

# **REDUKTION DER BENZO(A)PYREN- BELASTUNG**

Wirkung von Maßnahmen in drei Modellregionen

Siegmond Böhmer

Christian Nagl

Dietmar Öttl

Ingrid Payer

Wolfgang Schieder

Wolfgang Spangl

Alexander Storch

REPORTS

REP-0617

Wien 2017

**Projektleitung**

Christian Nagl, Umweltbundesamt

**AutorInnen**

Siegmond Böhmer, Umweltbundesamt

Christian Nagl, Umweltbundesamt

Dietmar Öttl, Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Ingrid Payer, Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Wolfgang Schieder, Umweltbundesamt

Wolfgang Spangl, Umweltbundesamt

Alexander Storch, Umweltbundesamt

**Lektorat**

Maria Deweis, Umweltbundesamt

**Satz/Layout**

Elisabeth Riss, Umweltbundesamt

Dank an das Amt der Steiermärkischen Landesregierung für die unbürokratische Kooperation im Rahmen dieses Projekts.

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 978-3-99004-431-5

# INHALT

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	5
<b>1 EINLEITUNG</b>	9
<b>2 EMISSIONSKATASTER BENZO(A)PYREN</b>	12
2.1 Methodik	12
2.2 Verwendete Emissionsfaktoren	12
2.3 Räumliche Verteilung der B(a)P-Emissionen	13
<b>3 MODELLIERUNG DER B(A)P-BELASTUNG DER STEIERMARK</b>	15
<b>4 ANALYSE DREIER MODELLREGIONEN</b>	17
4.1 Auswahl der Modellregionen	17
4.2 Maßnahmengruppen	17
4.3 Modellregion Leibnitz	20
4.3.1 Luftschadstoffbelastung in Leibnitz	20
4.3.2 Emissionen	20
4.3.3 Maßnahmvorschläge Leibnitz	21
4.3.4 Ergebnisse Modellrechnungen Leibnitz	22
4.4 Modellregion Thörl	22
4.4.1 Luftschadstoffbelastung in Thörl	22
4.4.2 Emissionen in Thörl	22
4.4.3 Maßnahmvorschläge Thörl	23
4.4.4 Ergebnisse Modellrechnungen Thörl	23
4.5 Modellregion Vorau	23
4.5.1 Emissionen	24
4.5.2 Maßnahmvorschläge Vorau	24
4.5.3 Ergebnisse Modellrechnungen Vorau	24
<b>5 SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	25
<b>6 LITERATURVERZEICHNIS</b>	27
<b>ANHANG A: ABKÜRZUNGEN</b>	32



## ZUSAMMENFASSUNG

Unter dem Begriff Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) werden einige hundert Einzelverbindungen zusammengefasst, die vor allem bei der unvollständigen Verbrennung organischen Materials oder fossiler Brennstoffe (Heizungsanlagen, Kraftfahrzeugverkehr, Stahlwerke) entstehen.

### ***PAK-Belastung in der Luft***

Die Beurteilung der PAK-Belastung in der Luft erfolgt gemäß der 4. Tochterrichtlinie und dem Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) durch die Messung der Konzentration von Benzo(a)pyren in Feinstaub (PM<sub>10</sub>) als Leitsubstanz. Hauptquelle von Benzo(a)pyren in Österreich sind Holzheizungen (v. a. manuell bedienbare Einzelöfen) in Haushalten.

Für Benzo(a)pyren (B(a)P) ist seit 2013 ein Grenzwert von 1 ng/m<sup>3</sup> festgelegt. Überschreitungen traten in den letzten Jahren v. a. in Kärnten und in der Steiermark auf, weshalb gemäß IG-L eine Stuserhebung zu erstellen und ein Maßnahmenprogramm zu erlassen sind.

Als Grundlage für diese Studie in Kooperation mit dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung werden zunächst die Emissionen aus der Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung von Haushalten, für Dienstleistungsgebäude sowie für Gebäude der Landwirtschaft auf Ebene von Gemeinden berechnet.

Vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung wurden mit Hilfe dieser Emissionsdaten Luftqualitätsmodellrechnungen mit dem Modellsystem GRAMM/GRAL für die gesamte Steiermark durchgeführt. Nach Aktualisierung und technologie-spezifischer Anpassung der Emissionsfaktoren zeigte sich in den meisten Gebieten eine sehr gute Übereinstimmung mit den Messergebnissen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die modellierten Jahresmittelwerte für Benzo(a)pyren in der gesamten Steiermark (inkl. 0,3 ng/m<sup>3</sup> Vorbelastung). Auffallend sind die hohe Variabilität sowie die zahlreichen Überschreitungen auch und vor allem in kleineren Gemeinden.

