

PM₁₀- und PM_{2,5}-Exposition der
Bevölkerung in Österreich



PM₁₀- UND PM_{2,5}-EXPOSITION DER BEVÖLKERUNG IN ÖSTERREICH

Wolfgang Spangl
Christian Nagl

REPORT
REP-0634

Wien 2017

Projektleitung

Wolfgang Spangl

AutorInnen

Wolfgang Spangl

Christian Nagl

Lektorat

Maria Deweis

Satz/Layout

Elisabeth Riss

Umschlagphoto

© Umweltbundesamt

Diese Publikation wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft erstellt.

Weitere Informationen zu Umweltbundesamt-Publikationen unter: <http://www.umweltbundesamt.at/>

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt GmbH
Spittelauer Lände 5, 1090 Wien/Österreich

Das Umweltbundesamt druckt seine Publikationen auf klimafreundlichem Papier.

© Umweltbundesamt GmbH, Wien, 2017

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 978-3-99004-451-3

INHALT

ZUSAMMENFASSUNG	5
1 INHALT UND ZIELE DER STUDIE	7
2 METHODISCHE GRUNDLAGEN	8
2.1 Flächenhafte PM _{2,5} -Belastung auf Basis von PM ₁₀	8
2.2 Repräsentative Flächen für PM ₁₀	8
2.3 Exposition	9
3 MODELL DER FLÄCHENHAFTEN PM-KONZENTRATION	10
3.1 Konzept repräsentativer Flächen	10
3.2 Anpassung der Abgrenzung der klimatisch-topografischen Regionen	11
3.3 Datengrundlagen	12
3.3.1 Messdaten	12
3.3.2 Modelldaten	12
3.4 Repräsentative Gebiete der PM ₁₀ -Messstellen	14
3.5 Bestimmung der flächenhaften PM _{2,5} -Konzentration	19
4 BERECHNUNG DER MITTLEREN ÖSTERREICHWEITEN EXPOSITION	20
4.1 Flächenhafte Konzentrationsverteilung	20
4.2 Exposition	21
5 VORGANGSWEISE ZUR JÄHRLICHEN AKTUALISIERUNG	24
6 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DAS MESSNETZ	25
6.1 PM ₁₀ - und PM _{2,5} -Messstellen, die für das Expositionsmodell benötigt werden	25
6.2 Datenqualität PM ₁₀	26
6.3 Datenqualität PM _{2,5}	27
7 LITERATURVERZEICHNIS	28
ANHANG A: VERWENDETE DATEN	30
Auswahl der Messstellen	30
PM ₁₀ - und PM _{2,5} -Jahresmittelwerte	31
Methodenbeschreibung Chemisches Transportmodell WRF-Chem der ZAMG	40

ANHANG B: DISKUSSION DER REPRÄSENTATIVITÄT DER PM₁₀-MESSSTELLEN	41
Pannonische Ebene, Weinviertel, Nördliches Alpenvorland	41
Ländlicher Hintergrund	41
Kleinstädte	42
Wien	44
BR Linz	44
Stadt Salzburg	44
Grenzgebiet bei Bratislava	45
Tullnerfeld	45
Böhmischen Masse	45
Südöstliches Alpenvorland	46
Ballungsraum Graz	48
Nordalpine Täler	48
Ländliche Gebiete	48
Städtische Gebiete	49
Vorarlberger Rheintal	50
Südalpine Täler	50
Ländliche Gebiete	50
Städtische Gebiete	51
Klagenfurter Becken	52
Ländliche Gebiete	52
Städtische Gebiete	52
Lavanttal	52
Alpine Berggebiete	53
ANHANG C: PLAUSIBILITÄTSPRÜFUNG PM_{2,5}/PM₁₀-VERHÄLTNISSE	54
Gravimetrie	54
Sharp 5030	55
Grimm EDM180	56
MetOne BAM	58
Variabilität der PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse	58

ZUSAMMENFASSUNG

Zahlreiche Studien haben in den letzten Jahren einen Zusammenhang zwischen der Belastung durch Feinstaub und gesundheitlichen Auswirkungen gezeigt. Diese Auswirkungen reichen von (vorübergehenden) Beeinträchtigungen der Lungenfunktion bis zu zuordenbaren Todesfällen, vor allem aufgrund von Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Nach einer aktuellen Einschätzung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) gehört die Außenluftbelastung zu jenen Umwelteinflüssen, die die größten gesundheitlichen Auswirkungen in westlichen Industrieländern verursachen.

**gesundheitliche
Belastung durch
Feinstaub**

Die Exposition der Bevölkerung gegenüber Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2,5}) stellt die Grundlage für die Bestimmung der gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub und den Verlust an Lebenserwartung dar.

Die PM₁₀- bzw. PM_{2,5}-Exposition und deren langfristige Entwicklung dienen als Umweltindikatoren; u. a. werden sie von der Statistical Commission des UN Economic and Social Council als einer der Sustainable Development Goal Indicators¹ verwendet. Sie können in Zukunft in das Indikatorenset „Wie geht's Österreich“ der Statistik Austria² integriert und als abgesicherter Input für den „Better Life Index“ der OECD³ herangezogen werden.

Die vorliegende Studie dokumentiert die methodischen Grundlagen zur Bestimmung der Exposition der Bevölkerung Österreichs durch PM₁₀ und PM_{2,5} (Hintergrundbelastung) auf Basis des Konzepts repräsentativer Flächen sowie die Ergebnisse.

**Bestimmung der
Exposition**

Das Gebiet Österreichs wird auf insgesamt 59 repräsentative Flächen von einzelnen PM₁₀-Messstellen oder Gruppen von PM₁₀-Hintergrundmessstellen (zwischen denen in letzterem Fall gemittelt oder interpoliert wird) aufgeteilt.

Die Datengrundlage stellen die PM₁₀-Messdaten der Jahre 2005 bis 2016 dar.

Die mittlere Exposition der österreichischen Bevölkerung wird anhand der PM_{2,5}-Konzentration und der Bevölkerungszahl jedes repräsentativen Flächenelements als bevölkerungsgewichtete Konzentration bestimmt.

Die PM_{2,5}-Konzentration der repräsentativen Flächen wird aus der PM₁₀-Konzentration anhand des PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisses berechnet. Für jedes Jahr wird aus den Messdaten ausgewählter (gravimetrischer) Messstellen das mittlere PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis für ländliche und städtische Hintergrundmessstellen bestimmt.

Mit dieser Methode ist eine künftige jährliche Aktualisierung der Expositionsbeurteilung mit sehr geringem Aufwand möglich.

Die als Ergebnis dieser Studie berechnete mittlere PM_{2,5}-Exposition der österreichischen Bevölkerung zeigt zwischen 2005 und 2016 eine signifikante Abnahme von 19,3 auf 11,5 µg/m³.

**Abnahme der
PM_{2,5}-Exposition auf
11,5 µg/m³**

¹ <http://unstats.un.org/unsd/statcom/47th-session/documents/2016-2-IAEG-SDGs-E.pdf>

² http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wohlstand_und_fortschritt/wie_gehts_oesterreich/index.html

³ <http://www.oecdbetterlifeindex.org/topics/environment/>

Die Aktualisierung der Bevölkerungsdaten und eine Evaluierung der repräsentativen Flächen bzw. der verwendeten PM₁₀- und PM_{2,5}-Messstellen sind im Abstand von fünf Jahren vorgesehen.

1 INHALT UND ZIELE DER STUDIE

Feinstaub ist aus humantoxikologischer Sicht einer der relevantesten Luftschadstoffe. Die Exposition der Bevölkerung durch PM₁₀ und PM_{2,5} ist folglich ein sehr aussagekräftiger Indikator für die Beurteilung der Umweltsituation.

***aussagekräftiger
Indikator***

Die Statistical Commission des UN Economic and Social Council sieht die PM₁₀- bzw. PM_{2,5}-Exposition als einen der Sustainable Development Goal Indicators⁴ vor.

In dieser Studie wird die mittlere bevölkerungsgewichtete PM₁₀- bzw. PM_{2,5}-Exposition (µg/m³) als eine Angabe für ganz Österreich durch Verschneidung der räumlichen Verteilung der PM-Konzentration und der Bevölkerung ermittelt.

Dieser Indikator und dessen langfristige Entwicklung könnte künftig in das Indikatorenset „Wie geht’s Österreich“ der Statistik Austria⁵ integriert werden.

Die Daten können zudem auch als abgesicherter Input für den „Better Life Index“ der OECD⁶ herangezogen werden.

Kapitel 2 stellt die allgemeinen methodischen Grundlagen für die Bestimmung der PM_{2,5}-Exposition auf Basis des Konzepts repräsentativer Flächen dar.

Aufbau der Studie

Kapitel 3 dokumentiert die Methodik zur Abgrenzung repräsentativer Flächen für PM₁₀-Messstellen, die Datengrundlagen (PM₁₀- und PM_{2,5}-Messdaten, PM₁₀-Modelldaten), die Vorgangsweise zur Bestimmung der PM_{2,5}-Konzentration aus PM₁₀ anhand des PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisses ausgewählter Messstellen sowie die Vorgangsweise zur Ermittlung der mittleren Exposition aus der Bevölkerungsverteilung und der Konzentrationsverteilung von PM_{2,5}.

In Kapitel 4 wird die Konzentrationsverteilung von PM₁₀ und PM_{2,5} für ausgewählte Jahre sowie die bevölkerungsgewichtete mittlere PM_{2,5}-Exposition Österreichs im Zeitverlauf von 2005 bis 2016 präsentiert.

Kapitel 5 skizziert die für die laufende Aktualisierung vorgesehene Vorgangsweise.

In Kapitel 6 erfolgt eine Bewertung der Datenqualität und der Belastbarkeit der Ergebnisse.

Anhang A dokumentiert die verwendeten PM-Daten.

Anhang B enthält die Grundlagen für die Abgrenzung repräsentativer Gebiete für PM₁₀-Messstellen.

Anhang C enthält eine Plausibilitätsprüfung der PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse.

⁴ <http://unstats.un.org/unsd/statcom/47th-session/documents/2016-2-IAEG-SDGs-E.pdf>

⁵ http://www.statistik.at/web_de/statistiken/wohlstand_und_fortschritt/wie_gehts_oesterreich/index.html

⁶ <http://www.oecdbetterlifeindex.org/topics/environment/>

2 METHODISCHE GRUNDLAGEN

2.1 Flächenhafte PM_{2,5}-Belastung auf Basis von PM₁₀

Die Abschätzung der flächenhaften PM_{2,5}-Belastung (Jahresmittelwert) in Österreich erfolgt in zwei Schritten:

1. Flächenhafte Darstellung der PM₁₀-Belastung
2. Ermittlung der PM_{2,5}-Belastung anhand von standorttypischen PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnissen.

Anzahl der Messstellen

Diese Vorgangsweise über den „Umweg“ über PM₁₀ wird gewählt, da das PM₁₀-Messnetz in Österreich wesentlich dichter ist als das PM_{2,5}-Messnetz. Das PM₁₀-Messnetz umfasste bereits im Jahr 2005 106 Messstellen, wuchs bis 2010 auf 144 Messstellen und wurde bis 2016 auf 126 Messstellen reduziert. Diesen stehen sieben PM_{2,5}-Messstellen im Jahr 2005, 13 PM_{2,5}-Messstellen 2010 bzw. 45 PM_{2,5}-Messstellen 2016 gegenüber. Das PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis zeigt im Jahresmittel in Österreich ein standorttypisches Muster und ist an den einzelnen Messstellen über die Jahre hinweg annähernd konstant (UMWELTBUNDESAMT 2016). Im Rahmen der vorliegenden Studie werden zudem unterschiedliche PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse für ländliche und für städtische Hintergrundmessstellen bestimmt.

2.2 Repräsentative Flächen für PM₁₀

Methodik

Zur Bestimmung der flächenhaften Verteilung der PM₁₀-Konzentration wird Österreich in eine Anzahl von Flächen aufgeteilt, für die jeweils eine oder mehrere PM₁₀-Messstellen repräsentativ sind (siehe Kapitel 3.1).

Mehrere Messstellen sehr ähnlicher Konzentration und Situierung können eine gemeinsame repräsentative Fläche besitzen; in diesem Fall wird deren Mittelwert herangezogen.

Einen Spezialfall stellt der nördliche außeralpine Raum dar, dessen regionaler Hintergrund durch Interpolation in West-Ost-Richtung zwischen den Hintergrundmessstellen Enzenkirchen, Pillersdorf und Illmitz⁷ bestimmt wird, wobei die Hintergrundkonzentration in Nord-Süd-Richtung nicht variiert.

Die Bestimmung der repräsentativen Flächen für die PM₁₀-Messstellen erfordert eine genaue Analyse der räumlichen Verteilung der Konzentration und der Lage der Messstellen in Hinblick auf die die Konzentration beeinflussenden Faktoren.

Die Abgrenzung der repräsentativen Flächen erfolgt im Geographischen Informationssystem, mit dem auch deren Bevölkerungszahl (in einer räumlichen Auflösung von 125 m) bestimmt wird.

⁷ 2009 bis 2015 ließe sich auch die (etwa in der Mitte zwischen Enzenkirchen und Pillersdorf gelegene) temporäre Hintergrundmessstelle Haidershofen einbeziehen, die allerdings für die operationelle Expositionsberechnung in der Zukunft nicht zur Verfügung steht. Die in Haidershofen gemessene Belastung entspricht etwa dem Mittelwert von Enzenkirchen und Pillersdorf, sodass die lineare Interpolation in West-Ost-Richtung zwischen diesen beiden Messstellen gerechtfertigt ist.

Die Verknüpfung der repräsentativen Flächen mit der PM_{10} -Konzentration der einzelnen Jahre, die Bestimmung der $PM_{2,5}$ -Konzentration jeder repräsentativen Fläche sowie die Multiplikation der PM-Konzentration mit der Bevölkerungszahl zur Bestimmung der mittleren Exposition erfolgen in einer Excel-Tabelle.

Die Berechnung der räumliche Verteilung der Jahresmittelwerte der PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentration erfolgt für die Jahre 2005 bis 2016.

Die Berechnung mittels einer Excel-Tabelle ermöglicht eine sehr einfache und damit kostengünstige Fortschreibung der Exposition für künftige Jahre durch Einfügen der entsprechenden PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerte.

Der Jahresmittelwert der von der ZAMG modellierten PM_{10} -Konzentration (räumliche Auflösung 4 km) wird zur Anpassung der Abgrenzung der repräsentativen Flächen sowie ggf. zur Plausibilitätsprüfung der anhand der o. g. Methodik erstellten PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Konzentrationsverteilung verwendet.

Anmerkung: Die Modelldaten selbst sind nicht geeignet, um unmittelbar für die Expositionsabschätzung herangezogen zu werden. Beispielsweise bilden sie mit einer räumlichen Auflösung von 4 km alpine Täler nicht ab und lösen kleinere Städte nicht auf. Ihre quantitative Übereinstimmung mit Messdaten ist noch nicht ausreichend (siehe Kapitel 3.3.2).

2.3 Exposition

Die mittlere PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Exposition wird durch Multiplikation der PM-Konzentration der einzelnen repräsentativen Flächen mit der Bevölkerungszahl dieser Flächen und anschließender Division durch die Gesamtbevölkerung in einer Excel-Tabelle ermittelt.

Berechnung

3 MODELL DER FLÄCHENHAFTEN PM-KONZENTRATION

3.1 Konzept repräsentativer Flächen

Die Bestimmung der Exposition der österreichischen Bevölkerung basiert auf der Aufteilung Österreichs in repräsentative Flächen einzelner (oder fallweise von Gruppen ähnlich belasteter) PM-Messstellen, denen jeweils eine Bevölkerungszahl und eine PM₁₀- bzw. PM_{2,5}-Konzentration zugeordnet wird.

Definition der Repräsentativität

In der Studie „Representativeness and classification of air quality monitoring stations“ (kurz „Repräsentativität-Studie 2007“, UMWELTBUNDESAMT 2007) werden zur Definition für die Repräsentativität mehrere Kriterien herangezogen:

- Ein „ähnliches“ Konzentrationsniveau – innerhalb der repräsentativen Fläche weicht die Konzentration maximal um einen bestimmten Betrag von der gemessenen Konzentration ab;
- die Konzentration innerhalb der repräsentativen Fläche wird von gleichartigen Emissionen dominiert;
- die Konzentration innerhalb der repräsentativen Fläche wird von gleichartigen Ausbreitungsbedingungen bestimmt.

Bestimmung der Repräsentativität

Die in der „Repräsentativität-Studie 2007“ entwickelte Methode zur Bestimmung der Repräsentativität behandelt die PM₁₀-Konzentration in Form von Jahresmittelwert (JMW) und 90,4-Perzentil der Tagesmittelwerte des Kalenderjahres⁸, d. h. jenen Parametern, die für die rechtliche Beurteilung der Luftgüte relevant sind. Da die vorliegende Studie ausschließlich Jahresmittelwerte berücksichtigt, wird für die Beurteilung der Repräsentativität nur der Jahresmittelwert (und nicht auch das 90,4-Perzentil) herangezogen.

Als quantitatives Kriterium für die Repräsentativität wird entsprechend der „Repräsentativität-Studie 2007“ ein Wertebereich von $\pm 5\%$ der Spannweite der in Europa beobachteten Belastung definiert; dies entspricht einem Konzentrationskriterium von ca. $\pm 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Zu den Kriterien für die Repräsentativität gehören neben der Höhe der Konzentration selbst die Beiträge dominierender Emissionen – unterschieden werden die drei Sektoren Verkehr, Raumwärme und Industrie (inkl. Kraftwerke, Abfallverbrennung, Häfen, Flughäfen) – sowie die Ausbreitungsbedingungen.

Ein weiteres Kriterium zur Abgrenzung repräsentativer Flächen stellen die topografischen Regionen (siehe Abbildung 1) dar, mit denen unterschiedliche Ausbreitungsbedingungen aufgrund der Geländeform (Ebene, Hügelland, Gebirge) und der Lage nördlich oder südlich des Alpenhauptkamms berücksichtigt werden. Zudem werden die unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen zwischen Talböden und exponierten Lagen durch die Differenzierung von Tälern und Berggebieten berücksichtigt.

⁸ Der statistische Parameter Perzentil gibt an, wie viel Prozent eines Datensatzes unter dem gegebenen Wert liegen; im Fall des 90,4 Perzentils liegen 90,4 % der Daten darunter und 9,6 % darüber. Dies entspricht dem Grenzwertkriterium der Luftqualitäts-Richtlinie für den PM₁₀-Tagesmittelwert, wonach der Grenzwert bei mehr als 35 Tagesmittelwerten pro Kalenderjahr überschritten ist (für ein Jahr mit 365 Tagen).

Die Exposition wird für die – ländliche und städtische – Hintergrundbelastung bestimmt. Emittentennahe Messstellen werden in die Berechnung nicht einbezogen.

Die Diskussion der Repräsentativität der einzelnen Messstellen wird in Anhang B dargestellt.

3.2 Anpassung der Abgrenzung der klimatisch-topografischen Regionen

Die Abgrenzung der topografisch-klimatischen Regionen wird, basierend auf den Modellergebnissen der ZAMG (siehe Kapitel 3.3.2) und den Messdaten gegenüber der „Repräsentativität-Studie 2007“ angepasst. Folgende Änderungen wurden vorgenommen:

durchgeführte Anpassungen

- Die Abgrenzung zwischen Weinviertel und Böhmischer Masse wird in Hinblick auf die Modelldaten modifiziert.
- Das Südöstliche Alpenvorland wird entsprechend der Höhe der gemessenen PM₁₀-Belastung in drei Teilbereiche mit unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen gegliedert.
- Unter den Tälern der Südalpen wird das mittlere Murtal (zwischen Zeltweg und Gratkorn) in Hinblick auf seine höhere Emissionsdichte als eigene repräsentative Fläche ausgewiesen.
- Unter den Tälern der Nordalpen werden das Inntal unterhalb von Landeck, das Zillertal und das Salztal unterhalb von Zell a. S. in Hinblick auf ungünstigere Ausbreitungsbedingungen und höhere Emissionen als eigene repräsentative Fläche ausgewiesen. Allerdings ist anzumerken, dass die in den nordalpinen Tälern vorhandenen Messstellen in Hinblick auf die sehr unterschiedlichen Emissionsdichten und Ausbreitungsbedingungen nicht ausreichend für eine abgesicherte Beurteilung ihrer Repräsentativität sind.
- Die Stadt Salzburg und ihre Umgebung werden in Hinblick auf die günstigen Ausbreitungsbedingungen und die niedrige Belastung als Teil des Westlichen Alpenvorlandes behandelt.

