%)		(9,3%)
	C			44	45	20		
Kurzatmigkeit	Z	116	3 (2,6%)	4 (3,4%)	(37,9%)	(38,8%)	(17,2%)	p ¹ <0,01
	S			165	319	334	575	
	N	1444	51 (3,5%)	(11,4%)	(22,1%)	(23,1%)	(39,8%)	
Keuchen	C			19	21	59	p ² =0,26	
	Z	104	0 (0,0%)	5 (4,8%)	(18,3%)	(20,2%)		(56,7%)
	S			158	281	776		
tränen- oder brennende Augen	N	1289	19 (1,5%)	55 (4,3%)	(12,3%)	(21,8%)	(60,2%)	p ¹ <0,01
	C			17	24	60		
	Z	102	0 (0,0%)	1 (1,0%)	(16,7%)	(23,5%)	(58,8%)	
Brechreiz	S			177	565	329	404	p ² =0,04
	N	1519	44 (2,9%)	(11,7%)	(37,2%)	(21,7%)	(26,6%)	
	C			24	29	49		
Erbrechen	Z	110	1 (0,9%)	7 (6,4%)	(21,8%)	(26,4%)	(44,5%)	p ² =0,03
	S			180	346	726		
	N	1298	7 (0,5%)	39 (3,0%)	(13,9%)	(26,7%)	(55,9%)	
Durchfall	C				23	67	p ¹ <0,01	
	Z	98	1 (1,0%)	2 (2,0%)	5 (5,1%)	(23,5%)		(68,4%)
	S				348	809		
Kopfschmerzen	N	1258	3 (0,2%)	6 (0,5%)	92 (7,3%)	(27,7%)	(64,3%)	p ¹ <0,01
	C				15	80		
	Z	100	0 (0,0%)	0 (0,0%)	5 (5,0%)	(15,0%)	(80,0%)	
Schlappheit/ Müdigkeit	S			470	470	366	p ¹ <0,01	
	N	1409	14 (1,0%)	89 (6,3%)	(33,4%)	(33,4%)		(26,0%)
	C			15	47	38		
Schlappheit/ Müdigkeit	Z	102	0 (0,0%)	2 (2,0%)	(14,7%)	(46,1%)	(37,3%)	p ¹ <0,01
	S			282	694	339	219	
	N	1582	48 (3,0%)	(17,8%)	(43,9%)	(21,4%)	(13,8%)	
Schlappheit/ Müdigkeit	C			24	42	33	p ¹ <0,01	
	Z	110	1 (0,9%)	10 (9,1%)	(21,8%)	(38,2%)		(30,0%)
	S			358	743	318		134
Schlappheit/ Müdigkeit	N	1639	86 (5,2%)	(21,8%)	(45,3%)	(19,4%)	(8,2%)	p ¹ <0,01
	C			33	39	29		
	Z	113	3 (2,7%)	9 (8,0%)	(29,2%)	(34,5%)	(25,7%)	

	S			112	465	423	460	
Schwindelge- füh	N	1485	25 (1,7%)	(7,5%)	(31,3%)	(28,5%)	(31,0%)	p ¹ <0,
	C				15	23	67	01
	Z	105	0 (0,0%)	0 (0,0%)	(14,3%)	(21,9%)	(63,8%)	

Tab. A. 21: Böhmischer Nebel – Umweltbesorgnis und gesundheitliche Belastung.

	N	mean	sd	p25	p50	p75
Umweltbesorgnis Allgemein (Rangsummentest: p<0,01)						
ja, BN belastet den Gesundheitszustand	1362	3,08	0,61	2,75	3,25	3,5
nein, BN belastet den Gesundheitszustand nicht	401	2,69	0,67	2,25	2,75	3,25
Umweltbesorgnis Chemie (Rangsummentest: p<0,01)						
ja, BN belastet den Gesundheitszustand	1353	2,95	0,80	2,5	3	3,5
nein, BN belastet den Gesundheitszustand nicht	401	2,30	0,84	2	2	3
Umweltbesorgnis Geruch (Rangsummentest: p<0,01)						
ja, BN belastet den Gesundheitszustand	1360	3,31	0,67	3	3,5	4
nein, BN belastet den Gesundheitszustand nicht	401	2,41	0,82	2	2,5	3

Tab. A. 22: Zusammenhang zwischen der Anzahl gemeldeter Geruchsereignisse und Krankenhausweisungen im sächsischen Kerngebiet (signifikante Befunde, p<.05).