### ***Modellrechnungen***

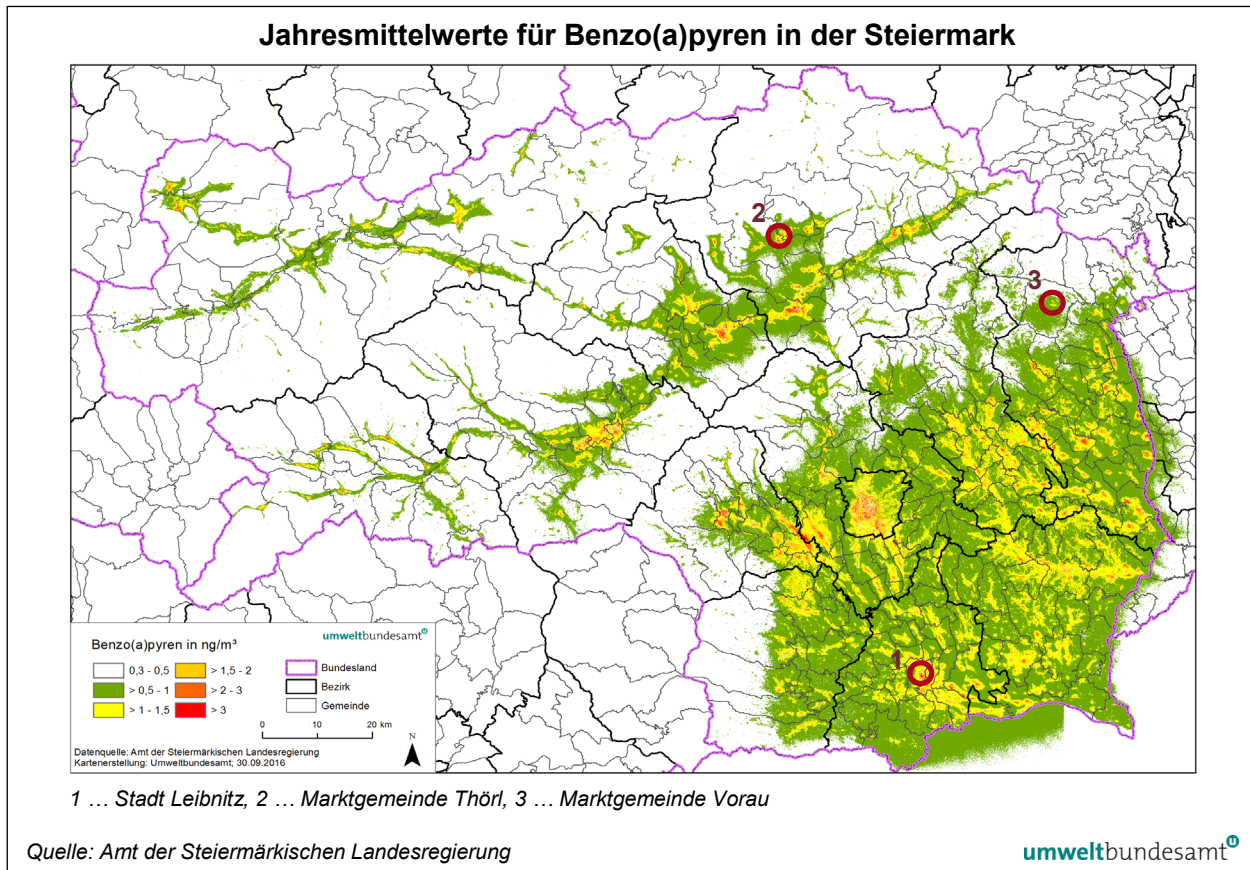


Abbildung 1: Jahresmittelwerte für Benzo(a)pyren in der Steiermark.

**ausgewählte Modellregionen**

Es wurden nach Absprache mit dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung die drei Modellregionen

1. Stadt Leibnitz
2. Marktgemeinde Thörl
3. Marktgemeinde Vorau

für die weiteren Untersuchungen herangezogen. In diesen wurden Überschreitungen des Benzo(a)pyren-Grenzwertes gemessen, bzw. sollen Maßnahmenprogramme erstellt werden.

**Maßnahmen zur Emissionsreduktion**

In weiterer Folge wurde untersucht, welche Maßnahmen eine Reduktion der Emissionen bewirken können, sodass zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt (vorzugsweise 2020) die Belastung auf einen Wert von 1 ng/m<sup>3</sup> gesenkt<sup>1</sup> wird. Diese Maßnahmen umfassen:

- |    |  |
|----|--|
| a) | Gebäudesanierung und Effizienzverbesserung         |
| b) | Energieträgerwechsel                               |
| c) | Einbau von Filtern zur Staubabscheidung            |
| d) | Tausch gegen emissionsarme Holzheizungen           |
| e) | Organisatorische Maßnahmen und Bewusstseinsbildung |

<sup>1</sup> Die Marktgemeinde Vorau weist trotz vergleichsweise hoher Emissionen eine niedrige gemessene und modellierte Benzo(a)pyren-Belastung auf. Sie wurde aber ausgewählt, da in einem LIFE+-Projekt umfangreiche Maßnahmen und Messungen geplant sind.

Das vorgegebene ambitionierte Reduktionsziel kann nur durch Umsetzung einer geeigneten – an die regionale Heizungs- und Gebäudestruktur angepassten – Maßnahmenkombination erreicht werden. Aus Gründen der Kosteneffizienz und der Wirksamkeit (Durchdringung) werden die Maßnahmen wie folgt formuliert:

- a) Senkung des Heizwärmebedarfs durch **Effizienzverbesserung von Gebäuden** bis zum Baujahr 2000 (Thermische Sanierung) inkl. Effizienzverbesserung der Regelung, der Wärmespeicherung und der Wärmeverteilung.
- b) **Energieträgerwechsel**: Ersatz von Hauptheizungen mit festen Brennstoffen durch Heizsysteme mit Energieträgern ohne B(a)P-Emissionen (Umgebungswärme, Solarthermie, Erdgas, Fernwärme) bei allen Gebäuden.
- c) Nachträglicher Einbau von **Filtern zur Staubabscheidung** mit hoher Effizienz<sup>2</sup> ( $\eta > 80 \%$ ) bei Hauptheizungen mit festen Brennstoffen.
- d) Ersatz von manuell bedienten Hauptheizungen mit festen Brennstoffen durch **automatische biogene Feuerungen**, die einen Zulassungs-Grenzwert für Gesamtstaub von  $< 15 \text{ mg/MJ}$  einhalten.
- e) **Organisatorische Maßnahmen**: Diese umfassen eine Intensivierung der Beratung, Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung und verstärkte Kontrollen.

Unter Berücksichtigung der ortsspezifischen Gebäude- und Heizungsstruktur und von Annahmen zu Durchdringung, Wirksamkeit und Reboundeffekten lassen sich die in der folgenden Tabelle dargestellten Emissionsreduktionen darstellen.<sup>3</sup> Die tatsächliche Zielerreichung hängt vom Zeitpunkt und der Intensität der Umsetzung ab; jedenfalls sollte frühestmöglich mit der Umsetzung begonnen werden.

Die gewählten Prozentsätze für diese Emissionsreduktionen – 63 % für Leibnitz und 53 % für Thörl – ergeben sich aus einer ersten groben Abschätzung der notwendigen lokalen Emissionsreduktion zur Einhaltung eines Wertes von  $1 \text{ ng/m}^3$ , ausgehend von den im Jahre 2013 gemessenen Konzentrationen von  $2,5 \text{ ng/m}^3$  bzw.  $2 \text{ ng/m}^3$  und einer (ursprünglich angenommenen) Vorbelastung von  $0,1 \text{ ng/m}^3$ . Für Vorau wurde eine Maßnahmenkombination formuliert, um eine 30%ige Emissionsreduktion zu erzielen.