Damit ergeben sich die in Abbildung 1 angeführten topografisch-klimatischen Regionen in Österreich, die für die PM-Belastung relevant sind.

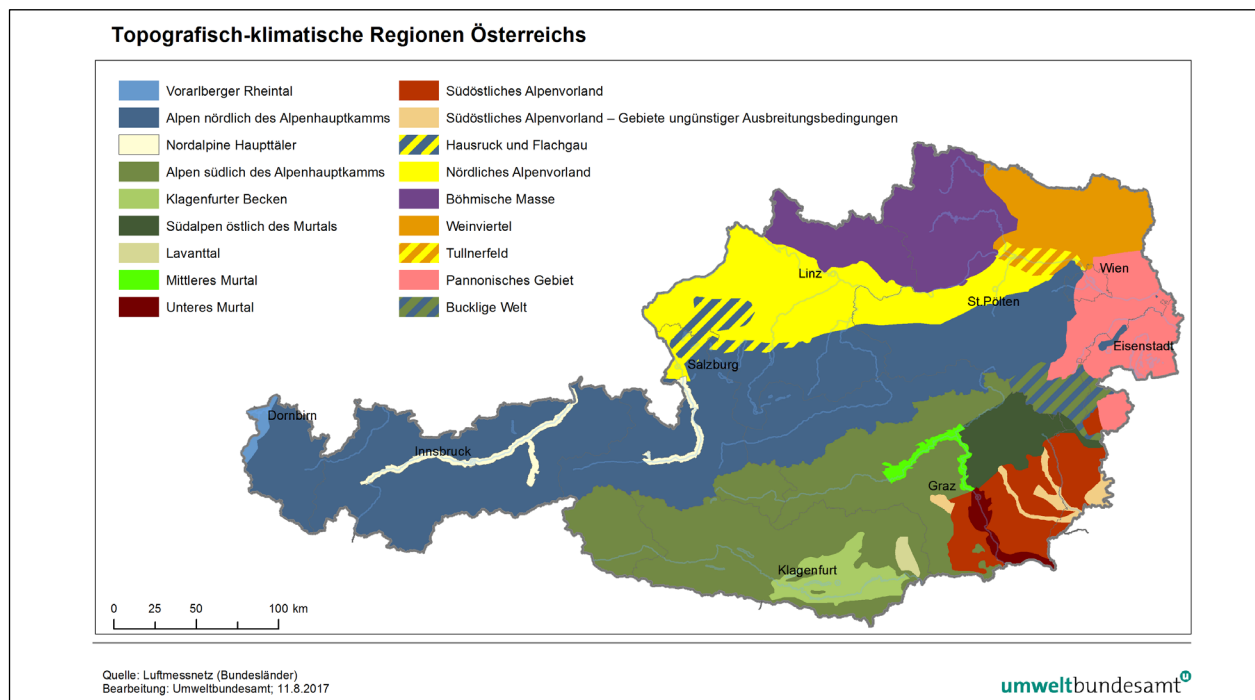


Abbildung 1: Topografisch-klimatische Regionen in Österreich.

3.3 Datengrundlagen

3.3.1 Messdaten

Methodik Die PM-Messung wird in Österreich sowohl mit der gravimetrischen Referenzmethode (an etwa einem Drittel der Messstellen) sowie mit verschiedenen kontinuierlichen Messgerätetypen durchgeführt. Seit 2010 liegt an den meisten Messstellen eine Äquivalenzprüfung der kontinuierlichen Messgeräte vor, in den Jahren davor wurde überwiegend ein Umrechnungsfaktor von 1,3 angewandt.

Anhang A stellt die im Zeitraum 2005 bis 2016 betriebenen PM₁₀- und PM_{2,5}-Messstellen sowie die eingesetzten Messmethoden zusammen. Für die Beurteilung der Repräsentativität der PM₁₀-Messstellen und für die Bestimmung der flächenhaften Verteilung der PM₁₀-Konzentration werden bevorzugt Messdaten, die mit der Referenzmethode (Gravimetrie) erhoben wurden, herangezogen.

3.3.2 Modelldaten

Neben den PM₁₀-Messwerten und den Kriterien zur Bestimmung der repräsentativen Flächen wird der Jahresmittelwert der von der ZAMG modellierten PM₁₀-Konzentration (räumliche Auflösung 4 km) verwendet (Modellbeschreibung siehe Anhang A).

Abbildung 2 zeigt den modellierten PM₁₀-Jahresmittelwert für das Jahr 2015.

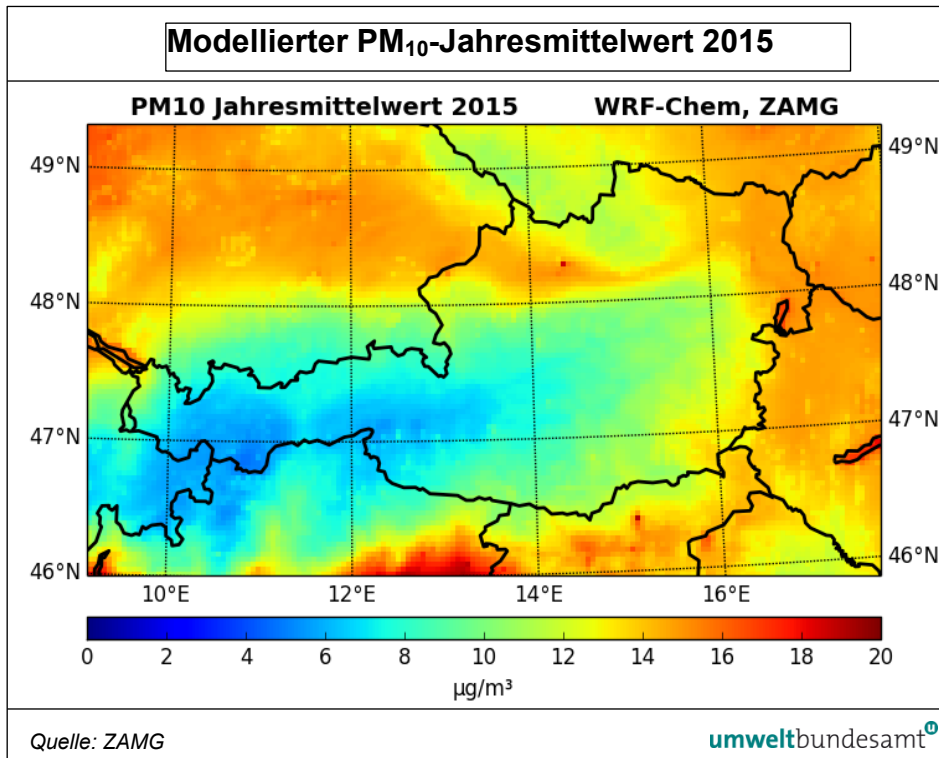


Abbildung 2:
Modellierter PM₁₀-
Jahresmittelwert 2015.

Ein Vergleich der modellierten Konzentration in Abbildung 2 mit der gemessenen Belastungsverteilung zeigt folgende Abweichungen:

- Das Modell bildet – mit einer räumlichen Auflösung von 4 km – Täler in den Alpen nicht ab. Selbst breite Täler mit hohen Emissionen wie das Inntal oder das obere Murtal sind nicht erkennbar. Das Klagenfurter Becken und das Lavanttal zeichnen sich lediglich unscharf als Gebiete etwas höherer PM₁₀-Konzentration ab.
- Im Südöstlichen Alpenvorland gibt das Modell eine Konzentrationsverteilung wieder, die den topografischen Strukturen kaum folgt. Das Grazer Feld und das Leibnitzer Feld als Gebiete stark erhöhter PM₁₀-Konzentration sind nicht zu erkennen.
- Im nördlichen und nordöstlichen außeralpinen Raum ergibt das Modell eine räumlich homogene Konzentrationsverteilung, bildet aber nicht den anhand der Messdaten erkennbaren großräumigen West-Ost-Gradienten ab. Im Alpenvorland in Bayern und Oberösterreich wird eine ähnliche PM₁₀-Konzentration modelliert wie im Weinviertel und im Pannonischen Tiefland.
- Der Übergang vom Alpenvorland zu den Alpen und zur Böhmisches Masse zeigt einen scharfen Gradienten. Das Gebiet von Hausruck und Flachgau setzt sich deutlich durch niedrigere Konzentrationen vom Alpenvorland ab.

Die Modellrechnungen können daher nicht direkt für die Expositionsabschätzung verwendet werden, sie erlauben es jedoch, Anpassungen der topografisch-klimatischen Regionen vorzunehmen (siehe Kapitel 3.2).

Unterschiede Modell – Messdaten

3.4 Repräsentative Gebiete der PM₁₀-Messstellen

Aufbauend auf der in Anhang B diskutierten Repräsentativität der PM₁₀-Messstellen wird in Tabelle 1 die Zuordnung aller Teilflächen Österreichs zu repräsentativen PM₁₀-Messstellen angegeben.

Die Teilgebiete orientieren sich grundsätzlich an den topografisch-klimatischen Regionen (siehe Abbildung 1). Als weitere Kriterien dienen die Bevölkerungsverteilung – zumeist berücksichtigt in Form der Einwohnerzahl einer Gemeinde, fallweise in Form der Abgrenzung von Ballungsräumen oder Gruppen von Gemeinden – sowie die Seehöhe.

Tabelle 1: Zuordnung von Teilgebieten Österreichs zu repräsentativen PM₁₀-Messstellen, Fläche und Bevölkerung der Teilgebiete.

Region	topografisch-klimatische Region	Bevölkerung	weitere Kriterien	repräsentative PM ₁₀ -Messstellen	Fläche (km ²)	Bevölkerung
Nördliches außeralpines Flach- und Hügelland, ländlich	Nördliches außeralpines Flach- und Hügelland (Pannonische Ebene, Weinviertel, Nördliches Alpenvorland)	Gemeinden unter 10.000 Ew.	ausgenommen Einflussgebiet Bratislava (Radius 20 km)	Interpolation West-Ost zwischen Enzenkirchen, Pillersdorf und Illmitz	15.122	1.395.000
Pannonische Ebene, Weinviertel, Kleinstädte	Pannonische Ebene, Weinviertel	Gemeinden mit 10.000–50.000 Ew.	ausgenommen Klosterneuburg, Schwechat	Mittelwert von Eisenstadt, Mödling und Wiener Neustadt	818	48.000
Großraum Wien (Gemeinden Wien, Klosterneuburg, Schwechat)			unter 280 m	Mittelwert von Wien AKH, Belgradplatz, Floridsdorf, Gaudenzdorf, Kaiserebersdorf, Kandlerstraße, Laaerberg und Stadlau sowie Schwechat	405	2.234.000
Großraum Wien (Gemeinden Wien, Klosterneuburg, Schwechat)			über 280 m	Wien Schafberg	115	22.000
Einflussgebiet Bratislava			Einflussgebiet Bratislava	Mittelwert von Hainburg und Kittsee	332	19.000
Tullnerfeld, ländlich	Tullnerfeld	Gemeinden unter 10.000 Ew.		Mittelwert von Streithofen und Traismauer	506	59.000
Tullnerfeld, Städte	Tullnerfeld	Gemeinden über 10.000 Ew.		Mittelwert von Krems, Stockerau, Tulln	155	62.000
Nördliches Alpenvorland, Ostteil, Kleinstädte	Nördliches Alpenvorland	Gemeinden mit 10.000–30.000 Ew. außer BR Linz	östlich von 14° 20'	Amstetten	85	34.000
Nördliches Alpenvorland, Westteil, Kleinstädte	Nördliches Alpenvorland	Gemeinden mit 10.000–30.000 Ew. außer BR Linz	westlich von 14° 20'	Mittelwert von Braunau und Vöcklabruck	99	66.000
Steyr		Steyr		Steyr	27	40.000
Wels		Wels		Wels	46	57.000

Region	topografisch-klimatische Region	Bevölkerung	weitere Kriterien	repräsentative PM ₁₀ -Messstellen	Fläche (km ²)	Bevölkerung
St. Pölten		St. Pölten		St. Pölten Eybnerstraße	108	49.000
BR Linz		BR Linz		Mittelwert von Linz Stadtpark, Traun	265	267.000
Stadt Salzburg		Stadt Salzburg		Mittelwert von Salzburg Lehener Park und Mirabellplatz	66	144.000
Böhmische Masse, ländlich	Böhmische Masse	Gemeinden unter 10.000 Ew.		Heidenreichstein	6.713	345.000
Böhmische Masse, Städte	Böhmische Masse	Gemeinden über 10.000 Ew.		Krems	275	16.000
Hausruck & Flachgau, ländlich	Hausruck & Flachgau	Gemeinden unter 5.000 Ew		Enzenkirchen	1.155	105.000
Hausruck & Flachgau, Kleinstädte	Hausruck & Flachgau	Gemeinden über 5.000 Ew		Lenzing	225	48.000
Südöstliches Alpenvorland, ländlich	Südöstliches Alpenvorland	Gemeinden unter 2.000 Ew.		Klöch	1.843	126.000
Südöstliches Alpenvorland, „günstige“ Ausbreitungsbedingungen, Kleinstädte	Südöstliches Alpenvorland	Gemeinden über 2.000 Ew. außer BR Graz	Gebiete günstiger Ausbreitungsbedingungen	Mittelwert von Oberschützen, Deutschlandsberg	2.436	254.000
Südöstliches Alpenvorland, ungünstige Ausbreitungsbedingungen, Kleinstädte	Südöstliches Alpenvorland	Gemeinden über 2.000 Ew. außer BR Graz	Gebiete mäßig ungünstiger Ausbreitungsbedingungen	Mittelwert von Fürstenfeld, Hartberg, Köflach, Voitsberg, Weiz	446	99.000
Südöstliches Alpenvorland, sehr ungünstige Ausbreitungsbedingungen, Kleinstädte	Südöstliches Alpenvorland	Gemeinden über 2.000 Ew. außer BR Graz	Gebiete sehr ungünstiger Ausbreitungsbedingungen	Leibnitz	285	56.000
BR Graz		BR Graz	unter 400 m, CORINE Landcover (CLC) 1.1.1.	Graz Mitte Gries + 5 µg/m ³	6	58.000
BR Graz		BR Graz	unter 400 m, nördl. 47° 04' 50“, ohne CLC 1.1.1.	Graz Nord	14	40.000
BR Graz		BR Graz	unter 400 m, zwischen 47° 03' 15“ und 47° 04' 50“, ohne CLC 1.1.1.	Mittelwert von Graz Mitte Gries, Graz West	27	112.000

Region	topografisch-klimatische Region	Bevölkerung	weitere Kriterien	repräsentative PM ₁₀ -Messstellen	Fläche (km ²)	Bevölkerung
BR Graz		BR Graz	unter 400 m, südl. 47° 03' 15", ohne CLC 1.1.1.	Graz Süd	67	48.000
BR Graz		BR Graz	über 400 m	Graz Lustbühel	83	37.000
Nordalpen, Haupttäler, ländlich	Nordalpen	Gemeinden unter 5.000 Ew	Salzburg, Tirol: Haupttäler (siehe Kapitel Nordalpine Täler)	Wörgl – 4 µg/m ³	825	200.000
Nordalpen Täler (ohne Haupttäler), ländlich	Nordalpen	Gemeinden unter 5.000 Ew	Ausgenommen Haupttäler (siehe Kapitel Nordalpine Täler)	Heiterwang	4.276	475.000
Nordalpen, Täler, NÖ, OÖ, Kleinstädte	Nordalpen	Gemeinden über 5.000 Ew.	Niederösterreich, Oberösterreich	Bad Ischl	255	81.000
Nordalpen, Täler, S, Kleinstädte	Nordalpen	Gemeinden über 5.000 Ew.	Salzburg (ausg. Haupttäler)	Zell am See	146	39.000
Nordalpen, Täler, St, Kleinstädte	Nordalpen	Gemeinden über 5.000 Ew.	Steiermark	Liezen	215	23.000
Nordalpen, Täler, T, Kleinstädte	Nordalpen	Gemeinden 5000 bis 20.000 Ew.	Tirol ohne Kufstein, Ebbs, Reutte	Wörgl	306	175.000
Innsbruck, Täler	Nordalpen	Innsbruck		Innsbruck Zentrum	39	112.000
Nordalpen, Kleinstädte am Alpenrand	Nordalpen	Kufstein, Ebbs, Reutte		Kufstein	40	25.000
Nordalpen, Täler, V, Kleinstädte	Nordalpen	Bludenz		Bludenz	59	32.000
Rheintal, nicht Stadtzentren	Rheintal		Nicht CLC 1.1.1	Lustenau Wiesenrain	281	214.000
Rheintal, Stadtzentren	Rheintal		CLC 1.1.1	Dornbirn Stadtstraße	1	10.000
Nordalpen, Berggebiete	Nordalpen	Berggebiete		Zöbelboden	24.116	355.000
Südalpen, Täler, ländlich	Südalpen	Gemeinden unter 5.000 Ew.		Mittelwert von Zederhaus und Obervellach	2.832	258.000
Südalpen, Täler St, ohne mittleres Murtal, Kleinstädte	Südalpen	Gemeinden über 5.000 Ew	Steiermark, ausgenommen Murtal unterhalb von Zeltweg, Mürztal unterhalb von Kapfenberg	Mittelwert von Judenburg, Mürzzuschlag	3.258	74.000

Region	topografisch-klimatische Region	Bevölkerung	weitere Kriterien	repräsentative PM ₁₀ -Messstellen	Fläche (km ²)	Bevölkerung
Südalpen, Täler, K, S, T, Kleinstädte	Südalpen	Gemeinden über 5.000 Ew	Kärnten, Salzburg, Osttirol	Mittelwert von Arnoldstein, Spittal a.d.D., Tamsweg	306	66.000
Südalpen, mittleres Murtal, Kleinstädte	Südalpen	Gemeinden über 5.000 Ew	Murtal unterhalb von Zeltweg, Mürztal unterhalb von Kapfenberg	Mittelwert von Bruck a.d.M., Gratwein, Kapfenberg, Knittelfeld, Leoben Zentrum, Zeltweg	261	109.000
Südalpen westl. des Mur- und Mürztals, Berggebiete	Südalpen		Westlich des Mur- und Mürztals	Vorhegg	13.897	66.000
Südalpen östl. des Mur- und Mürztals sowie Bucklige Welt und Semmeringgebiet, Berggebiete	Südalpen, Bucklige Welt		östlich des Mur- und Mürztals	Masenberg	1.443	53.000
Klagenfurter Becken, ländlich	Klagenfurter Becken	Gemeinden unter 5.000 Ew.		Mittelwert von Zederhaus, Obervellach	1.045	96.000
Klagenfurter Becken, Städte	Klagenfurter Becken	Gemeinden über 5.000 Ew.		Mittelwert von Ebenthal, Klagenfurt Sterneckstr. und Villach	730	228.000
Lavanttal, ländlich	Lavanttal	Gemeinden unter 5.000 Ew.		St. Georgen	81	8000
Lavanttal, Kleinstädte	Lavanttal	Gemeinden über 5.000 Ew.		Mittelwert von St. Andrä, Wolfsberg	133	32.000

CORINE Landcover 1.1.1: durchgängig städtische Prägung. (CORINE: Coordination of Information on the Environment, siehe http://www.umweltbundesamt.at/rp_corine/)

Aus rechentechnischen Gründen wird bei der Umsetzung die ländliche Hintergrundkonzentration (Gemeinden unter 10.000 Ew) in der repräsentativen Fläche „Nördliches außeralpines Flach- und Hügelland (Pannonische Ebene, Weinviertel, Nördliches Alpenvorland)“ nicht durch Interpolation entlang der geografischen Länge ermittelt; die Implementierung eines Interpolationsverfahrens im Geographischen Informationssystem wäre zu aufwändig.