Diagnose	Lag	RR change % [95%CI]	IQR
Natürliche Ursachen	1	- 0,296 [-0,564; -0,028]	1
	0-1	- 0,546 [-0,997; -0,093]	1,5
Zerebrovaskuläre Krankheiten	2	- 2,887 [-5,101; -0,622]	1
	2-5	- 4,319 [-7,978; -0,515]	1,5
	0-5	- 5,089 [-9,339; -0,639]	1,7
Respiratorische Erkrankungen	4	1,093 [0,296; 1,897]	1
Ausgewählte Krankheiten des Verdauungs- systems	5	1,426 [0,464; 2,396]	1
Symptome und abnorme klinische und La- borbefunde, anderenorts nicht klassifiziert	3	1,009 [0,161; 1,863]	1
	4	1,201 [0,386; 2,024]	1
	2-5	2,192 [0,362; 4,054]	1,5

Tab. A. 23: Zusammenhang zwischen der Exposition durch PM₁ Ruß und Krankenhausaufnahmen (signifikante Befunde, p<.05).

Diagnose	Untersuchungs- gebiet	Lag	RR change % [95%CI]	IQR
Natürliche Ursachen	Sn Kern	0	-3,400 [-5,165; -1,603]	0,9
		1	-2,146 [-3,954; -0,304]	0,9
		3	-1,913 [-3,645; -0,150]	0,9
		4	-2,454 [-4,188; -0,689]	0,9
		0-1	-3,519 [-5,439; -1,560]	0,8
		2-5	-3,035 [-5,055; -0,972]	0,8
		0-5	-4,511 [-6,710; -2,259]	0,7
		Respiratorische Erkrankungen	Sn Kern	0
5	-5,225 [-8,860; -1,446]			0,9
Sn Rand	0		-5,197 [-9,047; -1,184]	0,9
	0-1		-5,135 [-9,262; -0,821]	0,8
Ausgewählte Erkrankungen der Atemwege	CZ	5	-8,627 [-15,653; -1,015]	0,9
Erkrankungen der unteren Atemwege	Sn Kern	4	18,705 [5,729; 33,274]	0,9
		5	16,124 [3,329; 30,504]	0,9
	CZ	5	-8,620 [-15,281; -1,435]	0,9
Kardiovaskuläre Erkrankungen	Sn Kern	0	-4,086 [-7,724; -0,304]	0,9
Herzkrankheiten	Sn Kern	0	-4,565 [-8,820; -0,112]	0,9

Tab. A. 24: Zusammenhang zwischen der Exposition durch PM₁₀ und Krankenhausaufnahmen (signifikante Befunde, p<.05).

Diagnose	Untersuchungs- gebiet	Lag	RR change % [95%CI]	IQR
Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems	Sn Kern	1	-9,807 [-18,553; -0,121]	10,2
Respiratorische Erkrankungen	CZ	3	2,352 [0,136; 4,617]	23,3

Tab. A. 25: Zusammenhang zwischen der Exposition durch UFP 20-100nm und Krankenhausaufnahmen (signifikante Befunde, p<.05).