---

<sup>2</sup> Der nachträgliche Einbau von Filtern zur Staubabscheidung ist in der Schweiz und in Deutschland als Maßnahme zur Reduktion der Staub-Emissionen seit mehreren Jahren in Umsetzung (BAFA 2015; [KANTON WALLIS](#), [KANTON NIDWALDEN](#)). Diese Filter zeigen sowohl am Prüfstand als auch im Feldversuch eine gute Verfügbarkeit und Abscheideeffizienz für Feinstaub (DBFZ 2015, 2016). Eine hohe Wirksamkeit betreffend B(a)P-Reduktion konnte gezeigt werden, ist derzeit jedoch noch nicht bei allen Anlagen und bei allen Betriebszuständen nachgewiesen und erfordert eine sorgfältige Wartung der Heizungsanlage und der Abgasreinigung (BIOS 2016).

<sup>3</sup> Beispielrechnung für Leibnitz: Die Gesamtreduktion der B(a)P-Emissionen 2020 von  $2,56 \text{ kg/a}$  gegenüber 2014 resultiert aus dem Wirkungsanteil der Maßnahmengruppen. Dabei ist der Beitrag zur Emissionsreduktion der Maßnahmengruppe „a“ 12 %, der Maßnahmengruppe „b“ 27 %, der Maßnahmengruppe „c“ 30 %, der Maßnahmengruppe „d“ 20 % und der Maßnahmengruppe „e“ 11 %, jeweils bezogen auf den Gesamteffekt. Aus den Prozentwerten ist kein Rückschluss auf das Maßnahmenpotenzial einer Maßnahmengruppe bzw. auf den Ausschöpfungsgrad möglich; die Verteilung ist im Sinne einer ortsspezifischen Schwerpunktsetzung zur Erreichung des Immissionsziels unter integraler Berücksichtigung aller Faktoren der Maßnahmenumsetzung zu verstehen.

Tabelle 1:  
Berechnete  
Emissionsreduktionen in  
den drei Modellregionen  
(Quelle:  
Umweltbundesamt,  
Statistik Austria)

Gemeinde	Leibnitz	Thörl	Vorau
Einwohner (01.01.2015)	11.630	2.342	4.824
B(a)P WEM 2014 [kg/a]	3,53	2,56	5,32
Maßnahmen- Wirkungsanteil	a: 12 %, b: 27 %, c: 30 %, d: 20 %, e: 11 %	a: 9 %, b: 23 %, c: 37 %, d: 19 %, e: 12 %	a: 10 %, b: 25 %, c: 35 %, d: 20 %, e: 10 %
B(a)P WAM 2020 [kg/a]	0,97	1,04	3,56
rel. B(a)P-Reduktion [kg/a]	63 %	53 %	30 %

WEM: With Existing Measures; WAM: With Additional Measures

Mit diesen Emissionsreduktionen würde sich die modellierte Belastung in Leibnitz von 2,8 ng/m<sup>3</sup> auf 1,7 ng/m<sup>3</sup> reduzieren (inkl. 0,3 ng/m<sup>3</sup> Vorbelastung<sup>4</sup>). Dies zeigt, dass für eine Einhaltung des Grenzwertes auch Maßnahmen in den umliegenden Gemeinden, die ebenfalls vergleichsweise hohe B(a)P-Emissionen aufweisen, notwendig wären.

In Thörl würde sich die modellierte Belastung von 2,0 ng/m<sup>3</sup> auf 1,2 ng/m<sup>3</sup> reduzieren (inkl. 0,3 ng/m<sup>3</sup> Vorbelastung). Damit wäre der Grenzwert von 1 ng/m<sup>3</sup> erreicht.

Für Vorau zeigen sowohl die Messungen (0,41 ng/m<sup>3</sup>) als auch die Modellergebnisse (0,5 ng/m<sup>3</sup>) bereits jetzt eine Einhaltung des Grenzwertes. Durch die Maßnahmen würde sich die (modellierete) Belastung bei gleichbleibender Vorbelastung auf 0,45 ng/m<sup>3</sup> reduzieren.

Der Referenzwert der Europäischen Umweltagentur bzw. der Weltgesundheitsorganisation WHO von 0,12 ng/m<sup>3</sup> wäre aber in allen drei Gebieten nur bei Umsetzung von weitreichenden zusätzlichen Maßnahmen einhaltbar. Die vorgeschlagenen Maßnahmen führen aber jedenfalls auch zu einer Reduktion der PM-Belastung.

<sup>4</sup> Diese gegenüber der ursprünglich angenommenen Vorbelastung von 0,1 ng/m<sup>3</sup> etwas höhere Belastung von 0,3 ng/m<sup>3</sup> hat sich im Zuge der weiteren Arbeiten als realistischere Annahme herausgestellt.



# 1 EINLEITUNG

Unter dem Begriff Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK<sup>5</sup>) werden einige hundert Einzelverbindungen zusammengefasst, die vor allem bei der unvollständigen Verbrennung organischen Materials oder fossiler Brennstoffe (z. B. in Heizungsanlagen, durch den Kraftfahrzeugverkehr, in Stahlwerken) entstehen. PAK sind aus zwei oder mehreren kondensierten aromatischen Ringen aufgebaut und enthalten ausschließlich Kohlen- und Wasserstoffatome im Molekül.

Bedeutung in toxikologischer Sicht erlangten sie vor allem deshalb, weil in Tierversuchen nachgewiesen werden konnte, dass manche PAK karzinogen und mutagen wirken. Als krebserzeugend werden Benzo(a)pyren sowie Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)anthracen, Dibenzo(a,h)anthracen und Indeno(1,2,3-cd)pyren angesehen (IARC 1988, 2010).

Für die Bewertung der Gesundheitsschädigung wird meist Benzo(a)pyren (B(a)P, siehe Abbildung 1) als Leitsubstanz herangezogen; die PAK-Belastung wird anhand der Konzentration von B(a)P in Feinstaub (PM<sub>10</sub>) gemessen. Benzo(a)pyren ist im Hinblick auf Kanzerogenität und Mutagenität – im Gegensatz zu vielen anderen PAK – bestens untersucht (EUROPEAN COMMUNITIES 2001, UMWELTBUNDESAMT 2002, WHO 2010, 2012, 2013).