Die Interpolation wird durch die Aufteilung dieses Gebietes in insgesamt sieben Teilflächen entlang der geografischen Länge ersetzt. In diesen Teilflächen wird die PM₁₀-Konzentration zwischen Enzenkirchen und Pillersdorf bzw. Pillersdorf und Illmitz interpoliert. Damit entsteht eine treppenartige Konzentrationsverteilung entlang der geografischen Länge.

3.5 Bestimmung der flächenhaften PM_{2,5}-Konzentration

Nachdem in Österreich etwa dreimal so viele PM₁₀-Messstellen mit längeren Messreihen als PM_{2,5}-Messstellen vorhanden sind, wird die flächenhafte PM_{2,5}-Belastung aus der nach dem o. g. Modell bestimmten flächenhaften PM₁₀-Belastung mittels PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis bestimmt.

**PM_{2,5}/PM₁₀-
Verhältnis**

In Hinblick auf die Unsicherheiten der PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse, die aus den örtlich und zeitlich unterschiedlichen Messmethoden resultieren, und die mitunter schwankenden PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse werden nur gravimetrisch bestimmte PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse herangezogen.

Diese sind räumlich und zeitlich relativ einheitlich. Langfristig zeichnet sich eine leichte Abnahme des PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisses ab.

Die PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse der städtischen Hintergrundmessstellen lassen kein regelmäßiges Muster erkennen.

In Hinblick auf die schmale Datenbasis abgesicherter PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse werden für ländliche sowie für städtische Hintergrundmessstellen jeweils einheitlich PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse für ganz Österreich angewandt.

Für den ländlichen Hintergrund wird das PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis von Illmitz herangezogen.

Für den städtischen Hintergrund wird der Mittelwert der PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse von Wels, Linz Stadtpark, Graz Nord, Graz Süd, Innsbruck Zentrum und Wien AKH eingesetzt.

Damit ergeben sich die in Tabelle 2 angegebenen mittleren PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse für ländliche und städtische Hintergrundmessstellen.

Tabelle 2: Mittleres PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis für ländliche und städtische Hintergrundmessstellen. Quelle: Umweltbundesamt und Ämter der Landesregierungen.

	Mittleres PM _{2,5} /PM ₁₀ -Verhältnis											
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ländlich	80 %	80 %	77 %	80 %	76 %	79 %	76 %	75 %	74 %	73 %	74 %	77 %
städtisch	76 %	73 %	72 %	72 %	71 %	74 %	72 %	74 %	74 %	70 %	70 %	72 %

4 BERECHNUNG DER MITTLEREN ÖSTERREICHWEITEN EXPOSITION

4.1 Flächenhafte Konzentrationsverteilung

Mit dem o. g. Verfahren wurden Konzentrationsverteilungen für PM_{10} und $PM_{2,5}$ für die Jahre 2005 bis 2016 ermittelt.

Aus der flächenhaften Konzentrationsverteilung zeigt sich, dass die stärksten Rückgänge zwischen 2005 und 2016 in den inneralpinen städtischen Gebieten (v. a. Kärnten, Tirol, Vorarlberg), die geringsten in den nördlichen außeralpinen (städtischen wie ländlichen) Gebieten aufgetreten sind.

höchste Belastungen

Die höchsten Belastungen treten in allen Jahren im BR Graz (v. a. in dessen Süden) und im Murtal südlich von Graz auf, gefolgt von Wien, den Kleinstädten im Südöstlichen Alpenvorland und den Städten im Lavanttal.

Konzentrations-sprünge

Die Zuordnung der PM_{10} - bzw. $PM_{2,5}$ -Konzentration zu den repräsentativen Flächen der PM_{10} -Messstellen führt zu teilweise sprunghaften Änderungen der Konzentration an den Flächengrenzen.

Während diese zwischen den verschiedenen ländlichen und auch städtischen Gebieten im außeralpinen Raum relativ gering ausfallen, treten an den Grenzen zwischen dem außeralpinen Flach- und Hügelland bzw. den alpinen Tälern einerseits und den Berggebieten andererseits Konzentrationssprünge auf. Besonders hoch sind diese dort, wo Städte in Gebieten mit sehr ungünstigen Ausbreitungsbedingungen – etwa im Lavanttal, im Voitsberger Becken oder im Grazer Becken – direkt an Berggebiete angrenzen.

Ein Grund für diese Sprünge ist die Annahme einer horizontal wie vertikal einheitlichen Konzentration in den Berggebieten, die ihrerseits eine Folge der sehr schmalen Datenlage in den Berggebieten ist. Den gesamten Berggebieten nördlich des Alpenhauptkammes wird die am Zöbelboden gemessene PM_{10} -Konzentration zugeordnet, den Berggebieten südlich des Alpenhauptkammes jene von Vorhegg bzw. Masenberg. Frühere temporäre Messungen deuten sowohl nördlich als auch südlich des Alpenhauptkammes auf einen West-Ost-Gradienten und natürlich auf einen Vertikalgradienten hin, doch ermöglicht das derzeitige PM-Messnetz nicht, diese im Modell für die Expositionsbestimmung abzubilden.

Auf die Expositionsrechnung hat diese vergrößerte Berücksichtigung der PM-Konzentrationsverteilung in den Berggebieten nur geringe Auswirkungen, da ihre Bevölkerungsdichte im Großteil Österreichs niedrig ist. Die größten Unsicherheiten sind in Berggebieten, v. a. im Umfeld von Wien, Graz oder Innsbruck, zu erwarten, die eine relativ hohe Bevölkerungsdichte aufweisen.

Auffällig sind starke Konzentrationsunterschiede zwischen ländlichen und städtischen Gebieten im Klagenfurter Becken. Diese resultieren teilweise aus dem Fehlen von Daten für die ländliche PM-Belastung im Klagenfurter Becken und aufgrund der Schwierigkeiten, diese anhand von anderen Messstellen abzuschätzen (siehe Kapitel Klagenfurter Becken).

4.2 Exposition

Die Bestimmung der bevölkerungsgewichteten Exposition der österreichischen Bevölkerung erfolgt durch Multiplikation der PM₁₀- bzw. PM_{2,5}-Belastung der einzelnen in Tabelle 1 angeführten Flächen mit der jeweiligen Bevölkerungszahl und anschließende Division durch die Gesamtbevölkerung Österreichs. Für alle Jahre wird einheitlich die Bevölkerung des Jahres 2009 herangezogen (gerasterte Bevölkerungsdaten für ein aktuelleres Jahr liegen aus Kostengründen am Umweltbundesamt nicht vor).

Damit ergibt sich die in Tabelle 3 angeführte mittlere Exposition der österreichischen Bevölkerung durch PM₁₀ und PM_{2,5}.

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der mittleren PM₁₀- und PM_{2,5}-Exposition, der PM_{2,5}-Emissionen Österreichs sowie der über 61 durchgehend betriebenen Messstellen gemittelten PM₁₀-Konzentration von 2005 bis 2016. Die mittlere PM₁₀- und PM_{2,5}-Exposition verläuft weitgehend parallel, infolge jährlich leicht variierender PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse allerdings nicht völlig.

Ähnlich wie die für Trenddarstellungen über alle durchgehend verfügbaren Messstellen ausgewertete PM₁₀-Konzentration nimmt die Exposition über den untersuchten Zeitraum ungleichmäßig ab, das Maximum trat 2006 auf, das Minimum 2016. Der Rückgang der über 61 Messstellen gemittelten PM₁₀-Konzentration fällt allerdings stärker aus als jener der Exposition. Dies liegt u. a. daran, dass Messstellen mit starker Abnahme der PM₁₀-Belastung, die überwiegend in Kärnten, Tirol und Vorarlberg liegen, vergleichsweise wenig zur bevölkerungsgewichteten Exposition beitragen (für welche Messstellen in Wien, im nördlichen außeralpinen ländlichen Raum und im BR Linz stärker beitragen).

Analog zur mittleren PM₁₀-Konzentration nimmt die Exposition stärker ab als die österreichischen PM-Emissionen. Abgesehen von den Emissionen wird die langfristige Entwicklung der PM-Belastung und der Exposition von grenzüberschreitendem Schadstofftransport und den meteorologischen Bedingungen beeinflusst, beide Faktoren führten seit 2006 zu einer deutlichen Verringerung der PM-Belastung.

mittlere Exposition (µg/m ³)		
	PM ₁₀	PM _{2,5}
2005	24,8	19,3
2006	25,3	19,2
2007	21,2	15,7
2008	20,3	15,3
2009	20,7	15,1
2010	22,1	16,8
2011	22,0	16,1
2012	19,3	14,3
2013	19,4	14,3
2014	17,4	12,4
2015	17,4	12,4
2016	15,5	11,5

Berechnungs- methodik

Rückgang der PM₁₀-Konzentration

Tabelle 3:
Mittlere Exposition der
Österreichischen
Bevölkerung durch PM₁₀
und PM_{2,5}, 2005 bis
2016 (µg/m³).

Abbildung 3:
Entwicklung der
PM₁₀- und PM_{2,5}-
Exposition und der über
61 Messstellen
gemittelten
PM₁₀-Konzentration,
2005–2016 sowie der
PM_{2,5}-Emissionen
Österreichs 2005–2015.
Quelle:
Umweltbundesamt.

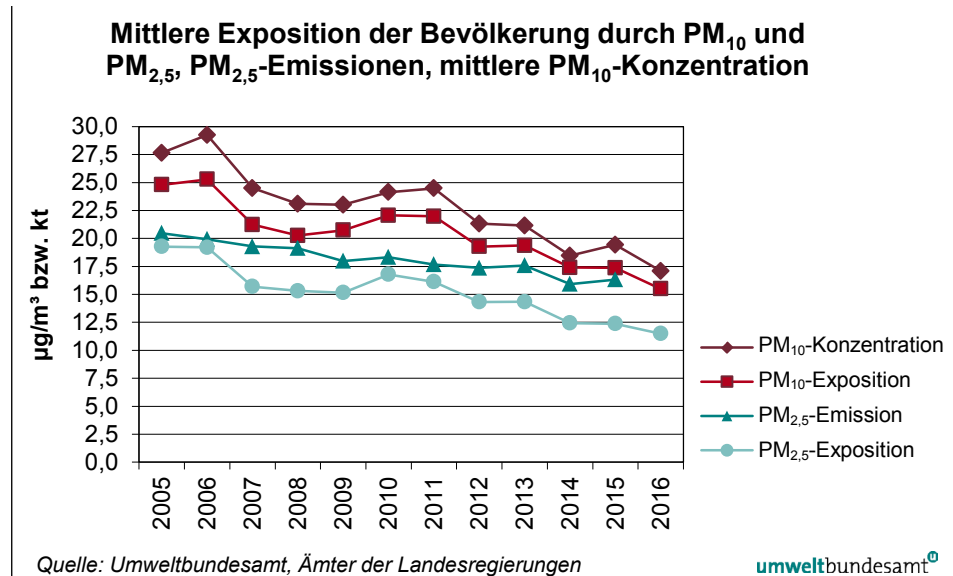
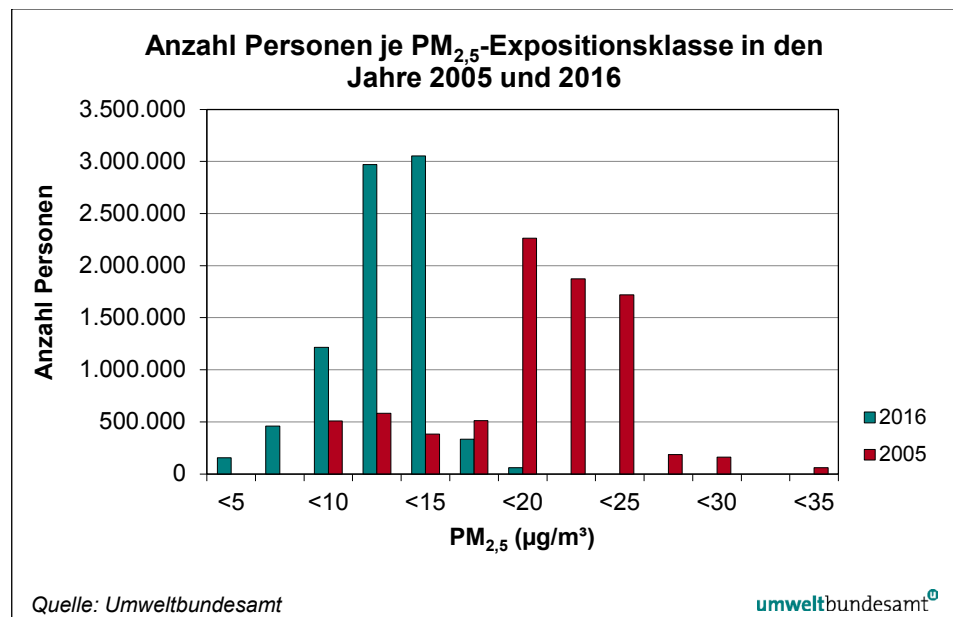


Abbildung 4 zeigt, dass 2005 der Großteil der Bevölkerung Österreichs einer Exposition zwischen 17,5 µg/m³ und 25,0 µg/m³ ausgesetzt war. Der seitdem erfolgte Rückgang der Belastung führt dazu, dass die Exposition des Großteils der Bevölkerung 2016 zwischen 7,5 µg/m³ und 15 µg/m³ liegt.

Abbildung 4:
Bevölkerungsverteilung
in Abhängigkeit von der
PM_{2,5}-Exposition, 2005
und 2016. Quelle:
Umweltbundesamt.



Die OECD gibt bei dem „Better Life Index“⁹ für Österreich eine mittlere PM_{2,5}-Belastung von 14,9 µg/m³ für 2013 an (OECD 2015). Dieser Wert stimmt gut mit dem in dieser Studie ermittelten Wert von 14,3 µg/m³ überein (siehe Tabelle 3).

⁹ <http://www.oecdbetterlifeindex.org/topics/environment/>

Berücksichtigt man nur die fünf AEI-Messstellen¹⁰ (Wien AKH, Graz Nord, Linz Stadtpark, Salzburg Lehener Park und Innsbruck Zentrum), so umfassen deren repräsentative Flächen insgesamt 26 % der österreichischen Bevölkerung (in Graz nur einen kleinen Teil des Ballungsraumes). Ihre mittlere PM_{2,5}-Exposition liegt in allen Jahren um ca. 15 % über der mittleren PM_{2,5}-Exposition für ganz Österreich.

¹⁰ Anforderungen an den Average Exposure Indicator:

Der Indikator für die durchschnittliche Exposition (AEI — Average Exposure Indicator) ist ein anhand von Messungen an Messstationen für den städtischen Hintergrund im gesamten Hoheitsgebiet eines Mitgliedstaats ermittelter Durchschnittswert für die Exposition der Bevölkerung. Er dient der Berechnung des nationalen Ziels für die Reduzierung der Exposition und der Berechnung der Verpflichtung in Bezug auf die Expositionskonzentration (Art. 2 (20) der Luftqualitätsrichtlinie; <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:02008L0050-20150918&from=DE>);

Für diesen Zweck ist eine Probenahmestelle pro Million Einwohner für Ballungsräume und weitere städtische Gebiete mit mehr als 100.000 Einwohnern vorzusehen (Anhang V B der Luftqualitätsrichtlinie).

5 VORGANGSWEISE ZUR JÄHRLICHEN AKTUALISIERUNG

Die jährliche Aktualisierung erfolgt durch das Einsetzen der PM_{10} -Jahresmittelwerte sowie des mittleren $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisses des jeweiligen Jahres an den für das Modell verwendeten Messstellen in die Excel-Tabelle, die für die Expositionsrechnung entwickelt wurde.

Voraussetzung ist das durchgehende Bestehen der verwendeten Messstellen. Sollten die ausgewählten Messstellen verlegt/aufgelassen werden, sind Anpassungen in der Modellkonfiguration unmittelbar erforderlich.

Aktualisierungsschritte

In einem Zeitintervall von fünf Jahren sind folgende Aktualisierungsschritte folgender Input-Parameter vorgesehen:

- Aktualisierung der Bevölkerungsdaten, soweit verfügbar;
- Anpassungen der verwendeten Messstellen, falls die aktuell implementierten Messstellen verlegt/aufgelassen wurden oder ihre Eignung für das Expositionsmodell infolge des Wechsels der Messmethode in Frage steht;
- Prüfung der Einbeziehung zusätzlicher PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Messstellen für die Bestimmung des $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisses;
- Evaluierung der repräsentativen Flächen für PM_{10} in Hinblick auf eingetretene Änderungen der Konzentrationsverteilung, u. U. auch in Hinblick auf Veränderungen im PM-Messnetz;
- die mögliche Einbindung der PM_{10} - und/oder $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerte aus dem ZAMG-Modell (und ggf. weiteren Modellrechnungen).

6 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DAS MESSNETZ

6.1 PM₁₀- und PM_{2,5}-Messstellen, die für das Expositionsmodell benötigt werden

Für die Bestimmung der Exposition der Bevölkerung Österreichs in künftigen Jahren ist der langfristige Betrieb jener Messstellen, deren PM₁₀- und PM_{2,5}-Messdaten als Grundlage für die Beurteilung der Exposition verwendet werden, notwendig.

Die Bestimmung der Exposition ist mit dem in diesem Projekt entwickelten Modell insbesondere dann nur eingeschränkt möglich, wenn Messstellen nicht mehr zur Verfügung stehen, welche die einzigen in „ihrer“ repräsentativen Fläche sind (diese Messstellen sind in Tabelle 4 zusammengestellt).

Die Messungen von PM₁₀ an den regionalen Hintergrundmessstellen Enzenkirchen, Pillersdorf und Illmitz sind eine Voraussetzung, um durch West-Ost-Interpolation die ländliche Hintergrundbelastung im nördlichen außeralpinen Gebiet zu bestimmen.¹¹

langfristiger Betrieb von Messstellen

notwendige Messstellen

Hintergrundmessstellen

Gebiet	einzigste Messstelle in ihrem repräsentativen Gebiet
Wien, Klosterneuburg – über 280 m	Wien Schafberg
Nördliches Alpenvorland östlich von Linz, Städte mit 10.000–30.000 Ew.	Amstetten
Steyr	Steyr
Wels	Wels
St. Pölten	St. Pölten
Böhmische Masse, ländliches Gebiet	Heidenreichstein
Böhmische Masse, Städte > 10.000 Ew.	Krems
Hausruck und Flachgau, Städte > 5.000 Ew.	Lenzing
Südöstliches Alpenvorland, ländlich	Klöch
Unteres Murtal, Kleinstädte	Leibnitz
Graz, nördlicher Teil – unter 400 m	Graz Nord
BR Graz, südlicher Teil – unter 400 m	Graz Süd
BR Graz – über 400 m	Graz Lustbüchel
Nordalpine Haupttäler mit hohen Emissionen	Wörgl
Nordalpine Täler mit geringen Emissionen, ländlich	Heiterwang
Täler in Niederösterreich und Oberösterreich, Städte > 5.000 Ew.	Bad Ischl
Nordalpine Täler in Salzburg, Städte > 5.000 Ew.	Zell a.S.
Nordalpine Täler in der Steiermark, Städte > 5.000 Ew.	Liezen
Nordtirol, Kleinstädte am Alpenrand	Kufstein
Täler in Vorarlberg, Städte > 5.000 Ew.	Bludenz
Rheintal, ländliche und Stadtrandgebiete	Lustenau Wiesenrain
Rheintal, Stadtzentren	Dornbirn Stadtstraße
Nordalpine Berggebiete	Zöbelboden
Südalpine Berggebiete	Vorhegg
Berggebiete am Alpenostrand	Masenberg

Tabelle 4: PM₁₀-Messstellen, die für das Expositionsmodell benötigt werden.

¹¹ Dieses Gebiet hat eine Bevölkerung von 1.395.000 Ew. und ist somit für die Ermittlung der Exposition der Österreichischen Bevölkerung sehr relevant.

Die Berechnung der PM_{2,5}- aus der PM₁₀-Konzentration stützt sich ausschließlich auf Messstellen, an denen beide Fraktionen durchgehend mit der gravimetrischen Methode bestimmt werden; dies sind eine ländliche Messstelle (Illmitz) und sechs städtische Messstellen (Wels, Linz Stadtpark, Graz Nord, Graz Süd, Innsbruck Zentrum und Wien AKH).