Diagnose	Untersuchungsgebiet	Lag	RR change % [95%CI]	IQR	
Natürliche Ursachen	Sn Kern	0	-2,071 [-3,955; -0,150]	2627,0	
		4	-1,905 [-3,739; -0,036]	2627,0	
		0-1	-2,796 [-4,863; -0,684]	2362,5	
		0-5	-2,215 [-4,277; -0,109]	1676,0	
	Sn Rand	1	-2,154 [-3,515; -0,773]	2627,0	
		0-1	-1,980 [-3,460; -0,476]	2362,5	
	CZ		3	2,985 [0,079; 5,975]	3245,4
	Herzkrankheiten	Sn Kern	0-1	-6,066 [-11,046; -0,808]	2363,5
Zerebrovaskuläre Krankheiten	Sn Rand	5	-8,024 [-14,642; -0,892]	2627,0	
Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems	Sn Kern	4	13,587 [3,325; 24,868]	2627,0	
		1	-8,995 [-16,834; -0,418]	2627,0	
	CZ	0	36,531 [10,813; 68,217]	3245,4	
		0-1	46,004 [14,746; 85,777]	2597,4	
	Respiratorische Erkrankungen	Sn Kern	5	8,014 [1,016; 15,496]	2627,0
Sn Rand			0	-6,475 [-10,724; -2,024]	2627,0
		1	-5,969 [-10,322; -1,404]	2627,0	
		5	-5,987 [-9,961; -1,838]	2627,0	
		0-1	-7,952 [-12,617; -3,039]	2363,5	
Ausgewählte Erkrankungen der Atemwege	Sn Rand	0	-7,995 [-14,031; -1,535]	2627,0	
		5	-8,665 [-14,278; -2,684]	2627,0	
		0-1	-8,459 [-15,077; -1,325]	2363,5	
		0-5	-7,196 [-13,729; -0,170]	1676,0	
	CZ		5	-20,094 [-31,842; -6,321]	3245,0

Tab. A. 26: Zusammenhang zwischen der Exposition durch PNC 20-800nm und Krankenhausaufnahmen (signifikante Befunde, p<.05).

Diagnose	Untersuchungsgebiet	Lag	RR change % [95%CI]	IQR
Natürliche Ursachen	Sn Kern	0	-2,435 [-4,372; -0,459]	3456,0
		4	-2,107 [-3,971; -0,208]	3456,0
		0-1	-2,976 [-5,070; -0,836]	3095,0
		0-5	-2,354 [-4,404; -0,260]	2218,5
Herzkrankheiten	Sn Rand	1	-2,028 [-3,437; -0,598]	3456,0
		0-1	-2,103 [-3,607; -0,575]	3095,0
Herzkrankheiten	Sn Kern	0-1	-5,935 [-10,962; -0,623]	3095,0
Ausgewählte Krankheiten des Kreislaufsystems	Sn Kern	4	12,648 [2,304; 24,037]	3456,0
Zerebrovaskuläre Krankheiten	Sn Rand	5	-8,351 [-15,042; -1,133]	3456,0
Respiratorische Erkrankungen	Sn Rand	0	-6,939 [-11,259; -2,408]	3456,0
		1	-6,641 [-11,056; -2,006]	3456,0
		5	-6,082 [-10,092; -1,893]	3456,0
		0-1	-8,488 [-13,128; -3,600]	3095,0
		0-5	-4,878 [-9,456; -0,068]	2218,5
	CZ	5	-8,706 [-16,442; -0,253]	4148,6
Ausgewählte Erkrankungen der Atemwege	Sn Rand	0	-7,894 [-14,005; -1,349]	3456,0
		5	-8,292 [-13,950; -2,262]	3456,0
		0-1	-8,339 [-14,918; -1,251]	3095,0

Tab. A. 27: Zusammenhang zwischen der Anzahl gemeldeter Geruchsereignisse und Todesursachen im sächsischen Kerngebiet (signifikante Befunde, p<.05).

Diagnose	Lag	RR change % [95%CI]	IQR
Natürliche Ursachen	0	-3,125 [-5,837 -0,335]	2

Tab. A. 28: Zusammenhang zwischen der Exposition durch Luftschadstoffe und Todesursachen (signifikante Befunde, $p < .05$).

Diagnose	Schadstoff	Untersuchungs- gebiet	Lag	RR change % [95%CI]	IQR
Natürliche Ursachen	PM ₁ Ruß	Sn Rand	3	4,324 [0,164; 8,656]	0,9
			5	4,886 [0,715; 9,231]	0,9
			2-5	6,021 [0,687; 11,637]	0,8
Kardiovaskuläre Erkrankungen	PM ₁₀	Sn Kern	3	-10,492 [-18,625; -1,548]	11,0