**chemischer Aufbau von PAK**

**karzinogene und mutagene Wirkung**

**Leitsubstanz Benzo(a)pyren**

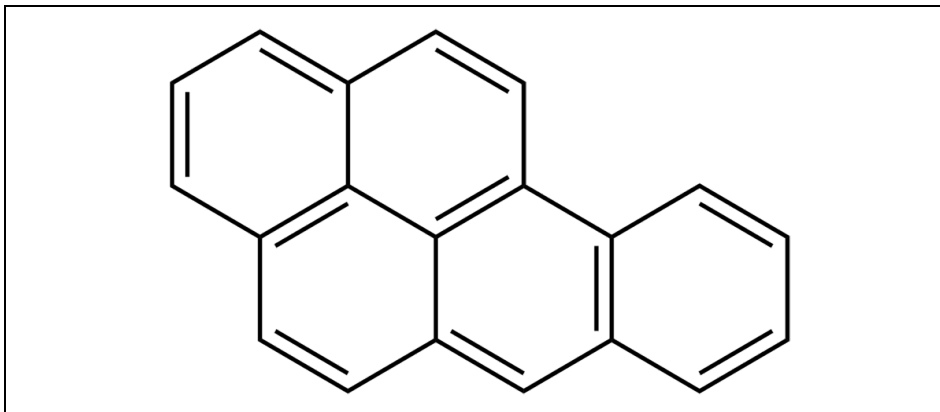


Abbildung 2:  
Strukturformel von Benzo(a)pyren.

Da PAK als Mischung verschiedener Substanzen vorliegen, werden die Konzentrationen mit Gewichtungsfaktoren („Toxic Equivalency Factor“, TEF) entsprechend ihrer Gesundheitsschädlichkeit im Vergleich zu Benzo(a)pyren multipliziert und addiert (siehe Tabelle 1). Damit kann die Schädlichkeit der PAK-Mischung mit einer einzigen Zahl bewertet werden (LARSEN & LARSEN 1998 aus BOSTRÖM et al. 2002). Wie Tabelle 1 zeigt, sind die TEF der häufigsten PAK zumeist deutlich niedriger als jene von B(a)P. Die Konzentrationen der verschiedenen PAK liegen meist in vergleichbarer Höhe; TEF-gewichtet dominiert aber zumeist B(a)P mit einem Anteil zwischen 60 % und 75 % (UMWELTBUNDESAMT 2013a, 2015c).

**Toxic Equivalency Factor**

<sup>5</sup> auch PAH genannt (polycyclic aromatic hydrocarbons)

Tabelle 2:  
Toxizitätsäquivalenz-  
faktoren (TEF)  
verschiedener PAK-  
Spezies, bezogen auf  
Benzo(a)pyren (Quelle:  
LARSEN & LARSEN 1998).

PAK	TEF
Benzo(a)anthracen	0,005
Benzo(a)pyren	1
Benzo(b)fluoranthen	0,1
Benzo(j)fluoranthen	0,05
Benzo(k)fluoranthen	0,05
Dibenzo(a,h)anthracen	1,1
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0,1

### Krebsrisiko

Die Weltgesundheitsorganisation WHO schätzt, dass die lebenslange Belastung durch B(a)P in einer Konzentration von 1,0 ng/m<sup>3</sup> mit einem zusätzlichen Fall von Lungenkrebs je 10.000 EinwohnerInnen<sup>6</sup> verbunden ist (WHO 2010, 2012, 2013). Dies entspricht einem vergleichsweise hohen Risikofaktor (beispielsweise liegt dem Grenzwert für Benzol eine Risikoabschätzung von einem Fall je 1.000.000 EinwohnerInnen zugrunde). Die Europäische Umweltagentur weist daher auch einen WHO-Referenzwert von 0,12 ng/m<sup>3</sup> aus, bei dem ein zusätzlicher Fall einer Krebserkrankung bei lebenslanger Belastung pro 100.000 EinwohnerInnen zu erwarten ist (EEA 2015).

Im Positionspapier der Europäischen Kommission, das als Grundlage für eine Regelung für PAK bzw. Benzo(a)pyren erarbeitet wurde, wurde ein Grenzwert im Bereich von 0,5 ng/m<sup>3</sup> bis 1,0 ng/m<sup>3</sup> für Benzo(a)pyren vorgeschlagen, der nach fünf Jahren überprüft werden sollte (EUROPEAN COMMUNITIES 2001).

### Ziel- und Grenzwert von 1 ng/m<sup>3</sup> für B(a)P

In der 4. Tochterrichtlinie zur EU-Luftqualitätsrahmenrichtlinie, die im Jahr 2004 auf Grundlage dieses Positionspapiers verabschiedet wurde, bzw. im Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) ist für Benzo(a)pyren ein Zielwert von 1 ng/m<sup>3</sup> in der Außenluft festgelegt. Dieser Zielwert darf laut IG-L ab dem 31. Dezember 2012 nicht mehr überschritten werden. Ab diesem Zeitpunkt gilt der Zielwert als Grenzwert. Bei der Überprüfung der Luftqualitätsgesetzgebung<sup>7</sup> auf Europäischer Ebene im Jahr 2013 wurden die Festlegungen für Benzo(a)pyren nicht geändert.

### B(a)P-Messnetz

Um die Einhaltung des Grenzwertes zu beurteilen, wurde in Österreich durch die Ämter der Landesregierungen ein entsprechendes B(a)P-Messnetz schrittweise aufgebaut, sodass im Jahr 2015 35 stationäre Messstellen, verteilt über alle Bundesländer, zur Verfügung standen (UMWELTBUNDESAMT 2016c). Vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung werden darüber hinaus temporäre Messstellen betrieben (LAND STEIERMARK 2014a). Bislang wurden Messungen in Thörl, Übelbach, Vorau, Weiz und Leibnitz durchgeführt.

An der Hintergrundmessstelle des Umweltbundesamtes in Illmitz im Nationalpark Neusiedler See wird zusätzlich ein breiteres Spektrum an PAK gemessen (UMWELTBUNDESAMT 2015b).

<sup>6</sup> Unit risk  $1 \times 10^{-4}$

<sup>7</sup> [http://ec.europa.eu/environment/air/review\\_air\\_policy.htm](http://ec.europa.eu/environment/air/review_air_policy.htm)

Der Grenzwert von 1 ng/m<sup>3</sup> (gerundet auf ganze ng/m<sup>3</sup>) wurde 2015 an zwei Messstellen (Kärnten, Steiermark) überschritten; Jahresmittelwerte über 1,0 ng/m<sup>3</sup> traten zusätzlich an sechs Messstellen<sup>8</sup> auf.