Die Messung sowohl von PM₁₀ als auch von PM_{2,5} mittels der gravimetrischen Methode an diesen Messstellen ist für das Modell zur Bestimmung der Exposition unabdingbar.

Tabelle 5 stellt jene repräsentativen Gebiete zusammen, welche die relativ größten Beiträge (ab 4 %) zur kumulativen Exposition (Bevölkerung multipliziert mit PM₁₀-Konzentration) für PM₁₀ im Jahr 2016 ausmachen. Sie unterstreicht, in welchen Teilen Österreichs für die Bevölkerung flächendeckend repräsentative und messtechnisch belastbare PM₁₀- und PM_{2,5}-Messdaten von besonderer Bedeutung sind.

Tabelle 5: Gebiete mit den größten Beiträgen zur kumulativen Exposition (PM₁₀, 2016).

Gebiet	Anteil Bevölkerung	Anteil kumulative Exposition
Wien (inkl. Klosterneuburg, Schwechat) (unterhalb 280 m)	19 %	23 %
Nördliches außeralpines Flach- und Hügelland – ländlich	17 %	17 %
Nordalpine Täler (ohne Haupttäler) – ländlich	6 %	4 %
Böhmische Masse – ländlich	4 %	4 %
BR Linz	3 %	4 %
Südöstliches Alpenvorland („günstige“ Ausbreitungsbedingungen) – Kleinstädte	3 %	4 %

6.2 Datenqualität PM₁₀

keine eindeutige Beurteilung möglich

Die vorliegenden Messdaten erlauben in einigen Gebieten Österreichs keine eindeutige Beurteilung der PM₁₀-Belastung für den Zweck dieser Studie. Dies betrifft insbesondere die repräsentativen Gebiete folgender Standorttypen:

1. ländliche Gebiete: Pinzgau und Pongau, Ennstal und Alpentäler Nieder- und Oberösterreichs (ca. 350.000 Ew.),
2. ländliche Gebiete: Inntal unterhalb von Landeck (ca. 150.000 Ew.),
3. ländliche Gebiete: Klagenfurter Becken (95.000 Ew.),
4. ländliche Gebiete: oberes Murtal (ca. 60.000 Ew.),
5. städtische Gebiete: Weinviertel, Waldviertel und Mühlviertel (ca. 60.000 Ew.),
6. das zentrale Stadtgebiet von Graz (ca. 60.000 Ew.).

Für die genannten Gebiete wurden die Ergebnisse von aufgelassenen bzw. temporären Messstellen mit bestehenden Messungen abgeglichen und damit wurde die Belastung dieser Gebiete an bestehende Messstellen „angebunden“ (ExpertInnenschätzung). Auch wenn dadurch eine gewisse Unsicherheit der

Belastung in den jeweiligen Gebieten gegeben ist, kann davon ausgegangen werden, dass die durchschnittliche Belastung der österreichischen Bevölkerung robust wiedergegeben wird.

Die Datenqualität könnte verbessert werden, indem in den angesprochenen Gebieten temporäre Messungen durchgeführt werden. Dadurch ließe sich feststellen, ob bestehende PM₁₀-Messstellen für diese Regionen repräsentativ sind bzw. ob die Belastung dieser Regionen um einen bestimmten Betrag von der an bestehenden Messstellen gemessenen Konzentration abweicht.

6.3 Datenqualität PM_{2,5}

In Hinblick auf die höhere Datenqualität, die mit der Bestimmung des PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisses aus den gravimetrischen PM_{2,5}- und PM₁₀-Daten verbunden ist, wird in der vorliegenden Studie die Berechnung der mittleren PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse ausschließlich mittels der entsprechenden Messstellen bestimmt.

Geeignete Messreihen liegen derzeit für die ländliche Hintergrundmessstelle Illmitz, für je eine städtische Hintergrundmessstelle in Wien, Linz, Wels und Innsbruck sowie für zwei städtische Hintergrundmessstellen in Graz vor.

Die gravimetrischen PM_{2,5}- und PM₁₀-Messstellen decken allerdings einige in Hinblick auf die Bevölkerungszahl expositionsrelevante Gebiete nicht ab:

- Den ländlichen Raum im Norden Österreichs,¹²
- den ländlichen Raum in den nordalpinen Tälern,
- den ländlichen Raum in den südalpinen Tälern,
- Kleinstädte in Niederösterreich,
- Kleinstädte im Südöstlichen Alpenvorland.¹³

Für Salzburg¹⁴ und Klagenfurt liegen keine gravimetrischen PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse vor.

Die gravimetrisch bestimmten PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse sind räumlich relativ einheitlich. Die Aussagekraft der damit errechneten Ergebnisse wird daher als hoch eingeschätzt.¹⁵

**nicht erfasste
Gebiete**

¹² Gravimetrische PM_{2,5}-Messung in Enzenkirchen (mit Probenahme allerdings nur jeden dritten Tag) ab 2013. Die parallele gravimetrische PM_{2,5}- und PM₁₀-Messung sollte jedenfalls auch in Zukunft erfolgen und könnte die Einbeziehung dieser Messstelle in den Datensatz zur Bestimmung der ländlichen PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse ermöglichen.

¹³ Die Messreihen mit MetOne BAM ab 2015 bzw. 2016 in Voitsberg und Weiz zeigen unrealistisch niedrige PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse um 55 %.

¹⁴ Die mit gravimetrischen PM_{2,5}-Werten und mittels Sharp 5030 erhobenen PM₁₀-Werten gebildeten PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse an der Messstelle Salzburg Lehener Park sind jenen gravimetrischer Messdaten aus anderen Städten sehr ähnlich. Salzburg Lehener Park könnte daher nach einer weiteren Evaluierung mit der derzeitigen Messgeräteausstattung in die Bestimmung des mittleren städtischen PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisses einbezogen werden.

7 LITERATURVERZEICHNIS

- AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG (2016): Köberl., W. & Schopper, A.: Mobile Luftgütemessungen Bad Radkersburg 18.08.2014–30.06.2015. Bericht Nr. Lu-11-2016. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- BAUER, H.; KASPER-GIEBL, A.; JANKOWSKI, N.; POURESMAEIL, P.; RAMIREZ-SANTA CRUZ, C.; SCHMIDL, C.; SAMPAIO CORDEIRO WAGNER, L. & PUXBAUM, H. (2010): Untersuchung der BaP Quellen in Zederhaus. Technische Universität, Wien.
- FLANDORFER, C. & HIRTL, M. (2015): Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2015. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 2015/UM/003125.
- GRELL, G. A.; PECKHAM, S.E.; SCHMITZ, R.; MCKEEN, S.A.; FROST, G.; SKAMAROCK, W.S. & EDER, B. (2005): Fully coupled 'online' chemistry in the WRF model. Atmos. Environ. 39: 6957–6976.
- HIRTL, M. & FLANDORFER, C. (2014): Evaluierung der Ozonvorhersagen für den Sommer 2014. Berichte der ZAMG für das Amt der NÖ Landesregierung, die Wiener Umweltschutzabteilung – MA 22, das Amt der Burgenländischen Landesregierung. Zahl ZAMG: 2013/UM/003204.
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2015): Green growth headline indicators: population exposure to fine particles: proposed methodology and preliminary results for OECD and G20 countries. ENV/EPOC/WPEI(2015)5/REV1.
- UMWELTBUNDESAMT (2005): Schneider, J. et al.: Abschätzung der Gesundheitsauswirkungen von Schwebstaub in Österreich. Reports, Bd. REP-0020. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2007): Spangl, W.; Schneider, J.; Moosmann, L. & Nagl, C.: Representativeness and classification of air quality monitoring stations – final report. Service contract to the European Commission – DG Environment Contract No. 07.0402/2005/419392/MAR/C1. Reports, Bd. REP-0121. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2009): Winter, B.; Nagl, C.; Spangl, W.; Fröhlich, M.; Freudenschuß, A.; Zethner, G.; Riss, A.; Weiss, P.; Sonderegger, G.; Schilling, C.; Humer, F.; Moser, G.; Tesar, M.; Weinguny, R.; Reisinger, H.; Ortner, R.; Ibesich, N.; Kolesar, C.; Aschauer, A. & Öttl, D.: Medienübergreifende Umweltkontrolle in ausgewählten Gebieten. Hirsdorf. Reports, Bd. REP-0219. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2016): Spangl, W. & Nagl, C.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2015. Reports, Bd. REP-0562. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2016a): Spangl, W.: Luftgütemessstellen in Österreich. Stand Jänner 2016. Reports, Bd. REP-0564. Umweltbundesamt, Wien.

¹⁵ Dennoch wird angemerkt, dass temporäre parallele gravimetrische PM₁₀- und PM_{2,5}-Messungen in den o. g. Gebieten die Feststellung erlauben würden, ob die verwendeten PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse auch für diese Gebiete repräsentativ sind.

VISSCHEDIJK, A.J.H.; ZANDVELD, P.Y.J. & DENIER VAN DER GON, H.A.C. (2007): A High Resolution Gridded European Emission Database for the EU Integrate Project GEMS. TNO-report 2007-A-R0233/B.

Rechtsnormen und Leitlinien

Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L; BGBl. I 115/1997 i. d. g. F.): Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden.

Luftqualitätsrichtlinie (RL 2008/50/EG): Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. ABI. Nr. L 152/1.

Messkonzept-Verordnung zum IG-L (MKV; BGBl. II 358/1998 i. d. g. F.): Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über das Messkonzept zum Immissionsschutzgesetz-Luft.

ANHANG A: VERWENDETE DATEN

Auswahl der Messstellen

Für das Modell zur Bestimmung der Exposition werden PM₁₀-Messstellen ausgewählt, die

1. den Großteil der Periode ab 2005 abdecken und deren zukünftiger Betrieb langfristig gewährleistet ist;
2. eindeutig für den – städtischen oder ländlichen Hintergrund – repräsentativ sind.

Für die Abgrenzung der repräsentativen Flächen werden zusätzlich auch Hintergrundmessstellen herangezogen, die mittlerweile aufgelassen wurden oder nur temporär in Betrieb waren. Alle in diese Studie einbezogenen PM₁₀-Hintergrundmessstellen sind in Tabelle 6 angegeben.

Datenqualität & Plausibilität

Grundsätzlich entsprechen alle vorliegenden PM_{2,5}- und PM₁₀-Daten den technischen Anforderungen an die Datenqualität gemäß IG-L. Allerdings zeigen sich an mehreren PM_{2,5}- und PM₁₀-Messstellen sprunghafte Veränderungen des Konzentrationsniveaus oder des PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisses von einem Jahr zum nächsten, die nicht mit externen Einflussfaktoren wie Emissionen oder Meteorologie interpretierbar sind. Dies stellt einen Hinweis auf technische Probleme dar und legt in mehreren Fällen nahe, Daten einer bestimmten Messstelle bzw. eines bestimmten Jahres nicht für die Expositionsbestimmung heranzuziehen.

Nachdem alle Messdaten die Datenqualitätsziele gemäß IG-L erfüllen, stützt sich diese Entscheidung auf eine Prüfung der Plausibilität im räumlichen und zeitlichen Kontext. Generell zeigen die PM₁₀-Messdaten in Österreich ein gut interpretierbares räumliches Belastungsbild mit höheren Konzentrationen in größeren Städten, in Gebieten mit ungünstigeren Ausbreitungsbedingungen und in Regionen mit hohen Beiträgen grenzüberschreitenden Schadstofftransports. Alle Messstellen zeigen über die Jahre hinweg relativ einheitliche Veränderungen.

Gründe für Abweichungen

Wenn die Jahresmittelwerte einzelner Messstellen in einzelnen Jahren nicht mit diesem Belastungsbild übereinstimmen, wird geprüft, ob dies auf einen der folgenden Faktoren zurückgeführt werden kann:

- Veränderung der lokalen Emissionssituation;
- Wechsel der Messmethode;
- Wechsel der Korrektur- bzw. Äquivalenzfunktion;
- Ausfälle der Messung, die zwar das Verfügbarkeitskriterium für die Bildung eines Jahresmittelwertes nicht verletzen, aber zu Verzerrungen des Jahresmittelwertes führen (kritisch sind v. a. Ausfälle während besonders niedrig oder hoch belasteter Zeiträume);
- messtechnische Probleme.

nicht berücksichtigte Messstellen

In Hinblick sowohl auf die unklare Repräsentativität („Stadtrandmessstellen“) als auch auf messtechnische Probleme werden die Messstellen Bad Vöslau, Gänserndorf, Himberg, Kematen, Mistelbach, Stixneusiedl, Ziersdorf und Wien Lobau nicht für die Bestimmung der Exposition verwendet. Die repräsentativen Flächen dieser Messstellen überschneiden sich zum Großteil mit jenen der re-

gionalen Hintergrundmessstellen, an denen die mit der gravimetrischen Referenzmethode erfassten Daten eine belastbarere Datengrundlage darstellen.

Weitere, möglicherweise industriell beeinflusste Messstellen, werden in Anhang B diskutiert.

Wegen Baustellen in der Nähe werden die Daten von Wien Belgradplatz: 2010–2011 und Zederhaus 2014 nicht verwendet.

An den für die Bestimmung der Exposition verwendeten Messstellen lassen sich – im räumlichen und zeitlichen Kontext – Zeiträume mit unplausibel hoher oder niedriger Belastung identifizieren. Diese Veränderungen stehen meist mit einem Wechsel der eingesetzten Messmethode in Verbindung. Daher werden folgende Datensätze nicht für die Expositionsbestimmung verwendet:

nicht berücksichtigte Daten

- nicht äquivalente FH62I-R, Überschätzung: Eisenstadt: 2005–2008;
- nicht äquivalente FH62I-R, Unterschätzung: Bad Ischl: 2005;
- nicht äquivalente TEOM-FDMS, Unterschätzung: Hainburg: 2007–2008;
- äquivalente FH62I-R, Überschätzung: Wien Floridsdorf: 2010–2012, Wien Gaudenzdorf: 2010–2011, Wien Kandlerstraße: 2011.

Aus Plausibilitätsgründen werden einzelne Jahresmittelwerte, die im räumlichen und zeitlichen Kontext auffällig hoch oder niedrig sind, ohne dass eine konkrete Ursache eruiert werden konnte, nicht berücksichtigt:

- Obervellach: 2012 niedrig;
- Amstetten: 2014 niedrig;
- Heidenreichstein: 2005 hoch;
- Krems: 2012 niedrig;
- Mödling: 2009 niedrig; 2012 hoch; 2014 niedrig;
- Schwechat: 2012 niedrig;
- Wiener Neustadt: 2013 niedrig;
- Grünbach: 2006 niedrig, 2009 hoch;
- Traun: 2013 hoch;
- Wien Stadlau: 2006 hoch;
- Wien Floridsdorf: 2016 niedrig.

PM₁₀- und PM_{2,5}-Jahresmittelwerte

Tabelle 6 gibt die Jahresmittelwerte aller österreichischen PM₁₀-Messstellen für den Zeitraum 2005–2015 an. Die eingesetzten Messmethoden sind farblich codiert dargestellt.

Fett angegeben sind jene Messstellen, die für die Bestimmung der Exposition herangezogen werden.

Rot angegeben sind Jahresmittelwerte, die aufgrund einer methodischen Bereinigung für die Expositionsbestimmung nicht berücksichtigt werden.

Tabelle 6: PM_{10} -Jahresmittelwerte an den österreichischen Messstellen 2005–2016 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Fett dargestellt: Messstellen, die für die Bestimmung der Exposition herangezogen werden. Rot dargestellt: nicht berücksichtigte Jahresmittelwerte. Quelle: Umweltbundesamt und Ämter der Landesregierungen.

Zone	Messstelle	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
B	Eisenstadt	30,0	31,9	25,0	23,5	22,4	25,5	27,1	22,6	23,6	21,1	21,4	19,4
B	Illmitz	26,7	25,6	20,8	20,8	21,8	23,8	24,4	20,1	20,7	19,9	19,6	16,8
B	Kittsee	29,6	28,4	24,3	22,3	23,2	24,3	27,9	24,3	23,9	24,2	24,3	21,6
B	Oberschützen					22,7	24,8	26,1	21,8	22,4	22,0	22,7	19,0
B	Oberwart		27,0	24,0									
K	Arnoldstein Kugi/Gailitz	20,3	20,7	17,1	15,9	15,9	15,4	16,5	14,7	14,2	11,2	13,2	12,0
K	Ebenthal Zell				26,3	27,4	25,6	26,6	23,8	20,3	17,4	21,3	21,0
K	Klagenfurt Koschatstr.	25,9	29,5	23,4	20,3	20,0	22,9						
K	Klagenfurt Sterneckstr.							26,6	20,4	22,8	16,7	20,2	18,0
K	Obervellach Schulzentrum			15,5	15,7	15,7	14,8	16,4	16,2	13,3	10,0	11,5	9,7
K	Spittal a.d.Drau			20,4	19,0	19,4	18,5	23,5	20,3	20,4	17,6	21,0	17,1
K	St. Andrä i.L. Volksschule			20,6	26,0	26,1	27,8	28,0	25,0	24,0	19,9	25,0	20,5
K	St. Georgen im Lavanttal			20,6	17,9	18,2	18,7	19,9	17,0	16,8	12,5	14,5	13,0
K	St. Veit a. d. Glan Hbf.					23,2	23,5	24,5	22,2	21,8	17,3	20,9	17,5
K	Vorhegg	10,0	10,0	8,5	7,9	8,7	9,0	9,3	9,5	7,3	6,5	6,6	6,4
K	Wolfsberg Hauptschule	35,1	40,5	32,3	29,7	28,3	30,0	30,6	26,3	25,7	19,9	23,8	20,7
N	Amstetten	29,5	28,7	27,0	26,1	23,8		25,8	22,0	21,6	19,3	20,5	17,3
N	Bad Vöslau, Gainfarn					17,6	21,7	22,4	18,5	18,1	16,6	18,1	17,4
N	Forsthof	17,3		17,5									
N	Gänserndorf					24,0	25,5	26,4	22,8	20,7	19,3	20,2	19,2
N	Glinzendorf	30,1	28,4	28,1	26,4								
N	Haidershofen					20,1	21,4	20,1	18,7	18,4	16,7	15,1	
N	Hainburg	28,0	29,2	27,0	27,8	26,8	28,0	28,4	24,4	23,1	20,9	21,6	20,2
N	Heidenreichstein	23,1	20,8	17,5	17,5	18,4	18,1	18,5	14,8	12,0	11,5	14,0	13,7
N	Himberg	27,9	28,0	19,1	22,8	24,9	29,5	29,6	25,2	23,4	19,6	18,7	18,7
N	Kematen						23,3	23,0	21,3	18,6	17,2	16,1	14,6
N	Klosterneuburg Wisentg.	25,1	25,3	23,4	24,5	24,2	25,3						

	Gravimetrie
	Gravimetrie und Grimm
	TEOM-FDMS äquivalent
	TEOM-FDMS nicht äquivalent
	TEOM nicht äquivalent
	MetOne BAM (äquivalent)
	FH62I-R nicht äquivalent
	FH62I-R äquivalent
	Sharp 5030 (äquivalent)
	TEOM-FDMS äquivalent und Grav.
	FH62I-R nicht äqui. u. TEOM nicht äqui.
	Grimm EDM180 (äquivalent)
	TEOM-FDMS (äqui.) u. Grimm (äqui.)
	FH62I-R (n. äqui.) u. Grimm (äqui.)
	TEOM (nicht äqui.) u. MetOne BAM (äqui.)
	Gravimetrie u. MetOne BAM (äqui.)
	FH62I-R (äqui.) u. MetOne BAM (äqui.)