**Überschreitungen  
des Grenzwertes**

Gemäß IG-L sind nach Überschreitung eines Grenzwertes eine Stuserhebung zu erstellen und in Folge ein Maßnahmenprogramm zu erarbeiten. Mit einem solchen Maßnahmenprogramm soll die langfristige Einhaltung des Grenzwertes erreicht werden. Eine Stuserhebung für B(a)P wurde bislang für Kärnten erstellt (UMWELTBUNDESAMT 2013b).

Im Großteil Österreichs sind nach aktuellem Kenntnisstand Emissionen aus der Holzverbrennung in Hausheizungen für erhöhte B(a)P-Belastungen verantwortlich, in Linz vermutlich auch die Emissionen der voestalpine.

**Verursacher:  
Holzverbrennung**

In dieser Studie werden für drei Modellregionen der Steiermark, von denen in den letzten Jahren zwei von Grenzwertüberschreitungen betroffen waren, die für die Einhaltung bzw. weitere Senkung der Belastung notwendige Emissionsreduktion ermittelt sowie dafür notwendige Maßnahmen vorgeschlagen.

Dazu wird zunächst der Emissionskataster der Steiermark um B(a)P- bzw. PAK-Emissionen ergänzt (siehe Kapitel 2). Dafür wurden u. a. in der Literatur verwendete Emissionsfaktoren technologiespezifisch gewichtet. Die aktualisierten Emissionsdaten werden als Eingangsparameter für Modellrechnungen verwendet, mit denen die B(a)P-Belastung der gesamten Steiermark modelliert wird (siehe Kapitel 3). Für drei Modellregionen (Leibnitz, Thörl, Vorau) werden Emissionsreduktionen berechnet und Vorschläge für Maßnahmen erarbeitet, mit denen bestimmte Reduktionen erreicht werden können (siehe Kapitel 4).

**Aufbau der Studie**

In Kapitel 5 werden Schlussfolgerungen zusammengefasst.

---

<sup>8</sup> Klagenfurt Völkermarkterstraße, Villach, Völkermarkt, Zederhaus, Innsbruck Reichenau und Lienz Amlacherkreuzung

## 2 EMISSIONSKATASTER BENZO(A)PYREN

### 2.1 Methodik

**B(a)P- bzw. PAH-Emissionen**

Die nationalen B(a)P- bzw. PAH-Emissionen wurden gemäß der Methodik der aktuellen Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2013 (BLI) der Steiermark zugeordnet. Die Zuordnung zum bestehenden Emissionskataster (Amt der Steiermärkischen Landesregierung) mit einer räumlichen Auflösung von 500 x 500 m<sup>2</sup> wurde durch das Umweltbundesamt mittels umfassender Modellrechnung realisiert.

**energetischer Endverbrauch als räumliches Surrogat**

Der energetische Endverbrauch für Raumwärme und Warmwasserbereitung von Haushalten und Dienstleistungsgebäuden wurde Bottom-up, u. a. basierend auf Daten der Gebäude- und Wohnungszählung 2011 (STATISTIK AUSTRIA 2013a), des Mikrozensus (STATISTIK AUSTRIA 2013b), der TABULA/EPISCOPE Gebäudetypologie für Österreich (AEA 2014) sowie dem Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister (AGWR II) (GDI-L 2015), entwickelt und als räumliches Surrogat auf die BLI-Emissionen angewandt. Der Sektor Landwirtschaft wurde mittels Verteilung der landwirtschaftlich genutzten Gebäudeflächen regionalisiert.

### 2.2 Verwendete Emissionsfaktoren

Die ersten Modellrechnungen mit den Standard-Emissionsfaktoren der Österreichischen Luftschadstoffinventur (OLI) haben unrealistisch niedrige Werte im Vergleich zu den Messergebnissen gezeigt. Daher wurden im nächsten Schritt die Emissionsfaktoren des EMEP/EEA Guidebook 2013 verwendet (EMEP/EEA 2013). Mit diesen wurden die Messergebnisse allerdings deutlich überschätzt. Daher wurden in einem dritten Schritt die Werte des Guidebook mit einer technologiespezifischen Gewichtung<sup>9</sup> der OLI 2015 verschnitten.

Tabelle 3:  
Überblick über die in dieser Studie verwendeten Emissionsfaktoren (technologischespezifische Gewichtung der EMEP/EEA Guidebook 2013-Faktoren) (Quelle: Umweltbundesamt).

Brennstoff	Jahr	Dienstleistung	Haushalte	Landwirtschaft
BaP [mg/GJ]				
Kohle	2013	270	270 HZH 270 WZH 250 EO	270
Stückholz	2013	88,2	65,5	65,5
Pellets, Holzabfälle	2013	10,0	10,0	10,0
Öl	2013	0,08	0,08	0,08
Gas	2013	0,00056	0,00056	0,00056
Flüssiggas	2013	0,006	0,006	0,006

HZH...Hauszentralheizung, WZH...Wohnungszentralheizung, EO...Einzelofen

<sup>9</sup> Beispielrechnung für Stückholz-Zentralheizungen im Dienstleistungssektor:  
EMEP/EEA konventionelle bzw. fortgeschrittene Technologie: 120 mg/GJ bzw. 10 mg/GJ  
OLI 2015 energetischer Anteil alte bzw. neue Anlagen 2013: 71,1 % bzw. 28,9 %  
Gewichteter Emissionsfaktor für Stückholz-Zentralheizungen 2013: 88,2 mg/GJ

Mit diesen abgeleiteten Emissionsfaktoren konnte in den meisten Gebieten eine gute Übereinstimmung zwischen den Modellergebnissen und den Messungen erzielt werden (siehe Tabelle 3, Kapitel 3).

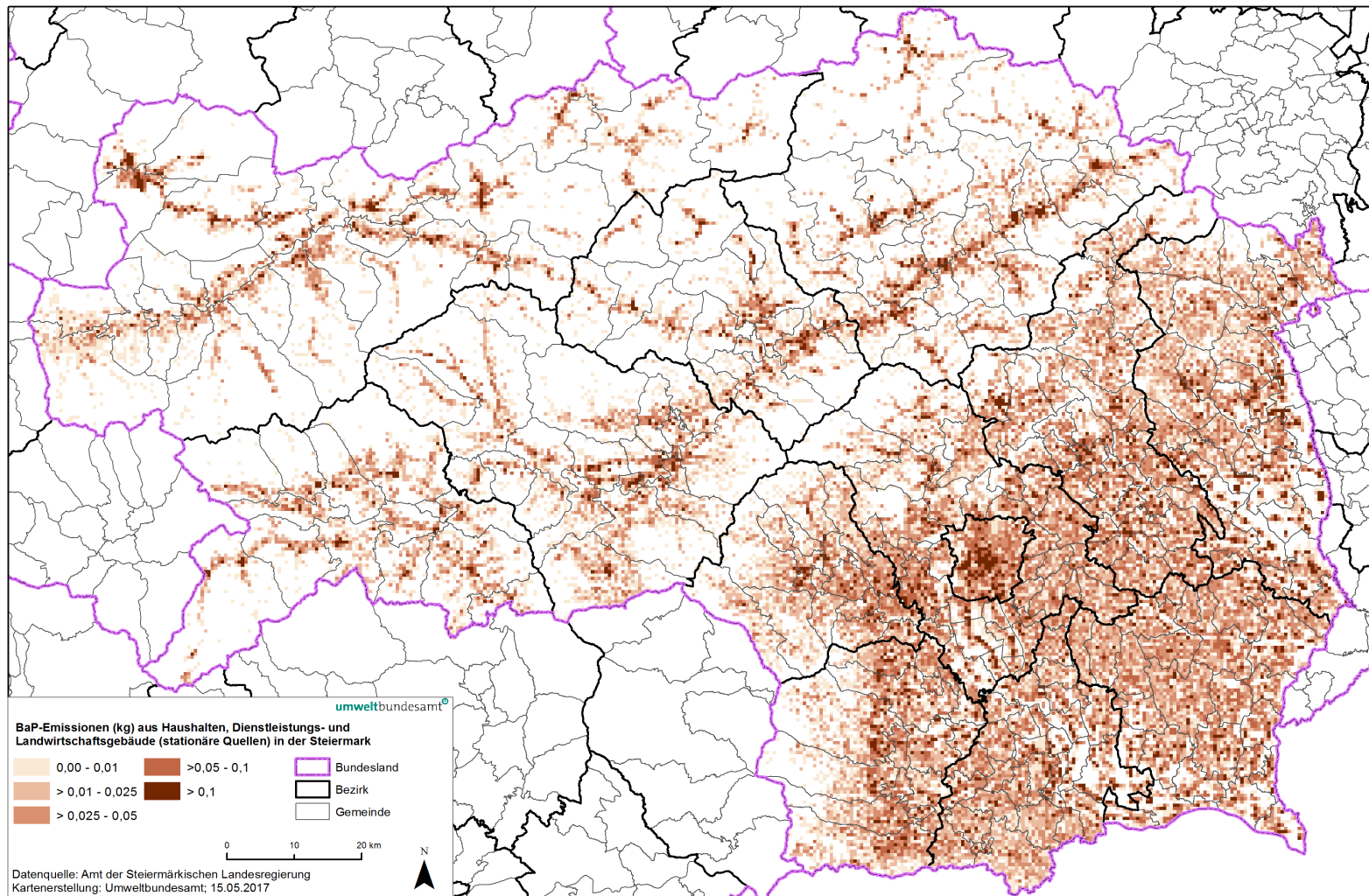
Das BMLFUW hat eine weiterführende Studie zur Aktualisierung der Emissionsfaktoren im Sektor Raumwärme in Auftrag gegeben. Die Ergebnisse werden zu einer weiteren Verbesserung der Datenlage beitragen.

### **2.3 Räumliche Verteilung der B(a)P-Emissionen**

In Abbildung 2 sind die B(a)P-Emissionen in der Steiermark für die Raumwärme und Warmwasserbereitstellung aus Haushalten, Dienstleistungs- und Landwirtschaftsgebäuden des Jahres 2013 dargestellt.

Hohe Emissionsdichten zeigen sich in Graz, im Teilen des Bezirks Graz-Umgebung, im Südosten der Steiermark sowie in der Mur-Mürz-Furche und in Zeltweg.

**B(a)P-Emissionen aus Haushalten, Dienstleistungs- und Landwirtschaftsgebäuden in der Steiermark**



Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung

umweltbundesamt<sup>®</sup>

Abbildung 3: B(a)P-Emissionen aus Haushalten, Dienstleistungs- und Landwirtschaftsgebäuden (stationäre Quellen) in der Steiermark, 2013.

### 3 MODELLIERUNG DER B(A)P-BELASTUNG DER STEIERMARK

Die im Kapitel 2 dargestellten Emissionsdaten für die Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung wurden als Eingangsdaten für die vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung durchgeführten Modellrechnungen verwendet. Die Simulationen wurden mit dem Modellsystem GRAMM/GRAL erstellt (LAND STEIERMARK 2016). Die Ergebnisse der Modellrechnungen sind in Abbildung 3 dargestellt. Als Vorbelastung wurde ein Wert von  $0,3 \text{ ng/m}^3$  angenommen. Dies entspricht in etwa der Belastung in Illmitz und am Grundlsee (UMWELTBUNDESAMT 2016a; siehe Tabelle 3).

Hohe Belastungen zeigen sich neben Graz in allen größeren Orten der Südoststeiermark, der Mur-Mürz-Furche, der Bezirke Voitsberg und Graz-Umgebung.