Zone	Messstelle	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
N	Krems Sportplatz	23,3		20,5	22,9	23,6	24,8	28,8	27,5	23,6	22,2	21,6	17,0
N	Mistelbach Steinhübel	26,8	25,6	22,3	24,8	23,8	26,2	25,4	23,0	21,1	19,5	19,7	18,9
N	Mödling	28,9	27,7	21,1	22,1	19,5	23,9	24,8	23,7	20,5	15,8	19,5	19,8
N	Neusiedl im Tullnerfeld				26,7	26,3	26,4	25,1	23,0	23,0	20,0	20,0	
N	Pillersdorf bei Retz	26,6	26,1	20,1	20,3	20,7	22,9	21,8	19,5	21,2	19,9	16,5	15,3
N	Pöchlarn	26,6	27,3	23,3									
N	Purkersdorf	29,7	26,6	19,4	18,4	15,3	14,6	20,4					
N	Schwechat Sportplatz	31,4	29,7	27,0	26,1	25,2	28,5	26,7	22,6	22,7	22,5	21,1	18,1
N	St. Pölten Eybnerstraße	29,2	28,6	25,9	26,0	25,0	27,5	28,9	25,6	22,2	21,0	19,2	17,2
N	Stixneusiedl	24,7	22,5	18,8	17,5	22,6	25,9	25,5		21,5	18,7	19,2	18,0
N	Stockerau West		29,0					28,0	23,7	25,1	23,6	22,4	19,8
N	Streithofen im Tullnerfeld				23,9	23,2	26,1	22,3	18,0	20,4	20,1	19,2	14,1
N	Traismauer				28,6	28,3	28,5	26,4	19,8	21,6	21,7	21,1	14,5
N	Trasdorf im Tullnerfeld				27,4	27,1	25,8	27,8	19,0	21,0	22,0	22,0	
N	Tulln Leopoldgasse				25,1	24,7	26,1	25,7	20,0	22,3	21,0	19,4	19,2
N	Wiener Neustadt	28,3	30,2	23,8	23,0	21,4	22,0	23,3	21,1	18,0	17,7	20,9	21,3
N	Wolkersdorf					22,2	24,1	26,1	22,8				
N	Ziersdorf					21,8	24,4	24,7	20,7	20,5	20,4	19,0	18,2
N	Zwentendorf				25,9	27,0	27,8	23,7					
O	Bad Ischl	19,1	23,7	21,2	21,0	16,8	21,1	17,4	14,5	16,4	12,9	13,1	12,1
O	Braunau Zentrum	25,4	25,6	22,7	20,3	21,4	23,4	23,2	19,7	21,1	18,1	17,6	17,0
O	Enzenkirchen im Sauwald	22,0	22,1	19,0	17,4	17,9	20,0	18,8	16,4	16,3	16,0	14,6	14,2
O	Gosau										11,4		
O	Grünbach bei Freistadt	13,3	8,9	11,6	13,4	19,0	14,6	13,3	12,7	12,5	11,1	12,1	12,2
O	Lenzing	22,7	24,6	19,9	19,7		23,7	23,0	19,2	21,1	18,2	17,6	16,7
O	Steyr Mönichholz	21,9	23,8	19,3	18,5	19,2	21,8	21,0	18,8	19,6	17,9	17,1	15,6
O	Vöcklabruck	22,9	25,2	20,3	21,7	17,2	21,2	22,6	21,3	19,6	18,2	17,5	16,4
O	Wels Linzerstraße	27,4	29,2	24,1	23,9	23,9	26,2	25,5	22,5	22,8	21,4	20,6	18,6
O	Zöbelboden	11,1	10,0	9,8	8,6	8,8	9,3	11,3	11,1	9,4	8,1	7,7	6,9

Zone	Messstelle	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
O-L	Asten Blumensiedlung							24,1	22,0	20,9	20,7	19,0	
O-L	Linz Stadtpark					25,2	25,1	25,4	22,1	23,0	21,6	21,5	18,8
O-L	Traun	26,9	29,0	23,6	23,2	23,7	25,8	24,4	21,8	25,0	20,8	20,9	18,6
S	Salzburg Lehen Fasane- riestr.	24,8	29,1										
S	Salzburg Lehener Park			20,6	19,9	20,0	21,0	21,5	17,5	20,9	14,9	15,7	14,5
S	Salzburg Mirabellplatz	25,4	26,1	22,1	23,0	23,7	22,9	21,6	18,0	20,0	15,5	16,1	13,9
S	Tamsweg	20,0	20,0	17,1	15,9	17,0	19,1	18,6	14,5	17,3	15,1	15,8	14,2
S	Zederhaus	16,7	18,6	16,1	15,9	15,5	15,2	15,2	13,7	14,3	18,0	15,3	13,1
S	Zell am See										10,2	12,8	12,1
St	Arnfels							10,9	11,5				
St	Bockberg											20,2	17,6
St	Bruck a. d. Mur Flurgasse	27,7	28,6	22,6	24,3	24,3	25,9	28,8	24,9	23,9	22,3	24,5	20,7
St	Deutschlandsberg		28,8	25,8	20,6	22,0	23,2	23,8	20,3	22,2	18,1	19,4	17,9
St	Fürstenfeld			26,1	24,3	25,4	27,9	28,5	27,5	25,6	23,7	25,0	21,2
St	Gratwein	29,6							21,9	21,5	20,1	20,0	16,4
St	Hartberg Wieseng.	34,3	31,0	28,2	26,5	26,3							
St	Hartberg Zentrum						25,6	27,0	24,7	23,6	22,3	23,6	21,4
St	Judenburg	22,2	24,4	20,5	20,3	20,4	19,6	21,4	19,2	17,1	14,1	15,6	13,6
St	Judendorf Süd			28,0	27,0	27,0	25,2	29,4	24,2	23,6	23,3	24,8	22,9
St	Kapfenberg			27,6	27,1	25,8	26,3	27,9	23,0	17,6	16,7	16,8	14,3
St	Klöch			20,2	19,4	19,4	20,8	21,4	19,2	17,8	18,0	18,3	16,2
St	Knittelfeld Parkstraße	29,8	31,1	26,6	25,0	24,4	25,3	27,6	22,4	21,3	16,6	18,9	16,3
St	Köflach	31,9	34,6	29,6	29,6	29,7	30,2	30,7	24,0	26,4	23,1	26,4	24,8
St	Leibnitz			30,4	28,8	28,2	30,6	35,1	29,9	30,2	28,3	29,0	22,2
St	Leoben Donawitz	29,4	33,2	24,3	21,6	21,2	22,8	22,3	20,1	18,8	17,2	19,3	16,1
St	Leoben Göss		28,3	23,6	23,5	23,3	23,0	23,4	20,3	20,2	18,8	17,0	15,9
St	Leoben Zentrum		33,5	28,3	27,3	26,1	26,8	27,4	23,3	22,0	21,0	23,7	20,5
St	Liezen	25,3	26,9	23,3	22,0	21,2	21,8	22,0	16,8	20,2	13,7	15,4	12,9

Zone	Messstelle	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
St	Masenberg	15,4	15,8	16,3	14,1	13,3	13,2	14,0	13,3	13,4	11,3	10,7	8,8
St	Mürzzuschlag		25,4	19,5	18,3	22,7	21,9	19,3	17,0	17,2	15,8	18,7	15,8
St	Niklasdorf	24,8	25,9	22,7	23,5	21,5	23,6	26,4	22,4	22,5			
St	Peggau	34,8	35,3	31,8	30,9	30,0	29,4	30,5	24,6	18,3	22,8	23,7	20,8
St	Pöls Ost		16,2	14,1	12,9	15,6							
St	Straßengel Kirche			22,5	21,3	23,8	24,5						
St	Voitsberg Mühlgasse	32,3	34,2	29,4	27,9		29,5	30,4	25,2	23,6	21,4	25,3	22,0
St	Weiz	36,0	36,8	29,4	26,0	27,4	31,5	31,1	25,6	25,5	23,7	22,5	19,4
St	Zeltweg		30,9	26,0	24,1	24,4	23,3	27,1	22,1	21,4	16,7	19,4	17,4
St-G	Graz Lustbühel							21,8	19,0	18,6	16,4	18,3	15,0
St-G	Graz Mitte Gries						26,4	31,7	26,8	25,3	21,6	25,1	22,9
St-G	Graz Mitte Landhausg.	43,0	45,0	36,3	34,4	33,0							
St-G	Graz Nord	32,6	35,4	29,7	27,5	23,5	24,9	25,0	20,7	21,2	19,1	20,9	18,5
St-G	Graz Platte			19,1	18,0								
St-G	Graz Süd Tiergartenweg	39,1	40,2	35,7	32,7	31,3	33,7	32,9	28,3	26,7	24,2	27,5	24,0
St-G	Graz West			30,4	28,8	29,9	27,4	30,8	25,7	25,2	24,4	24,0	22,9
T	Heiterwang Ort							14,6	13,8	13,1	10,7	11,6	10,2
T	Innsbruck Reichenau	30,9	35,3	28,6	23,8	24,4	23,6	25,3	22,6	21,2	16,1	18,6	17,9
T	Innsbruck Zentrum	29,4	31,6	25,3	21,8	22,7	22,1	23,1	20,8	20,0	15,2	17,4	16,2
T	Kramsach Angerberg					15,4	16,4						
T	Kufstein Zentrum	20,1	22,2	18,9	16,9	18,1	18,9	19,8	17,7	17,4	12,8	14,5	11,1
T	Ried im Zillertal					17,8		17,5					
T	Wörgl Stelzhamerstraße	25,7	27,8	24,8	22,7	21,4	21,5	21,8	20,4	20,1	16,1	17,8	14,1
V	Bludenz Herrengasse	22,9	25,8	21,4	18,8	19,0	18,7	19,2	16,9	17,6	13,6	16,1	14,4
V	Dornbirn Stadtstraße	27,5	29,1	25,6	20,7	20,9	21,7	20,8	19,0	19,0	15,3	17,0	15,3
V	Lustenau Wiesenrain	25,0	25,7	21,6	20,8	20,0	21,1	20,7	18,1	18,6	15,2	16,8	15,0
W	AKH	30,4	30,7	23,9	23,5	25,7	28,2	26,7	23,2	23,6	21,8	20,8	18,3
W	Belgradplatz	31,9	32,4	26,1	25,1	27,1	37,6	33,9	27,3	27,3	22,6	21,3	18,4
W	Floridsdorf	29,1	29,3	24,1	22,5	25,4	30,7	31,3	27,5	26,4	22,8	21,1	17,7

Zone	Messstelle	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
W	Gaudenzdorf	27,6	28,5	23,4	24,1	25,5	30,7	30,5	25,6	26,5	23,0	21,8	19,4
W	Kaiser-Ebersdorf	28,9	29,1	24,5	23,2	25,0	30,4	29,4	22,6	24,3	23,5	20,4	20,3
W	Kendlerstraße	30,3	31,1	25,8	25,4	26,2	27,9	30,4	26,5	26,6	22,4	21,9	19,0
W	Laaer Berg	28,3	29,2	21,5	20,8	24,1	29,2	28,0	23,7	25,3	22,2	19,6	18,4
W	Liesing - Carlberggasse											20,3	18,9
W	Liesing – An den Steinfeldern	34,4	34,3	28,5	26,8	29,2	31,1	31,6	27,3	27,9	22,9		
W	Lobau	23,8	24,5	20,3	17,8	20,8	25,9	25,8	20,3	22,1	18,8	17,4	14,9
W	Schafberg	25,8	25,9	20,3	20,1	22,2	25,0	24,5	21,4	22,1	20,9	18,6	16,4
W	Stadlau	32,0	34,9	26,7	25,2	27,0	28,7	28,3	24,8	24,6	24,0	21,4	18,5

Tabelle 7: $PM_{2,5}$ -Jahresmittelwerte an den österreichischen Messstellen 2005–2016 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$). Fett dargestellt: Gravimetrische Messung. Quelle: Umweltbundesamt und Ämter der Landesregierungen.

BL	Station	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
B	Eisenstadt (Grav.)									18,9	16,5	14,6	
B	Eisenstadt (kont.)									18,9	16,7	14,9	13,4
B	Illmitz am Neusiedler See	22,0	21,9	16,2	16,4	17,1	19,3	19,3	15,1	15,9	15,1	14,7	13,2
K	Klagenfurt Koschatstr.			18,1	16,4	14,8	18,2						
K	Klagenfurt Sterneckerstr.							19,4	14,7	12,6	10,9	14,6	11,8
K	Wolfsberg Hauptschule									19,0	15,9	19,2	15,5
N	Glinzendorf									17,6	13,0	14,8	10,7
N	Haidershofen						16,9	15,9					
N	Pillersdorf bei Retz								14,2	15,5	15,1	12,9	12,5
N	Schwechat Sportplatz							15,4	15,1		14,6	16,3	12,9
N	St. Pölten Eybnerstraße (kont.)					17,5	19,3	20,4	17,3	17,6	14,9	14,0	12,5
N	St. Pölten Eybnerstraße (Grav.)								15,9	17,4	15,9	13,9	
N	Zwentendorf								14,8	18,7	14,4	14,5	13,5
O	Bad Ischl							12,2	10,5	11,6	8,3	9,3	8,7

	Gravimetrie
	Sharp 5030
	Gravimetrie u. Sharp 5030
	TEOM-FDMS äquivalent
	Grimm EDM180 äquivalent
	Gravimetrie u Grimm (äqui.)
	TEOM-FDMS (äqui.) u Grimm (äqui.)
	MetOne BAM (äquivalent)

BL	Station	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
O	Braunau Zentrum											12,5	12,0
O	Enzenkirchen (Grav.)									13,8	13,0	11,4	12,9
O	Enzenkirchen (kont.)								13,8	14,7	13,3	12,7	10,6
O	Gosau										6,8		
O	Grünbach bei Freistadt						10,9	9,6	8,7	9,2	7,5	9,1	8,9
O	Lenzing											11,5	11,7
O	Steyr Mönichholz									14,8	12,9	11,8	10,7
O	Vöcklabruck									15,3	13,2	12,3	12,1
O	Wels Linzerstraße				17,8	16,7	21,0	19,2	16,7	17,6	15,9	15,2	13,6
O	Zöbelboden										6,9	7,4	5,3
O-L	Asten Blumensiedlung									16,5	15,3	13,5	
O-L	Linz Stadtpark (Grav.)					16,8	20,5	18,8	16,7	17,4	15,8	15,4	14,0
O-L	Linz Stadtpark (kont.)						18,2	16,5	13,8	14,8	14,1	12,7	12,7
O-L	Traun											15,2	13,5
S	Salzburg Lehen				14,3	15,7	16,4	14,1	12,7	14,6	10,4	11,2	10,0
S	Zell am See										6,3	9,0	8,4
St	Leibnitz											19,9	15,3
St	Voitsberg Mühlgasse											14,7	13,1
St	Weiz												11,5
St-G	Graz Nord					17,1	18,8	20,0	16,0	16,8	14,3	15,4	13,6
St-G	Graz Süd Tiergartenweg			25,4	23,6	22,7	24,4	25,1	21,4	20,6	17,6	19,8	17,5
T	Innsbruck Zentrum			18,3	15,6	16,5	16,1	16,2	14,7	14,4	10,2	12,6	11,0
V	Dornbirn Stadtstraße									13,0	9,7	11,4	10,7
V	Lustenau Wiesenrain									14,0	11,2	12,2	11,1
W	AKH (Grav.)	24,0	23,2	17,8	17,4	18,9	20,7	20,0	16,9	17,8	16,2	15,2	13,6
W	AKH (kont.)									17,5	15,5	15,6	14,3
W	Kendlerstraße							19,9	16,8	17,7	15,7	14,1	13,5
W	Lobau							17,4	14,3	15,2	13,4	12,8	11,5
W	Stadlau							20,2	18,1	18,8	16,8	14,6	13,8

Tabelle 8: $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis, Jahresmittelwerte an den österreichischen Messstellen 2005–2016 (%).Fett dargestellt: Messstellen, die zur Bestimmung des $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisses für die Expositionsberechnung herangezogen werden. Quelle:

Umweltbundesamt und Ämter der Landesregierungen.

BL	Station	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
B	Eisenstadt									71 %	76 %	68 %	
B	Eisenstadt									70 %	66 %	63 %	67 %
B	Illmitz am Neusiedler See	80 %	80 %	77 %	80 %	76 %	79 %	76 %	75 %	74 %	73 %	74 %	77 %
K	Klagenfurt Koschatstr.			79 %	80 %	69 %	77 %						
K	Klagenfurt Sterneckstr.							71 %	69 %	49 %	63 %	74 %	60 %
K	Wolfsberg Hauptschule									70 %	82 %	84 %	72 %
N	Haidershofen						77 %	77 %					
N	Pillersdorf bei Retz								73 %	71 %	76 %	74 %	81 %
N	Pillersdorf bei Retz								70 %	73 %	76 %	70 %	80 %
N	Schwechat Sportplatz								65 %		60 %	74 %	70 %
N	Schwechat Sportplatz								64 %		61 %	76 %	
N	St. Pölten Eybnerstraße					68 %	71 %	64 %	65 %	72 %	67 %	72 %	72 %
N	St. Pölten Eybnerstraße								60 %	81 %	74 %	75 %	
O	Bad Ischl							63 %	72 %	62 %	56 %	69 %	71 %
O	Braunau Zentrum											65 %	64 %
O	Enzenkirchen im Sauwald									80 %	77 %	77 %	75 %
O	Enzenkirchen im Sauwald								75 %	74 %	75 %	76 %	74 %
O	Gosau										52 %		
O	Grünbach bei Freistadt						68 %	66 %	69 %	64 %	60 %	76 %	75 %
O	Lenzing											71 %	75 %
O	Steyr Münchenholz									65 %	64 %	62 %	61 %
O	Vöcklabruck									69 %	65 %	64 %	65 %
O	Wels Linzerstraße				74 %	66 %	77 %	72 %	72 %	75 %	72 %	66 %	72 %
O	Zöbelboden										77 %	77 %	79 %

	$PM_{2,5}$	PM_{10}
	Gravimetrie	Gravimetrie
	Grav. u. Sharp	Gravimetrie
	Gravimetrie	Sharp 5030
	Sharp 5030	Sharp 5030
	Sharp 5030	Gravimetrie
	Grav. u Sharp	Sharp 5030
	Grimm EDM180	Grimm EDM180
	Grimm EDM180	Gravimetrie
	Gravimetrie	Grimm EDM180
	TEOM-FDMS	TEOM-FDMS
	TEOM-FDMS u. Grimm	TEOM-FDMS u. Grimm
	Gravimetrie	TEOM-FDMS
	Gravimetrie	TEOM-FDMS u. Grimm
	Gravimetrie	TEOM-FDMS u. Grav.
	Gravimetrie	TEOM (nicht äqui.)
	MetOne BAM	MetOne BAM
	Gravimetrie	Grav. u. MetOne BAM
	Gravimetrie	FH62I-R äquivalent
	Gravimetrie	FH62I-R (äq.) u. Grimm
	Sharp 5030	Grimm EDM180

BL	Station	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
O-L	Asten Blumensiedlung									72 %	68 %	65 %	
O-L	Linz Stadtpark					63 %	79 %	72 %	74 %	73 %	73 %	71 %	74 %
O-L	Linz Stadtpark						69 %	67 %	64 %	62 %	66 %	65 %	64 %
O-L	Traun											67 %	66 %
S	Salzburg Lehen				76 %	76 %	75 %	66 %	73 %	68 %	70 %	71 %	70 %
S	Zell am See										60 %	69 %	67 %
St	Leibnitz											65 %	65 %
St	Voitsberg Mühlgasse											55 %	55 %
St	Weiz												56 %
St-G	Graz Nord					72 %	73 %	72 %	77 %	77 %	73 %	73 %	72 %
St-G	Graz Süd Tiergartenweg			70 %	71 %	72 %	71 %	72 %	76 %	76 %	71 %	71 %	71 %
T	Innsbruck Zentrum			72 %	72 %	72 %	72 %	69 %	71 %	71 %	67 %	69 %	68 %
V	Dornbirn Stadtstraße										62 %	65 %	68 %
V	Lustenau Wiesenrain										73 %	70 %	72 %
W	AKH	76 %	73 %	73 %	73 %	71 %	70 %	73 %	73 %	72 %	72 %	71 %	73 %
W	AKH									72 %	70 %	74 %	78 %
W	Kendlerstraße							62 %	62 %	67 %	65 %	65 %	70 %
W	Kendlerstraße										67 %	64 %	
W	Lobau							62 %	65 %	69 %		70 %	
W	Stadlau							69 %	73 %	72 %	67 %	67 %	74 %

Methodenbeschreibung Chemisches Transportmodell WRF-Chem der ZAMG

tägliche Luftqualitäts- vorhersagen

Das online gekoppelte chemische Transportmodell WRF-Chem (GRELL et al. 2005) wird an der ZAMG für die täglichen Luftqualitätsvorhersagen verwendet. Die Meteorologie wird gleichzeitig mit den Emissionen, der Turbulenz, dem Transport und den Umwandlungsprozessen der chemischen Substanzen simuliert. Die Modellierung wird an der ZAMG auf zwei Gebieten durchgeführt: Das Hauptgitter überdeckt Europa sowie Nordafrika und hat eine räumliche Auflösung von 12 km, das genestete Gebiet liegt über Österreich und wird mit einer räumlichen Auflösung von 4 km gerechnet. Für die meteorologischen Anfangs- und Randbedingungen werden ECMWF-Vorhersagen¹⁶ verwendet.

Daten versch. Emissionskataster

Die anthropogenen Emissionen werden aus verschiedenen Emissionskatastern generiert. Für die österreichischen Emissionen werden die Emissionskataster der Landesregierungen herangezogen. Die europäischen Emissionen stammen aus dem TNO Emissionskataster¹⁷ (VISSCHEDIJK et al. 2007). Die Emissionen außerhalb Europas werden aus dem EMEP Emissionskataster¹⁸ genommen. Die Emissionsinventare liefern Emissionsdaten auf verschiedenen Gittern bzw. auf Gemeinde-/Wahlsprengelenebene. Mit einem Emissionsdatenaufbereitungstool, welches in Kooperation mit der BOKU (Universität für Bodenkultur Wien) entwickelt wurde, werden die verschiedenen Emissionsdaten auf das Modellgitter gebracht. Da die Emissionsdaten nur als Jahresemissionen vorliegen, müssen diese noch zeitlich disaggregiert werden. Den Emissionsdaten werden Jahres-/Monats-/Wochen- und Tagesgänge aufgeprägt, um schlussendlich stündliche Emissionsdaten zu erhalten. Die verwendeten Daten stellen daher nur eine Abschätzung der tatsächlichen Emissionen dar und können z. B. außergewöhnliche kurzfristige Emissionssituationen nicht berücksichtigen. Im Allgemeinen können mit diesen Emissionsdaten jedoch die großräumigen Schadstoffverteilungen räumlich und zeitlich qualitativ sehr gut reproduziert werden (Berichte der ZAMG zur Evaluierung der Ozonvorhersagen, HIRTL & FLANDORFER, 2014 bzw. FLANDORFER & HIRTL 2015).

Die biogenen Emissionen werden durch die meteorologischen Gegebenheiten und Landnutzungsdaten durch das Modell MEGAN bestimmt.

¹⁶ www.ecmwf.int

¹⁷ www.tno.nl

¹⁸ www.ceip.at

ANHANG B: DISKUSSION DER REPRÄSENTATIVITÄT DER PM₁₀-MESSSTELLEN

In Anhang B werden die Grundlagen für die Abgrenzung repräsentativer Flächen und die Zuordnung der PM₁₀-Messstellen zu repräsentativen Flächen (siehe Kapitel 3.4) dargestellt.

Anhang B ist nach den in Kapitel 3 angeführten topografischen Regionen strukturiert. In den einzelnen Kapiteln des Anhangs werden die Kriterien für die Auswahl repräsentativer Messstellen hinsichtlich der Abgrenzung repräsentativer Flächen anhand der Bevölkerungsverteilung, der Seehöhe, unterschiedlicher Ausbreitungsbedingungen oder des Einflusses spezieller Emissionen beschrieben. Auch werden Gebiete diskutiert, die nicht durch repräsentative Flächen der Messstellen abgedeckt werden.

Pannonische Ebene, Weinviertel, Nördliches Alpenvorland

Aufgrund der Höhe der PM₁₀-Konzentration im nördlichen außeralpinen Raum werden der ländliche Raum, die Kleinstädte und die Ballungsräume (Wien, Linz) als unterschiedliche repräsentative Flächen unterschieden.

Die unterschiedliche PM₁₀-Konzentration in den Kleinstädten erfordert die Abgrenzung repräsentativer Flächen für verschiedene Städte bzw. Gruppen von Städten.

Ländlicher Hintergrund

In Hinblick auf die Höhe und die räumliche Verteilung der PM₁₀-Belastung stellt der nördliche außeralpine Raum vom oberösterreichischen Alpenvorland bis zur Pannonischen Ebene ein einheitliches Gebiet mit einem West-Ost-Gradienten der regionalen Hintergrundbelastung dar.

Nicht zu diesem Gebiet gehört das Tullnerfeld, das eine höhere ländliche Hintergrundbelastung aufweist (siehe Kapitel Tullnerfeld).

Im Nördlichen Alpenvorland, im Weinviertel und in der Pannonischen Ebene stehen als gravimetrische PM₁₀-Hintergrundmessstellen Enzenkirchen (13,76° Ost, 48,39° Nord), Haidershofen (14,49° Ost, 48,08° Nord; nur 2009–2015), Pillersdorf (15,94° Ost, 48,72° Nord) und Illmitz (16,77° Ost, 47,77° Nord) zur Verfügung.

Zusammen mit den Messwerten weiterer ländlicher und dörflicher Messstellen, die mit kontinuierlichen PM₁₀-Messgeräten betrieben werden, geben die Daten der regionalen Hintergrundmessstellen das Bild einer gleichmäßig einheitlichen Konzentrationsverteilung mit einem West-Ost-Gradienten im Nördlichen Alpenvorland, im Weinviertel und in der Pannonischen Ebene.

Im Mittel über die Jahre 2009 bis 2015 weicht der Mittelwert von Enzenkirchen und Pillersdorf von der an der etwa in der Mitte gelegenen Messstelle Haidershofen gemessenen Konzentration um 0,1 µg/m³ ab; die Differenz variiert in den

***einheitliche
Konzentrations-
verteilung***

einzelnen Jahren zwischen + 0,8 µg/m³ (2009, 2012) und – 1,3 µg/m³ (2014). Daher erscheint die lineare Interpolation in West-Ost-Richtung auch ohne Berücksichtigung der Messstelle Haidershofen gerechtfertigt.

Für die Bestimmung der flächenhaften regionalen Hintergrundkonzentration wird daher in West-Ost-Richtung zwischen den Hintergrundmessstellen Enzenkirchen, Pillersdorf und Illmitz linear interpoliert. In Nord-Süd-Richtung wird von einer konstanten Konzentrationsverteilung ausgegangen, diese weist auch keine Höhenabhängigkeit auf.

Aus GIS-technischen Gründen erweist sich die Implementierung eines Interpolationsalgorithmus als schwierig, sodass für die praktische Anwendung eine „stufenförmige“ Konzentrationsverteilung verwendet wird.

Der Längensbereich zwischen Enzenkirchen und Illmitz wird mit Grenzen bei 13,95°, 14,51°, 15,07°, 15,63°, 16,15° und 16,57° (östlicher Länge) in fünf Teilbereiche mit gleicher Ausdehnung in West-Ost-Richtung aufgegliedert:

- Dem Teilbereich westlich 13,95° Ost wird der PM₁₀-Messwert von Enzenkirchen zugeordnet;
- die PM₁₀-Konzentration der drei Teilbereiche zwischen 13,95° und 15,63° Ost wird durch lineare Interpolation zwischen Enzenkirchen und Pillersdorf ermittelt;
- dem Teilbereich zwischen 15,63° und 16,15° Ost wird der PM₁₀-Messwert von Pillersdorf zugeordnet;
- dem Teilbereich zwischen 16,15° und 16,57° Ost wird der Mittelwert der PM₁₀-Messwert von Pillersdorf und Illmitz zugeordnet;
- dem Teilbereich östlich von 16,57° Ost wird der PM₁₀-Messwert von Illmitz zugeordnet.

Kleinstädte

repräsentative Gebiete

Aufgrund der Höhe der PM₁₀-Konzentration werden im nördlichen außeralpinen Flach- und Hügelland (exkl. Tullnerfeld) folgende repräsentative Gebiete für unterschiedlich belastete städtische Hintergrundmessstellen unterschieden:

- „Ballungsraum“ Wien,
- Ballungsraum Linz,
- Nordburgenland, Wiener Becken und Weinviertel,
- St. Pölten,
- Steyr,
- Wels,
- Kleinstädte zwischen Wien und Linz,
- Kleinstädte westlich von Linz.

Die Abgrenzung zwischen dem ländlichen Raum und den Kleinstädten erfolgt pragmatisch bei einer Bevölkerung von 10.000 Ew. pro Gemeinde. Dies ist u. a. dadurch motiviert, dass PM₁₀-Messstellen überwiegend in „größeren“ Kleinstädten mit mehr als 10.000 Ew. situiert sind. In kleineren Städten liegt kaum Information über die Höhe der PM₁₀-Belastung vor; die Messungen in Himberg und Gänserndorf deuten darauf hin, dass sich die PM₁₀-Belastung dieser Kleinstädte kaum vom ländlichen Hintergrund unterscheidet.

Als repräsentativ für die Kleinstädte im Nordburgenland, Wiener Becken und Weinviertel werden Eisenstadt, Mödling und Wiener Neustadt als städtische Hintergrundmessstellen herangezogen. Diese Messstellen werden ausgewählt, weil sie

städtische Hintergrundmessstellen

- in Hinblick auf ihre Lage unzweifelhaft für Kleinstädte repräsentativ sind (was im Fall der „halbländlichen“ Messstellen Bad Vöslau, Gänserndorf oder Mistelbach nicht der Fall ist) und
- ein räumlich ähnliches Konzentrationsniveau aufweisen.

Außerhalb der repräsentativen Fläche dieser kleinstädtischen Messstellen liegt Schwechat, wo eine höhere Belastung als an den kleinstädtischen Messstellen auftritt. Die Differenz beträgt im Mittel 2009–2015 gegenüber Mödling 3,5 µg/m³, gegenüber Eisenstadt 1,3 µg/m³ und gegenüber Wiener Neustadt 3,6 µg/m³.

Die PM₁₀-Belastung in Schwechat liegt um 0,8 µg/m³ unter dem Mittelwert der Wiener städtischen Hintergrundmessstellen (ohne Lobau, Belgradplatz und Schafberg) bzw. 0,1 µg/m³ unter Wien AKH. Daher wird die Stadt Schwechat als Teil der repräsentativen Fläche des städtischen Hintergrundes in Wien behandelt.

Zur Beurteilung der Hintergrundbelastung in Klosterneuburg steht nur bis 2010 die Messstelle Wisentgasse (200 m, Friedhof) zur Verfügung. Berücksichtigt man die äquivalenten TEOM-Daten (ab 2007), so lag die Belastung in Klosterneuburg Wisentgasse um 2,1 µg/m³ unter jener von Schwechat, um 3,1 µg/m³ über jener von Mödling, um 1,2 µg/m³ über jener von Wien Schafberg und um 2,2 µg/m³ unter jener von Wien AKH. Somit dürfte die PM₁₀-Belastung in Klosterneuburg Wisentgasse jener von Wien Schafberg am ähnlichsten sein. Daher wird die Stadt Klosterneuburg den (höhenmäßig abgegrenzten) repräsentativen Flächen von Wien zugeordnet (siehe Kapitel Wien).

Die Konzentrationsunterschiede der mittleren Städte im westlichen Niederösterreich und östlichen Oberösterreich deuten darauf hin, dass Amstetten (23.500 Ew.) nicht für St. Pölten und Krems, die höher belastet sind, aber auch nicht für Steyr repräsentativ ist.

Im westlichen Niederösterreich stehen keine Messstellen zur Beurteilung der Repräsentativität von Kleinstädten unter 20.000 Ew. zur Verfügung, nachdem die Messung (TEOM nicht äqui.) in Pöchlarn (4.000 Ew.) 2008 beendet wurde. Die Belastung lag im Mittel 2005–2008 um 1,4 µg/m³ über jener von Pillersdorf und 2,7 µg/m³ unter jener von Amstetten. Daher wird angenommen, dass Amstetten nicht für Kleinstädte wie Pöchlarn, sondern für Städte ab 10.000 Ew. im Bereich zwischen Linz und St. Pölten repräsentativ ist, während kleine Städte wie Pöchlarn zur repräsentativen Fläche der ländlichen Hintergrundmessstellen gehören.

Die im Vergleich zu Amstetten niedrige PM₁₀-Belastung in Steyr (38.300 Ew.) – Mittelwert 2009–2015 in Steyr 18,9 µg/m³, in Amstetten 22,2 µg/m³ – ist nicht interpretierbar. Daher wird angenommen, dass die Messstelle Steyr nur für die Stadt Steyr repräsentativ ist.

Wels Linzerstraße zeigt eine sehr ähnliche Belastung wie Linz Stadtpark. Deswegen ungeachtet werden der BR Linz und die Stadt Wels nicht als gemeinsame repräsentative Fläche behandelt, da Linz eine deutlich andere Emittentenstruktur aufweist, und die Messstelle Wels wird als repräsentativ für die Stadt Wels betrachtet.

Braunau und Vöcklabruck weisen eine ähnliche Belastung auf (Braunau im langjährigen Mittel ca. $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höher). Die Relation der Jahresmittelwerte untereinander sowie gegenüber Enzenkirchen und Haidershofen sowie gegenüber den großstädtischen Messstellen verändert sich langfristig nicht.

Wien

einheitliches Belastungsniveau

Der Großteil der Hintergrundmessstellen in Wien zeigt ein sehr einheitliches Belastungsniveau (sieht man von den Daten der äquivalenten FH62I-R, siehe Kapitel Auswahl der Messstellen) ab. Eine deutlich niedrigere PM₁₀-Belastung weist der Standort Schafberg (319 m) auf, diese Messstelle ist für die höher gelegenen Teile Wiens repräsentativ.

2 repräsentative Gebiete

Wien wird daher höhenmäßig in zwei repräsentative Gebiete unterteilt, denen auch die Gemeinden Schwechat und Klosterneuburg zugeordnet werden.

Die Hintergrundbelastung für die niedriger gelegenen Teile Wiens wird als Mittelwert der Messstellen AKH, Belgradplatz, Floridsdorf, Gaudenzdorf, Kaiserersdorf, Kendlerstraße, Laaerberg und Stadlau sowie Schwechat (siehe Kapitel Kleinstädte) gebildet. Ob der Standort Liesing Gewerbegebiet/Carlberggasse (s. u.) ab 2015 in den städtischen Hintergrund einbezogen werden kann, sollte nach Vorliegen weiterer Jahre entschieden werden.

Die Höhenabgrenzung zwischen der repräsentativen Fläche der niedrig gelegenen Hintergrundmessstellen und Schafberg wird beim arithmetischen Mittelwert der Seehöhe der zweithöchsten PM₁₀-Messstelle (Laaerberg, 251 m) und Schafbergbad gezogen, d. h. bei 280 m.

Die Messstelle Liesing (durchgehend gravimetrisch, außer 2009 FH62I-R nicht äqui.) wurde 2014/2015 vom Gewerbegebiet „An den Steinfeldern“ in die Carlberggasse verlegt. Die Konzentration lag im Mittel 2005–2014 um $3,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über jener des AKH, im Mittel 2015–2016 um $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ darüber. Nach der Verlegung entspricht das Konzentrationsniveau dem des städtischen Hintergrunds.

BR Linz

Als Hintergrundbelastung für den Ballungsraum Linz wird der Mittelwert von Linz Stadtpark und Traun herangezogen (eine ähnliche Belastung weist auch die Vorerkundungsmessstelle Asten auf).

Stadt Salzburg

Die Salzburger städtische Hintergrundmessstelle Salzburg Lehener Park (ab 2007) weist eine geringfügig niedrigere Belastung auf als Vöcklabruck ($-0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und Braunau ($-1,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Daher kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Messstelle Lehener Park die Hintergrundbelastung in Salzburg unterschätzt.

Die städtische Hintergrundbelastung in Salzburg wird daher als Mittelwert der PM₁₀-Messwerte der Messstellen Lehener Park und Mirabellplatz gebildet.

Grenzgebiet bei Bratislava

Die Messstellen Hainburg und Kittsee werden von Emissionen im nahen Ballungsraum Bratislava beeinflusst und weisen eine höhere PM₁₀-Belastung auf als kleinstädtische Hintergrundmessstellen im Burgenland und im östlichen Niederösterreich.

grenzüberschreitende Belastung

Als ihre repräsentative Fläche wird ein Umkreis von 20 km Radius um die Raffinerie Bratislava (als bedeutendster Emittent im Ballungsraum Bratislava) abgeschätzt.

Die PM₁₀-Konzentration dieses Gebietes wird als Mittelwert der Messwerte von Kittsee und Hainburg bestimmt.

Tullnerfeld

Im Tullnerfeld stehen derzeit die ländliche PM₁₀-Messstelle Streithofen, Traismauer (Kleinstadt 6.100 Ew.) sowie die städtischen Messstellen Krems, Stockerau und Tulln zur Verfügung.

Die Differenz gegenüber der regionalen Hintergrundmessstelle Pillersdorf beträgt für Streithofen 1,7 µg/m³, für Neusiedl 3,5 µg/m³, für Trasdorf 3,7 µg/m³ und für Traismauer 4,2 µg/m³. Betrachtet man die in Streithofen, Trasdorf und Neusiedl gemessene Belastung als ländlichen Hintergrund des Tullnerfeldes, so hat das Tullnerfeld eine höhere PM₁₀-Hintergrundbelastung als das Weinviertel. Die repräsentative Fläche der ländlichen Messstellen des Tullnerfeldes unterscheidet sich somit von jener der Messstelle Pillersdorf. Für die Bestimmung der Exposition wird die ländliche Hintergrundbelastung des Tullnerfeldes aus dem Mittelwert der Messwerte von Streithofen und Traismauer gebildet.

Anmerkung: Die im Rahmen des Immissionsschutzplanes für das KW Dürnröhr betriebenen Messstellen Neusiedl und Trasdorf werden ab 2012 nicht auf Basis des IG-L ausgewiesen; die zukünftige Verwendung dieser Messdaten für die Expositionsbestimmung ist jedoch nicht gesichert, daher werden sie nicht für die Expositionsbestimmung verwendet.

Die Belastung der städtischen Messstellen im Tullnerfeld in Relation zu den ländlichen variiert in schwer interpretierbarer Weise.

untersch. Belastung ländlich/städtisch

Um die aus der Unsicherheit der PM₁₀-Messung u. U. resultierenden Unsicherheiten auszugleichen, wird die städtische Hintergrundbelastung der Städte über 10.000 Ew. (Krems, Korneuburg, Stockerau, Tulln) als Mittelwert der in Krems, Stockerau und Tulln gemessenen Konzentration gebildet.

Böhmischen Masse

In der Böhmischen Masse stehen zwei PM₁₀-Messstellen – Heidenreichstein (540 m) und Grünbach bei Freistadt (918 m) – zur Verfügung.

Nachdem Grünbach aufgrund seiner Höhenlage nur für wenige Siedlungsgebiete repräsentativ ist – die größte Stadt des Mühlviertels, Freistadt, liegt auf 560 m – wird für die Beurteilung der ländlichen PM₁₀-Konzentration in der gesamten Böhmisches Masse die Messstelle Heidenreichstein herangezogen.

Die einzige städtische Messstelle, deren PM₁₀-Messdaten auch nur annähernd für die Böhmisches Masse repräsentativ sein dürften, ist Krems.

Die Abgrenzung der repräsentativen Gebiete zwischen städtischen und ländlichen Messstellen erfolgt, analog zum östlichen Niederösterreich, bei einer Einwohnerzahl pro Gemeinde von 10.000 Ew.

In Hinblick auf die Höhenlage könnten sich die repräsentativen Flächen von Messstellen in der Böhmisches Masse und in den nördlichen Alpen überschneiden. Die wenigen verfügbaren Messstellen in der Böhmisches Masse einerseits und in den nordöstlichen Alpen andererseits deuten darauf jedoch nicht hin. Der Standort Grünbach weist, bei sehr ähnliche Seehöhe (900 m) eine im Mittel ca. 3 µg/m³ höhere PM₁₀-Konzentration als Zöbelboden auf (unter Ausschluss des Jahres 2009, in dem die PM₁₀-Konzentration in Grünbach unplausibel hoch ist). Auch in Hinblick auf die unterschiedliche Geländeform und Besiedlungsstruktur erscheint eine gemeinsame Behandlung von Böhmisches Masse und Alpen nicht gerechtfertigt.