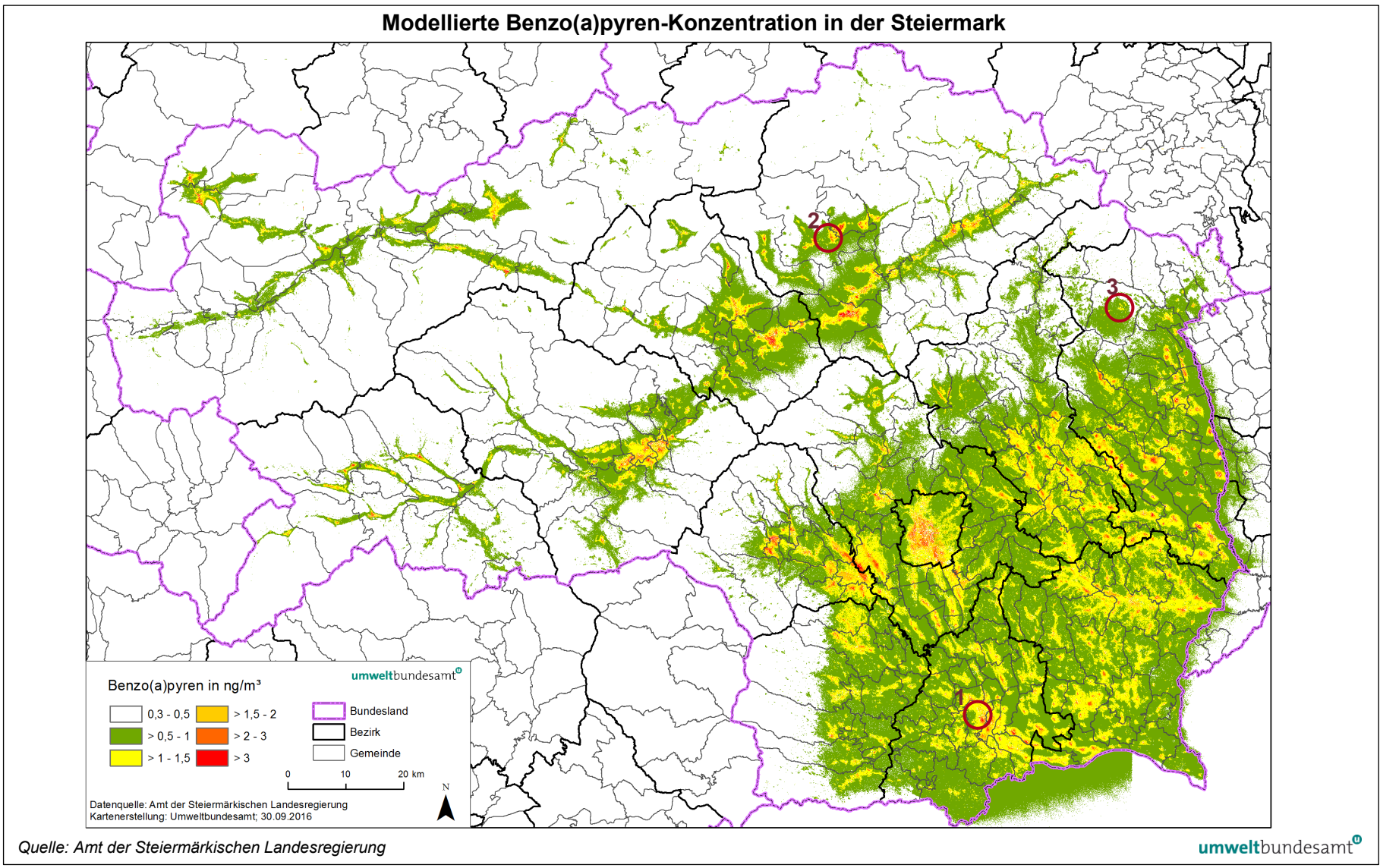
Tabelle 3 zeigt einen Vergleich der Modellrechnungen mit den Messungen. In den meisten Gebieten zeigt sich eine gute Übereinstimmung, v. a. wenn man die Unsicherheiten der Emissionsberechnungen und die hohe Variabilität der B(a)P-Belastung berücksichtigt. Lediglich in Murau und Leoben-Donawitz zeigen sich größere Abweichungen. Die Überschätzung der Modellrechnungen in Leoben-Donawitz dürfte auf die sehr spezifische Heizungsstruktur in den Werkwohnungen der voestalpine (überwiegend Fernwärme und Gasheizung) zurückzuführen sein, die im gesamtsteirischen Emissionsmodell nicht abgebildet werden können. Warum die gemessenen Werte in Murau deutlich niedriger als die modellierten sind, kann nicht eindeutig eruiert werden.

#### **Gebiete mit hoher Belastung**

Station	Jahr	BaP [ $\text{ng/m}^3$ ]	
		Modell	Messung
Leibnitz	2013	2,8	2,5
Weiz	2013	1,5	1,6
Graz-Süd	2013	1,7	1,6
Deutschlandsberg AK	2013	1,7	1,2
Leoben-Donawitz	2013	2,4	1,1
Thörl	2013	2,0	2
Übelbach	2013	1,7	1,4
Murau	2014	1,6	0,7
Radkersburg	2014	0,7	0,9
Grundlsee	2014	0,5	0,3
Vorau	2016	0,5	0,4

*Tabelle 4:  
Vergleich der  
Modellergebnisse (inkl.  
Vorbelastung von  
 $0,3 \text{ ng/m}^3$ ) mit den  
Messungen (Quelle: Amt  
der Steiermärkischen  
Landesregierung).*





Quelle: Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Abbildung 4: Modellierte Benzo(a)pyren-Konzentration in der Steiermark (inkl. 0,3 ng/m<sup>3</sup> Vorbelastung), Windfeld für 2010, Emissionen 2013 (1: Leibnitz, 2: Thörl, 3: Vorau).



## 4 ANALYSE DREIER MODELLREGIONEN

### 4.1 Auswahl der Modellregionen

Mit Hilfe der Modellrechnungen sowie der kontinuierlichen und mobilen Messungen wurden in Absprache mit dem Amt der Steiermärkischen Landesregierung drei Regionen ausgewählt. Für diese Regionen wurde zunächst die für die Einhaltung des Grenzwertes bzw. eines Wertes von  $1,0 \text{ ng/m}^3$  notwendige Emissionsreduktion abgeschätzt. In weiterer Folge wurden Maßnahmenvorschläge erarbeitet, mit denen diese Reduktionen erreicht werden können.

Ausgewählt wurden die Gemeinden Leibnitz, Thörl und Voralpe, da aus diesen Messungen vorliegen, die Überschreitungen des B(a)P-Grenzwertes zeigen (siehe Tabelle 3 und Abbildung 3); für Voralpe sind in einem LIFE+-Projekt umfangreiche Maßnahmen und Messungen geplant. Thörl ist dabei als beispielhaft für viele weitere Orte der Steiermark zu sehen, die durch einen hohen Anteil an Festbrennstoffheizungen und schlechte Ausbreitungsbedingungen hohe B(a)P-Belastungen aufweisen oder erwarten lassen (siehe Abbildung 3).

**Gründe für die Auswahl**

Berechnet wird die prozentuelle Änderung der Emissionen auf Gemeindeebene.