Südöstliches Alpenvorland

Im Südöstlichen Alpenvorland steht die regionale Hintergrundmessstelle Klöch bei Bad Radkersburg (415 m) zur Verfügung.

In ähnlicher Höhenlage befindet sich die Messstelle Bockberg (449 m), deren Repräsentativität allerdings anhand der vorliegenden Daten (ab 2015) (noch) nicht beurteilt werden kann. Die Belastung ist im Mittel 2015–2017 um 1,7 µg/m³ höher als in Klöch. Über eine Einbeziehung des Standortes Bockberg in die Berechnung der Repräsentativität wird bei der Evaluierung des Expositionsmodells entschieden.

unterschiedliche Belastung

Die kleinstädtischen Hintergrundmessstellen im Südöstlichen Alpenvorland weisen eine sehr unterschiedliche Belastung auf, deren Ursache verschiedene Ausbreitungsbedingungen und unterschiedlich hohe städtische Emissionen sein können.

Messstelle	Differenz zu Klöch ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Oberschützen	3,9
Deutschlandsberg	2,3
Fürstenfeld	6,6
Hartberg Zentrum	5,2
Köflach	8,4
Leibnitz	10,7
Voitsberg	7,2
Weiz	7,6

Tabelle 9:
Mittlere Differenz der PM_{10} -Belastung an den kleinstädtischen Hintergrundmessstellen im Südöstlichen Alpenvorland gegenüber Klöch (Mittelwert 2007–2016). Quelle: Umweltbundesamt und Ämter der Landesregierungen.

Anmerkung: Die Messstelle Hartberg wurde Ende Jänner 2010 vom Standort Wiesengasse im Süden von Hartberg an den Standort Zentrum (Franz Schmidt-Gasse) verlegt. Der Vergleich mit der Hintergrundmessstelle Klöch (2007–2009 gegenüber 2010–2015) deutet darauf hin, dass die PM_{10} -Konzentration am neuen Standort um $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niedriger ist als am alten. Die Messwerte von Hartberg Wiesengasse sind daher nicht für den aktuellen Standort repräsentativ.

Die räumlichen Konzentrationsunterschiede legen eine Differenzierung der Kleinstädte des Südöstlichen Alpenvorlandes in drei getrennte Gebiete mit unterschiedlicher Repräsentativität aufgrund unterschiedlicher Ausbreitungsbedingungen nahe (siehe Tabelle 10). Diese Abgrenzung wird auch von der Analyse temporärer PM_{10} -Messdaten im Südburgenland und in der Oststeiermark (Güssing, Jennersdorf, Heiligenkreuz, Blaindorf/Hirnsdorf (UMWELTBUNDESAMT 2009), Bad Radkersburg (AMT DER STEIERMÄRKISCHEN LANDESREGIERUNG 2016) gestützt.

3 unterschiedlich repräsentative Gebiete

Tabelle 10: Gebiete im Südöstlichen Alpenvorland mit unterschiedlichen Ausbreitungsbedingungen.
Quelle: Umweltbundesamt.

Gebiet	Ausbreitungsbedingungen	repräsentative Messstellen
Grazer Feld, Leibnitzer Feld, unteres Murtal	sehr ungünstig	Leibnitz
Täler von Raab, Lafnitz, Feistritz, Safen, Strem, Weiz; Voitsberger Becken	ungünstig	Fürstenfeld, Hartberg, Köflach, Voitsberg, Weiz
übriges Alpenvorland	mäßig	Oberschützen, Deutschlandsberg

Diese Messstellen decken Gemeinden ab 2.400 Ew. ab, daher wird angenommen, dass die kleinstädtischen Hintergrundmessstellen für Gemeinden ab 2.000 Ew. repräsentativ sind. (Anmerkung: Einen relevanten Einfluss „städtischer“ Emissionen in Gemeinden ab 2.000 Ew. anzunehmen – im Vergleich zu einer Abgrenzung bei 10.000 Ew. im nördlichen außeralpinen Raum – erscheint in Hinblick auf die sehr ungünstigen Ausbreitungsbedingungen im Südöstlichen Alpenvorland gerechtfertigt).

Ballungsraum Graz

Im BR Graz stehen am Talboden die vier Hintergrundmessstellen Graz Mitte Gries, Nord, West und Süd zur Verfügung. (Die Messstelle Graz Mitte wurde 2009/2010 vom Standort Landhausgasse im 1. Bezirk zum Platz der freiwilligen Schützen im 5. Bezirk Gries verlegt.)

Die aktuellen Hintergrundmessstellen zeigen ein klares Nord-Süd-Gefälle. Der PM₁₀-Mittelwert 2010–2015 beträgt in Graz Nord 22,7 µg/m³, in Graz Mitte 26,1 µg/m³, in Graz West 26,2 µg/m³ und in Graz Süd 28,9 µg/m³.

3 repräsentative Gebiete

Daher wird der BR Graz in Nord-Süd-Richtung in drei repräsentative Gebiete unterschiedlicher Belastung aufgeteilt. Dabei wird angenommen, dass die Messstelle Graz Süd für die Gemeinden im Süden der Stadt Graz innerhalb des BR Graz repräsentativ ist.

Die Messstelle Graz Mitte Landhausgasse wies eine deutlich höhere PM₁₀-Belastung auf als der aktuelle Standort in Gries. Die Differenz zwischen der Messstelle Graz Mitte und den Messstellen Graz Nord, West und Süd ist im Mittel 2005–2009 um 5,0–5,2 µg/m³ höher als im Mittel 2010–2015 (Gries) (was auch bedeutet, dass die Konzentrationsunterschiede zwischen den drei anderen Messstellen unverändert geblieben sind). Dies bedeutet, dass der zentrale Teil der Stadt Graz eine deutlich höhere Hintergrundbelastung aufweist als Gries (aber auch Graz Süd), und dass die aktuelle Messstelle Graz Mitte Gries für den zentralen Teil der Stadt nicht repräsentativ ist.

Näherungsweise wird daher für den zentralen Teil der Stadt eine um 5 µg/m³ höhere PM₁₀-Hintergrundbelastung angenommen als in Graz Mitte Gries.

Im Mittel 2011–2015 weist der Standort Graz Lustbühel (473 m) eine um 3,4 µg/m³ niedrigere PM₁₀-Belastung als Graz Nord auf (sie ist mit jener in Klöch (415 m) fast ident). Die repräsentative Fläche von Graz Lustbühel wird innerhalb des BR Graz über 400 m abgegrenzt, jene der anderen Messstellen unter 400 m.

Nordalpine Täler

Ländliche Gebiete

geringe Datenbasis

Die in den Nordalpen verfügbaren ländlichen Messstellen stellen keine ausreichende Datenbasis für die Identifizierung einer großräumig repräsentativen ländlichen Hintergrundbelastung dar. Die längste Messreihe liegt in Heiterwang vor, das nach der Verlegung der B179 Ende 2010 als Hintergrundmessstelle betrachtet werden kann.

Die Hintergrundmessstelle Ried im Zillertal wies 2011 eine um 2,9 µg/m³ höhere PM₁₀-Konzentration, die temporäre Messstelle Gosau im Salzkammergut 2014 eine um 0,7 µg/m³ höhere PM₁₀-Konzentration als Heiterwang auf. In Krimml im Oberpinzgau wurde von Mai 2013 bis Juli 2014 die PM₁₀-Konzentration gemessen; die mittlere PM₁₀-Konzentration über diesen Zeitraum lag mit 7,2 µg/m³ um 4,0 µg/m³ unter jener von Heiterwang. Demgegenüber liegt die PM₁₀-Belastung der Messstelle Zell a. S. Freizeitzentrum (Daten 2014–2016 verfügbar), die im

kompakt besiedelten Stadtgebiet liegt, um nur 0,9 µg/m³ über jener von Heiterwang. Diese eher schmale Datenbasis deutet darauf hin, dass die PM₁₀-Hintergrundbelastung im Pinzgau unter jener in Heiterwang und deutlich unter jener des Zillertales liegt.

Die Messstelle Heiterwang wird für „emissionsarme“ nordalpine Täler als repräsentativ betrachtet, d. h. alle Täler mit Ausnahme der „Haupttäler“ (Inntal unterhalb von Landeck, Zillertal und Salzachtal unterhalb von Zell am See).

Aufgrund des Vergleichs zwischen Ried i. Z. einerseits und Heiterwang, Wörgl und Innsbruck Zentrum andererseits wird näherungsweise angenommen, dass die Hintergrundkonzentration in den „Haupttälern“ um 4,0 µg/m³ niedriger ist als in Wörgl (Differenz Wörgl – Ried i. Z. 2009: 3,6 µg/m³, 2011: 4,3 µg/m³).¹⁹

Städtische Gebiete

Als repräsentative Messstelle für die Kleinstädte im Inntal wird Wörgl herangezogen.

Die Abgrenzung zwischen Kleinstädten und dem „ländlichen Gebiet“ wird aus praktischen Gründen bei einer Einwohnerzahl pro Gemeinde von 5.000 Ew. gezogen.

Innsbruck Zentrum weist eine sehr ähnliche PM₁₀-Belastung wie Wörgl auf (mittlere Differenz 2005–2015: 0,9 µg/m³), wird aber in Hinblick auf die Emittentenstruktur nicht in eine gemeinsame Fläche mit dem Kleinstädten einbezogen. Da die Belastung in Innsbruck Zentrum in manchen Jahren etwas niedriger als jene in Wörgl ist, kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Messstelle Innsbruck Zentrum die städtische Hintergrundbelastung in Innsbruck unterschätzt. Für die Beurteilung der Exposition wird daher in Innsbruck der Mittelwert von Innsbruck Reichenau und Innsbruck Zentrum herangezogen.

Die niedrigere Belastung in Kufstein (im Mittel – 3,9 µg/m³) gegenüber Wörgl lässt sich mit den günstigeren Ausbreitungsbedingungen nahe dem Talausgang des Inntals erklären. Da für Reutte keine Information über die PM₁₀-Belastung vorliegt, wird Reutte näherungsweise der repräsentativen Fläche von Kufstein zugeordnet.

Die Belastung liegt an der kleinstädtischen Messstelle Bludenz im Mittel 2,7 µg/m³ unter jener von Wörgl; d. h. die repräsentativen Flächen von Bludenz und der Kleinstädte im Inntal überschneiden sich nicht.

Die Belastung liegt in Bludenz um 1,2 µg/m³ unter jener der am niedrigsten belasteten Messstelle des Rheintals – Lustenau Wiesenrain. Eine Zuordnung des Walgaus zum Rheintal erscheint daher nicht gerechtfertigt.

Die repräsentative Fläche der Messstelle Bludenz umfasst die Kleinstädte (ab 5.000 Ew.) in Vorarlberg außerhalb des Rheintals.

¹⁹ Mit der Differenz gegenüber Ried i. Z. im Jahr 2011 von + 2,9 µg/m³ gegenüber Heiterwang erhält man in den folgenden Jahren höhere, mit der Differenz von – 5,6 µg/m³ gegenüber Innsbruck Zentrum erhält man niedrigere Werte als mit der Differenz gegenüber Wörgl. Daher wird Wörgl als Referenzmessstelle herangezogen.

ostalpine Täler Aussagen über die Repräsentativität ostalpiner Täler stützen sich nur auf die Messungen in Purkersdorf (bis 2011). Die PM₁₀-Konzentration war in Purkersdorf im Mittel 2005–2011 um 0,6 µg/m³ höher als in Bad Ischl. Daher wird angenommen, dass Bad Ischl auch für Gemeinden über 5.000 Ew. in den Tälern Niederösterreichs repräsentativ ist.

In Zell a. S. war die Belastung 2014–2016 um 1,0 µg/m³ niedriger als in Bad Ischl. Damit teilen sich Bad Ischl und Zell a. S. die repräsentative Fläche weitgehend. In Hinblick auf die große Distanz umfasst für die Expositionsbestimmung die repräsentative Fläche von Bad Ischl Kleinstädte in Nieder- und Oberösterreich, jene von Zell a. S. in Salzburg.

Liezen weist im Mittel 2005–2015 eine um 2,9 µg/m³ höhere Belastung als Bad Ischl auf. Die repräsentative Fläche von Liezen umfasst die Kleinstädte in den Nordalpen in der Steiermark.

Vorarlberger Rheintal

Als ländliche Hintergrundkonzentration für das Rheintal in Vorarlberg wird näherungsweise die in Lustenau Wiesenrain gemessene PM₁₀-Konzentration angenommen. Aufgrund der Siedlungs- und Emissionsstruktur am Rand einer locker besiedelten Stadt von 22.000 Ew. dürfte diese die ländliche Hintergrundkonzentration allerdings überschätzen.

Daneben existieren in Vorarlberg nur mehr oder minder verkehrsbeeinflusste Messstellen, von denen Dornbirn Stadtstraße die niedrigste PM₁₀-Belastung aufweist, die im Mittel 2005–2015 nur 1,2 µg/m³ über jener von Lustenau Wiesenrain liegt.

Die Messstelle Dornbirn Stadtstraße wird für die Bestimmung der Exposition in der CORINE Landcover-Klasse 1.1.1 (durchgängig städtische Prägung) herangezogen, die Messstelle Lustenau Wiesenrain für alle übrigen Siedlungsgebiete.

Anzumerken ist, dass die Konzentrationsdifferenz zwischen Dornbirn und Lustenau Wiesenrain in den letzten zehn Jahren von über 3 µg/m³ auf unter 1 µg/m³ abgenommen hat, sodass sich ihre repräsentativen Flächen weitgehend überlappen.

Südalpine Täler

Ländliche Gebiete

In den südalpinen Tälern (ohne Klagenfurter Becken und Lavanttal) steht nur eine ländliche Hintergrundmessstelle in Obervellach (durchgehend Sharp 5030) zur Verfügung.

Allerdings kann auch die Messstelle Zederhaus (durchgehend Gravimetrie) als repräsentativ für ländliche Siedlungsgebiete eingestuft werden, der Einfluss der PM₁₀-Emissionen der Tauernautobahn A10 auf die gemessene PM₁₀-Belastung dürfte gering sein (BAUER et al. 2010).

Zederhaus und Obervellach wiesen²⁰ im Mittel eine ähnliche PM₁₀-Belastung (mittlere Differenz 0,2 µg/m³) auf.

Aussagen über die großräumige Repräsentativität der ländlichen Messstellen Obervellach und Zederhaus sind mangels paralleler Messreihen vergleichbar gelegener Messstellen schwierig.

In Hinblick auf das Fehlen geeigneter Messstellen in der Steiermark und Osttirol wird die ländliche Hintergrundbelastung südalpiner Täler als Mittelwert der PM₁₀-Konzentration von Obervellach und Zederhaus gebildet.

Die Konzentrationsverteilung an den städtischen Hintergrundmessstellen deutet darauf hin, dass das Murtal unterhalb von Zeltweg eine höhere ländliche Hintergrundbelastung aufweist. So ist die PM₁₀-Belastung in Knittelfeld bei ähnlichen Emissionen um ca. 5 µg/m³ höher als in Judenburg. Höhere Emissionsdichten und ungünstigere Ausbreitungsbedingungen dürften für die erhöhte Hintergrundbelastung unterhalb von Zeltweg verantwortlich sein. Für das mittlere Murtal wird näherungsweise eine um 3 µg/m³ höhere ländliche PM₁₀-Belastung als in den übrigen südalpinen Tälern angenommen.

Städtische Gebiete

In der Steiermark stehen zahlreiche städtische Hintergrundmessstellen zur Verfügung. Die Messstellen in Zeltweg, Knittelfeld, Leoben, Bruck a.d.M. und Kapfenberg sowie im Gratkorn Becken (deren Einfluss durch industrielle Emissionen nicht völlig geklärt ist) weisen eine höhere PM₁₀-Belastung auf als Judenburg und Mürzzuschlag. Daher wird das „mittlere Murtal“ zwischen Zeltweg und dem Gratkorn Becken als eigene repräsentative Fläche – sowohl für den ländlichen wie für den städtischen Hintergrund – von den übrigen südalpinen Tälern abgegrenzt (s. o.).

In Hinblick auf die große räumliche Ausdehnung der südalpinen Täler wird – trotz relativ einheitlicher Konzentration – die (gemeinsame) repräsentative Fläche von Judenburg und Mürzzuschlag auf die Steiermark begrenzt, während den Kleinstädten in Kärnten, Salzburg und Osttirol die mittlere Konzentration der Messstellen Arnoldstein, Spittal a.d.D. und Tamsweg zugeordnet wird.

Unklar ist der industrielle Einfluss auf die hohe PM₁₀-Belastung der Messstellen in Leoben Donawitz, in Peggau sowie im Gratkorn Becken. Die Schadstoffwindrosen deuten an keiner dieser Messstellen auf Advektion aus eng begrenzten industriellen Quellen (Stahlwerk, Zementwerk bzw. Zellstoffwerk) hin. Die Höhe der PM₁₀-Belastung – u. a. der Konzentrationsunterschied zwischen Judendorf und Gratwein – spricht hingegen dafür, dass an den Messstellen Peggau und Judendorf industrielle Emissionen eine wesentliche Rolle spielen.

Die Messstellen Judendorf, Leoben Donawitz, Peggau und Straßengel werden daher aufgrund der etwas unklaren Datenlage nicht für die Beurteilung der Exposition herangezogen.

**industrieller Einfluss
ist unklar**

²⁰ ohne 2012 (unplausibel niedrige Belastung in Obervellach) und 2014 (erhöhte Belastung in Zederhaus infolge von Bautätigkeit)

Klagenfurter Becken

Ländliche Gebiete

Im Klagenfurter Becken steht in den letzten Jahren keine ländliche Hintergrundmessstelle für PM₁₀ zur Verfügung. An einem Hintergrundstandort in Gurtschitschach wurde von Oktober 2004 bis Oktober 2005 die PM₁₀-Konzentration gravimetrisch gemessen. Der Mittelwert über 365 Tage betrug 19,6 µg/m³; er lag 5,3 µg/m³ unter jenem des Standortes Klagenfurt Koschatstraße, 17,0 µg/m³ unter jenem von Klagenfurt Völkermarkterstraße und 5,3 µg/m³ über jenem von Vorhegg. Parallele Messungen zu den aktuell vorhandenen ländlichen Hintergrundmessstellen Obervellach und St. Georgen stehen nicht zur Verfügung. Die Messwerte von Gurtschitschach an aktuell bestehende Messreihen anzubinden ist allerdings schwierig, da es keine überlappenden Messreihen gibt.

Anhand des Vergleiches mit Klagenfurt Koschatstraße, St. Georgen und Obervellach zeichnet sich ab, dass die Belastung in Obervellach vermutlich jener in Gurtschitschach am ähnlichsten sein dürfte.

Für die Hintergrundbelastung des Klagenfurter Beckens wird daher der gleiche Wert wie für die südalpiner Täler (d. h. der Mittelwert der Konzentrationen von Obervellach und Zederhaus) verwendet.

Städtische Gebiete

Als städtische Hintergrundmessstellen im Klagenfurter Becken stehen Ebenthal, Klagenfurt Koschatstraße/Sterneckstraße und Villach Tirolerbrücke sowie 2009–2015 St. Veit a.d.G. zur Verfügung; deren mittlere PM₁₀-Konzentration betrug über den Zeitraum 2008–2015 23,3 µg/m³, 20,9 µg/m³ bzw. 20,6 µg/m³ (in St. Veit 2009–2015: 21,9 µg/m³), sodass sich ihre repräsentativen Flächen weitgehend überlappen.

Anzumerken ist, dass die Konzentration in Ebenthal 2008–2010 sowie 2012 und 2016 deutlich über dem Konzentrationsniveau der anderen Messstellen lag. Die in Villach gemessene Konzentration war 2005, 2008 und 2009 deutlich höher als in Klagenfurt, 2011 und 2013 deutlich geringer.

Für die Expositionsbestimmung werden die städtischen Gebiete im Klagenfurter Becken in Gemeinden über 5.000 Ew. als gemeinsame repräsentative Fläche behandelt. Dieser wird der Mittelwert der in Ebenthal, Klagenfurt Koschatstraße bzw. Sterneckstraße und Villach gemessenen PM₁₀-Konzentration zugeordnet.

Lavanttal

Als ländliche Hintergrundmessstelle für das Lavanttal wird St. Georgen Herzogberg herangezogen.

Die städtische Hintergrundbelastung wird anhand der Messstellen St. Andrä und Wolfsberg beurteilt, die eine sehr ähnliche Konzentration aufweisen und deren repräsentative Flächen sich weitgehend überlappen. Sie umfasst die Gemeinden über 10.000 Ew. im Lavanttal.

Alpine Berggebiete

Für die Beurteilung der ländlichen PM₁₀-Hintergrundbelastung im Gebirge stehen in Österreich sehr wenige Messstellen zur Verfügung. Aussagen über die räumliche Repräsentativität dieser Messstellen sind daher schwierig.

Messstelle	Region	Seehöhe (m)
Vorhegg	Südalpen	1.020
Zöbelboden	Nordalpen	899
Sonnblick	Liegt direkt am Alpenhauptkamm	3.106
Masenberg	Südalpen	1.180

*Tabelle 11:
Ländliche
Hintergrundmessstellen
für Berggebiete.*

Bis 2007 stehen PM₁₀-Messdaten in Forsthof (581 m) im Wienerwald zur Verfügung, die Jahresmittelwerte waren hier um 6,2–7,7 µg/m³ höher als am Zöbelboden. Ob dieser Unterschied einen vertikalen oder einen West-Ost-Gradienten widerspiegelt, kann nicht gesagt werden. Die Messstelle Zöbelboden wird daher als repräsentativ für den gesamten Nordalpenbereich zwischen Bregenzerwald und Wienerwald herangezogen.

Die Messdaten von Vorhegg und Masenberg deuten auf einen klaren West-Ost-Gradienten in den Südalpen hin (die etwas niedriger gelegene) Messstelle Arnfels Remschnigg wies 2011 und 2012 eine Belastung zwischen Vorhegg und Masenberg auf). Im Mittel 2005–2015 ist die PM₁₀-Konzentration am Standort Masenberg um 5,2 µg/m³ höher als in Vorhegg, wobei sich kein Trend erkennen lässt. Weitere höher gelegene Messstellen stehen in den Südalpen nicht zur Verfügung.

Daher werden als repräsentative Fläche für Masenberg die Südalpen östlich des Mürtals und des mittleren Murtals sowie die Bucklige Welt und das Semmeringgebiet angenommen, für Vorhegg der übrige Teil der Berggebiete südlich des Alpenhauptkamms.

Daher bestehen Unsicherheiten bei der Abschätzung der flächenhaften PM₁₀-Verteilung in alpinen Berggebieten.

**PM₁₀-Verteilung
unklar**

ANHANG C: PLAUSIBILITÄTSPRÜFUNG $PM_{2,5}/PM_{10}$ -VERHÄLTNISSE

Die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse zeigen an den gravimetrischen Messstellen nur eine sehr geringe räumliche und zeitliche Variabilität. Städtische Messstellen weisen etwas niedrigere $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse auf als ländliche Messstellen. An allen Messstellen zeigen sie eine ungleichmäßige leichte Abnahme (bedingt durch die langfristige Abnahme der $PM_{2,5}$ -Konzentration, während die Konzentration der Fraktion $PM_{10}-PM_{2,5}$ sich kaum verändert).

Im Unterschied dazu werden mit kontinuierlichen Messgeräten tendenziell niedrigere $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse erfasst als mit der gravimetrischen Methode. Die mit kontinuierlichen Geräten bestimmten $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse weisen teilweise deutliche Schwankungen von Jahr zu Jahr auf. Daher wurden die kontinuierlich bestimmten $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse einer genauen Plausibilitätsprüfung unterzogen.

**nur gravimetrische
Daten verwendet**

Die kontinuierlich bestimmten $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse erwiesen sich als zu wenig verlässlich, sodass für die Bestimmung der $PM_{2,5}$ -Konzentration für die Exposition ausschließlich gravimetrische Daten herangezogen werden.

Gravimetrie

Die anhand sowohl gravimetrischer $PM_{2,5}$ - wie PM_{10} -Daten abgeleiteten Jahresmittelwerte der $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse sind an den meisten Messstellen zeitlich relativ konstant. An der längsten Messreihe, Illmitz, variiert das $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis (JMW) im Zeitraum 2005–2016 zwischen 73 % und 80 % und nimmt langfristig unregelmäßig leicht ab (2005: 80 %, 2016: 77 %). Dies korrespondiert mit der – von starken Variationen von Jahr zu Jahr überlagerten – langfristigen parallelen Abnahme der PM_{10} - wie der $PM_{2,5}$ -Konzentration, während die Konzentration der Fraktion $PM_{10-2,5}$ fast konstant bleibt.

Die Hintergrundmessstellen Enzenkirchen, Haidershofen und Pillersdorf zeigen sehr ähnliche $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse wie Illmitz, die im Jahresmittel von jenen in Illmitz um 0–4 % abweichen.

Städtische Hintergrundmessstellen weisen ähnliche, teilweise etwas niedrigere $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse auf wie Illmitz; das $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis liegt in Wels zwischen 66 % und 77 %, in Klagenfurt Koschatstraße/Sterneckstraße zwischen 69 % und 80 % sowie Linz Stadtpark zwischen 71 % und 79 %. Linz Neue Welt wies 2005–2008 $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse zwischen 68 % und 72 % auf. Zum Teil kommt es zu starken Variationen von Jahr zu Jahr.

Das niedrige $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis in Linz Stadtpark im Jahr 2009 (63 %) ist nicht interpretierbar; es steht nicht mit der Verwendung der PM_{10} -Daten des TEOM-FDMS bis 15.06. in Zusammenhang; die mit gravimetrischen PM_{10} - wie $PM_{2,5}$ -Daten gebildeten $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse sind ähnlich niedrig (Mittelwert Juli–Dez. 2009: 64 %).

Sharp 5030

Das mittlere PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis, gebildet aus gravimetrischen PM₁₀- wie PM_{2,5}-Daten, betrug 2014 in Eisenstadt 76 % und lag damit nahe am PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis der gravimetrischen Daten in Illmitz (73 %).

Das PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis 2013, gebildet aus gravimetrischen PM_{2,5}-Daten und den kontinuierlichen PM₁₀-Daten, die bis 20.02. mit gravimetrischen Werten ergänzt wurden, lag mit 71 % etwas niedriger. Das PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis 2014, gebildet aus gravimetrischen PM_{2,5}-Daten und kontinuierlichen PM₁₀-Daten (Sharp), betrug 68 %.

Niedriger sind die PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse, die aus kontinuierlichen Daten (Sharp) beider Komponenten gebildet werden: zwischen 63 % 2015 und 67 % 2016.

Bei den kontinuierlichen Daten treten v. a. bei niedrigen Konzentrationen sehr niedrige PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse auf.²¹

Die Messung von PM₁₀ und PM_{2,5} erfolgte in Kärnten bis 2011 mit der gravimetrischen Methode²², ab 2012 mit Sharp 5030. An der Station Klagenfurt Sterneckstraße erfolgte bei PM_{2,5} während des Jahres 2012 der Übergang von Gravimetrie zu Sharp.

Tabelle 12: PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse an Kärntner Messstellen. Quelle: Umweltbundesamt und Amt der Kärntner Landesregierung.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Klagenfurt Koschatstr.	79 %	80 %	69 %	77 %						
Klagenfurt Sterneckstr.					71 %	69 %	49 %	63 %	74 %	60 %
Klagenfurt Völkermarkterstr.	66 %					61 %	60 %	74 %	76 %	63 %
Wolfsberg							70 %	82 %	84 %	72 %

Aus der Reihe fällt das niedrige PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis an der Station Sterneckstraße (Sharp) im Jahr 2013 (49 %). Im Jahresverlauf sind die PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse zwischen Anfang April und Ende November sehr niedrig, meist unter 50 % (deutlich niedriger als im Vergleichszeitraum des Jahres 2012, als bereits mit Sharp mit der gleichen Äquivalenzfunktion gemessen wurde). Das mittlere PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis betrug im Jänner 2013 67 %, im Juni 34 %, im Juli 45 %, im Dezember 85 %.

Der von Jahr zu Jahr zu beobachtende Anstieg, welchen die PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnisse zwischen 2013 und 2015 aufweisen, sowie der markante Rückgang 2016 dürften mit dem Wechsel der Korrekturfunktion für die Sharp-Geräte zusammenhängen.

²¹ Dies dürfte v. a. daran liegen, dass die Korrekturfunktion für PM_{2,5} einen negativen Offset (bis 2013: – 1,5 µg/m³, ab 2014: – 2,8 µg/m³) aufweist, jene für PM₁₀ den Offset Null.

²² Das niedrige PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnis (69 %) der gravimetrischen Daten 2009 in Klagenfurt Koschatstr. ist nicht interpretierbar. Im Werteverlauf fallen einige Episoden mit extrem niedrigen PM_{2,5}/PM₁₀-Verhältnissen (unter 50 % 27.–30.05., 23.–26.07., 04.–06.09., unter 30 % 11.–14.10.) auf. Information über Fehler bei der Probenahme oder Wägung liegen nicht vor.

An der Salzburger Hintergrundmessstelle Lehener Park wird $PM_{2,5}$ gravimetrisch, PM_{10} ab 2010 mit Sharp 5030 gemessen (Äquivalenzfunktion bis 2013 0,99, dann 0,90, kein Offset). Die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse liegen bei 66–75 % und damit in einem ähnlichen Bereich wie gravimetrische $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse an anderen städtischen Hintergrundmessstellen.

In einem sehr ähnlichen Bereich liegen auch die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse, die hier mit den PM_{10} -Daten des nicht äquivalenten TEOM-FDMS (2008–2009; Faktor 1,16) abgeleitet wurden (jeweils 76 %).

Grimm EDM180

Die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse der Grimm-Daten sind in Illmitz, Enzenkirchen und Pillersdorf (Korrekturfunktionen für PM_{10} wie $PM_{2,5}$ ohne Offset) jenen der gravimetrischen Daten sehr ähnlich. Im Jahresmittel weichen sie von diesen zwischen 0 % und 6 % ab.

In Schwechat fallen 2011 sehr niedrige $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse auf, als Relation der kontinuierlichen Daten (beide Fraktionen Grimm) 49 % (verglichen mit 60–74 % in den folgenden Jahren), als Relation der kontinuierlichen $PM_{2,5}$ - und der alle drei Tage vorliegenden gravimetrischen PM_{10} -Daten 56 %. Die Daten von 2011 werden daher für die Beurteilung der $PM_{2,5}$ -Exposition nicht herangezogen.

In den folgenden Jahren²³ variieren die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse in Schwechat zwischen 65 % 2012, 60 % 2014 und 74 % 2015. Die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse, die mit den gravimetrischen PM_{10} -Werten gebildet werden, unterscheiden sich kaum von jenen der kontinuierlichen PM_{10} -Werte.

Perioden mit sehr niedrigen $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse sind v. a. 23.04.–02.05.2012, 20.07.–31.08.2012, 08.05.–10.07.2014, 11.08.–31.08.2014. Dabei handelt es sich um Zeiträume mit insgesamt sehr niedriger PM-Belastung. Der negative Offset der Funktion für $PM_{2,5}$ (– 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bis 2013, – 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 2014; bei PM_{10} dagegen – 0,3 bzw. + 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) führt dazu, dass die $PM_{2,5}$ -HMW häufig negativ werden (bzw. 0 gesetzt werden), wodurch sehr niedrige $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse entstehen.

Im Jahr 2015 gab es kaum Zeiträume mit $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnissen unter 50 %; auch während niedriger PM_{10} -Konzentrationen im Hochsommer war die $PM_{2,5}$ -Konzentration selten null. 2015 kam eine Korrekturfunktion mit Offset 0 für $PM_{2,5}$ zur Anwendung.

An plausibelsten sehen daher die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse 2015 (JMW 74 %) aus.

In St. Pölten Eybnerstraße wurden bis 09.04.2013 beide Fraktionen mit TEOM-FDMS (äqui.) gemessen. Das $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis betrug 2012 65 %. Ab Herbst 2012 traten bisweilen $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse über 100 % auf, gehäuft im Jänner und Februar 2013. Das mittlere $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis für 01.01.–09.04.2013 betrug 84 %.

²³ 2013: Ausfall 01.01.–28.02., daher kann kein gültiger JMW gebildet werden.

Mit dem Wechsel auf Grimm für beide Fraktionen ging das $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis markant zurück und betrug im Frühling und Sommer 2013 (Mittel 10.04.–31.08.) 58 %, im Mittel 10.04.–31.12.2013 67 %.

Im Jahresmittel 2013 (kombinierte Messreihe beider Gerätetypen) ergibt sich ein $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis von 72 %, 2014: 67 %, 2015: 72 %.

Die Äquivalenzfunktion für $PM_{2,5}$ wurde 2013/2014/2015 stärker verändert als jene für PM_{10} , ihr Offset betrug 2013 – 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2014 – 1,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2015 null. Dies dürfte die Hauptursache für den Anstieg des $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis 2014–2015 sein.

Gravimetrische $PM_{2,5}$ -Daten (Probenahme jeden dritten Tag) stehen ab 2012 zur Verfügung. Die Relation der gravimetrischen $PM_{2,5}$ -Daten gegenüber den PM_{10} -Daten des TEOM-FDMS lag (mit 60 % 2012) deutlich unter dem Verhältnis für beide kontinuierlich gemessene Fraktionen; das Verhältnis der gravimetrischen $PM_{2,5}$ -Daten gegenüber den PM_{10} -Daten des Grimm war dagegen höher (84 % im Mittel 10.04.–31.12.2013, jeweils 74 % 2014 und 75 % 2015).

An plausibelsten sehen daher die (mit beiden Datensätzen ermittelten) $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse 2015 (72 % bzw. 75 %) aus.

Der markante Anstieg des $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisses 2014/2015 von 56 % auf 69 % in Bad Ischl und von 60 % auf 76 % in Grünbach steht mit der Änderung der Äquivalenzfunktion in Zusammenhang. Bis 2014 kam sowohl für PM_{10} als auch für $PM_{2,5}$ die ursprünglich österreichweit abgeleitete Funktion mit einem negativen Offset von – 0,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bzw. – 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ zur Anwendung, was bei niedrigen $PM_{2,5}$ -Werten zu negativen (bzw. auf null gesetzten) Konzentrationen führte.

Das mit 72 % aus der Reihe fallende hohe $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis 2012 in Bad Ischl erklärt sich durch den Ausfall der Messung von 15.06. bis 23.07. Dadurch fehlt bei der Bildung des JMW ein Zeitraum mit sehr niedriger $PM_{2,5}$ -Belastung und sehr niedrigen $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnissen.

In Hinblick auf den unrealistischen Offset für $PM_{2,5}$ werden in Bad Ischl, Grünbach und Lenzing die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse erst 2015 als plausibel betrachtet.

In Hinblick auf den hohen negativen Offset der Äquivalenzfunktion für $PM_{2,5}$ dürften die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse in Braunau, Steyr und Vöcklabruck unterschätzt werden.

In Gosau ergeben die Messdaten des Grimm mit den ursprünglichen Äquivalenzfunktionen 2014 ein $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis von 52 % ($PM_{2,5}$ -Jahresmittelwert 6,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Wendet man die für ländliche Hintergrundmessstellen abgeleiteten Äquivalenzfunktionen (die keinen Offset besitzen) an, so ergibt sich ein $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis von 73 % ($PM_{2,5}$ -Jahresmittelwert 8,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), das jenem an Hintergrundmessstellen sehr nahe kommt.

Auch an städtischen Messstellen führt der negative Offset von – 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ der $PM_{2,5}$ -Äquivalenzfunktion bei niedrigem Belastungsniveau zu $PM_{2,5}$ -

Tagesmittelwerten nahe 0 und damit zu sehr niedrigen $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnissen.

MetOne BAM

In Leibnitz und Voitsberg stehen ab 2015 PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Daten, die mit Geräten der Type MetOne BAM erhoben wurden, zur Bestimmung des $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisses zur Verfügung. Im Jahresmittel 2015 und 2016 betrug dieses in Leibnitz jeweils 65 %, in Voitsberg jeweils 55 %. Die 2016 vorliegenden $PM_{2,5}$ -Daten von Weiz ergeben ein $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis von 56 %.

Die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse sehen in Voitsberg jeweils im Sommer unplausibel niedrig aus, sie liegen häufig unter 50 %, bisweilen unter 20 %. Welche Gründe die unrealistisch niedrigen $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse in Voitsberg und Weiz haben, lässt sich nicht angeben.²⁴

Variabilität der $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse

Für die Bestimmung des $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisses für städtische Hintergrundmessstellen aus gravimetrischen PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Daten stehen seit 2005 zwischen einer (Wien AKH) und sieben Messstellen zur Verfügung.

Vergleicht man diese mit den $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnissen, die unter Verwendung aller 23 Messstellen, an denen bis 2016 parallele PM_{10} - und $PM_{2,5}$ -Daten vorhanden sind, so weichen die letzteren im Mittel um – 6 % bis + 2 % von den gravimetrischen $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnissen ab. In den letzten Jahren, in denen das $PM_{2,5}$ -Messnetz Österreich annähernd flächenhaft abdeckt, liegen die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse des Gesamtdatensatzes durchwegs unter jenen der gravimetrischen Messstellen.

Die $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse wirken sich unmittelbar proportional auf die Exposition aus.

Eine regionale Differenzierung in den Süden (Kärnten, Steiermark), den Norden (Burgenland, Niederösterreich, Oberösterreich, Wien) und den Westen (Salzburg, Tirol, Vorarlberg) zeigt keine regelhaften Unterschiede.

Starke Variationen von Jahr zu Jahr treten im Süden Österreichs auf, wo v. a. 2013 und 2016 die niedrigen $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse der Kärntner Messstellen und 2016 die niedrigen $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse der (neuen) steiermärkischen Messstellen mit MetOne BAM zum Tragen kommen.

²⁴ Gültige $PM_{2,5}$ -HMW mit dem Wert null, die während des Sommers an zahlreichen Tagen jeweils über mehrere Stunden auftreten, sind nur zum geringen Teil für das niedrige $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnis verantwortlich.

Tabelle 13: Mittlere $PM_{2,5}/PM_{10}$ -Verhältnisse für alle Messstellen und gravimetrische Messstellen, 2009 (9 Messstellen) bis 2016 (23 Messstellen). Quelle: Umweltbundesamt und Ämter der Landesregierungen.

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Gravimetrie	71 %	74 %	72 %	74 %	74 %	72 %	70 %	72 %
Alle Messstellen	69 %	74 %	67 %	71 %	69 %	68 %	69 %	68 %
Süd	71 %	74 %	72 %	74 %	68 %	72 %	70 %	64 %
Nord	67 %	74 %	66 %	70 %	70 %	66 %	67 %	69 %
West	74 %	74 %	68 %	72 %	70 %	66 %	69 %	69 %

Umweltbundesamt GmbH

Spittelauer Lände 5
1090 Wien/Österreich

Tel.: +43-(0)1-313 04

Fax: +43-(0)1-313 04/5400

office@umweltbundesamt.at

www.umweltbundesamt.at

Die Exposition der Bevölkerung gegenüber Feinstaub (PM_{10} und $PM_{2,5}$) ist die entscheidende Grundlage für die Bestimmung der gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub. Sie wird als wichtiger Umweltindikator auf internationaler Ebene verwendet (z. B. für den „Better Life Index“ der OECD).

Die vorliegende Studie dokumentiert die methodischen Grundlagen zur Bestimmung der Exposition der Bevölkerung Österreichs durch PM_{10} bzw. $PM_{2,5}$ auf Basis des Konzepts repräsentativer Flächen. Dabei werden topographische Daten, Mess- und Emissionsdaten von Feinstaub und Bevölkerungsdaten miteinander in Beziehung gesetzt. Eine jährliche Aktualisierung der Expositionsrechnung ist damit möglich. Die als Ergebnis dieser Studie berechnete mittlere $PM_{2,5}$ -Exposition der österreichischen Bevölkerung zeigt zwischen 2005 und 2016 eine signifikante Abnahme von 19,3 auf 11,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.