Die Wirkung auf weitere Schadstoffe wurde nicht abgeschätzt. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Maßnahmen jedenfalls auch zu einer Reduktion der PM-Belastung führen.

### 4.2 Maßnahmengruppen

Für zwei der drei ausgewählten steirischen Gemeinden (Leibnitz und Thörl) war eine geeignete Maßnahmenkombination zur Emissionsreduktion zu formulieren, sodass zu einem frühestmöglichen Zeitpunkt (vorzugsweise 2020) die Belastung auf einen Wert von  $1 \text{ ng/m}^3$  gesenkt wird. Für Voralpe wurde eine Maßnahmenkombination formuliert, um eine 30%ige Emissionsreduktion zu erzielen.

Dieser Zeitraum ist bewusst knapp gehalten, da zur Zielerreichung mit der Umsetzung möglichst rasch begonnen werden sollte (an den Aussagen bzw. der Maßnahmenkombination würde sich im Wesentlichen aber nichts ändern, falls die Umsetzung erst zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt).

**ambitioniertes Reduktionsziel**

Die untersuchten Maßnahmen umfassen:

- a) Gebäudesanierung und Effizienzverbesserung
- b) Energieträgerwechsel
- c) Einbau von Filtern zur Staubabscheidung
- d) Tausch gegen emissionsarme Holzheizungen
- e) organisatorische Maßnahmen und Bewusstseinsbildung

**untersuchte Maßnahmen**

Das vorgegebene ambitionierte Reduktionsziel kann nur durch Umsetzung einer geeigneten – an die regionale Heizungs- und Gebäudestruktur angepassten – Maßnahmenkombination erreicht werden. Aus Gründen der Kosteneffizienz und der Wirksamkeit (Durchdringung) werden die Maßnahmen wie folgt formuliert:

- a) Senkung des Heizwärmebedarfs durch **Effizienzverbesserung von Gebäuden** bis zum Baujahr 2000 (Thermische Sanierung) inkl. Effizienzverbesserung der Regelung, der Wärmespeicherung und der Wärmeverteilung. Die Einschränkung auf ältere Gebäude wurde gewählt, da ab dem Baujahr 2000 die thermisch-energetische Qualität der Gebäude in der Regel relativ gut ist, sodass sich aus derzeitiger Sicht bei neueren Gebäuden Investitionen wirtschaftlich kaum darstellen lassen.
- b) **Energieträgerwechsel**: Ersatz von Hauptheizungen mit festen Brennstoffen durch Heizsysteme mit Energieträgern ohne B(a)P-Emissionen (Umgebungswärme, Solarthermie, Erdgas, Fernwärme) bei allen Gebäuden inklusive Neubau; dieser Maßnahme wird für die Zwecke dieser Studie höchste Priorität eingeräumt. Fernwärme kann ebenfalls eine gute Option im Rahmen der Maßnahme „b“ sein. Dabei ist jedoch im Einzelfall zu beachten, ob es nicht zur Verlagerung von B(a)P-Emissionen kommt, falls es sich um Biomasse-Nahwärme handelt. Auch hier ist der genaue Effekt der B(a)P-Reduktion durch die verschiedenen Entstaubungstechnologien der Abgasreinigung im praktischen Betrieb wissenschaftlich bzw. fachlich nicht gesichert.
- c) Nachträglicher Einbau von **Filtern zur Staubabscheidung** mit hoher Effizienz ( $\eta > 80 \%$ ) bei Hauptheizungen mit festen Brennstoffen in Gebäuden. Diese Maßnahme wird in Betracht gezogen, wenn ein Energieträgerwechsel bzw. der Wechsel zu einer modernen, automatischen Festbrennstoff-Heizung als nicht darstellbar erachtet wird. Der nachträgliche Einbau von Filtern zur Staubabscheidung ist in der Schweiz und in Deutschland als Maßnahme zur Reduktion der Staub-Emissionen seit mehreren Jahren in Umsetzung (BAFA 2015, [KANTON WALLIS](#), [KANTON NIDWALDEN](#)). Diese Filter zeigen sowohl am Prüfstand als auch im Feldversuch eine gute Verfügbarkeit und Abscheideeffizienz für Feinstaub (DBFZ 2015, 2016). Eine hohe Wirksamkeit hinsichtlich der B(a)P-Reduktion konnte zwar gezeigt werden, sie ist derzeit aber noch nicht bei allen Anlagen und bei allen Betriebszuständen nachgewiesen und erfordert eine sorgfältige Wartung der Heizungsanlage und der Abgasreinigung (BIOS 2016). Derzeit noch unbekannt ist auch, inwieweit die kommerziell erhältlichen Systeme das auf Prüfständen gemessene Partikelrückhaltevermögen in der Praxis über die Lebensdauer einhalten können – zu berücksichtigen wären Einbaumängel, stark belastende Betriebszustände (z. B. rußender oder teerender Betrieb) und Wartungsdefizite. Bekannt ist jedoch, dass die Kondensation von flüchtigen Kohlenwasserstoffen aus der gasförmigen Phase sehr stark von der Abgastemperatur, den Kondensationskeimen und von der verfügbaren Zeit abhängt. Entsprechende Erhebungen und Auswertungen von Daten und Praxiserfahrungen sowie Stichprobenmessungen würden hier eine bessere Wirkungsabschätzung und Planung ermöglichen.
- d) Ersatz von manuell bedienten Hauptheizungen mit festen Brennstoffen durch **automatische biogene Feuerungen**, die einen Zulassungs-Grenzwert<sup>10</sup> für Gesamtstaub von  $< 15 \text{ mg/MJ}$  einhalten.
- e) **Organisatorische Maßnahmen**: Diese umfassen eine Intensivierung der Beratung, Maßnahmen zur Bewusstseinsbildung und verstärkte Kontrollen. Organisatorische Maßnahmen können alle beschriebenen Maßnahmen ermög-

---

<sup>10</sup> entspricht dem Österreichischen Umweltzeichen UZ37 bzw. Förderungskriterien für Pelletskessel des Klima- und Energiefonds im Förderprogramm „Holzheizungen“

lichen, verbessern oder verstärken. Insbesondere ordnungsrechtliche Maßnahmen, wie z. B. Vorgaben an Installation, Betrieb und an die regelmäßige Überprüfung der (Staub-)Emissionen und der zulässigen Brennstoffe sind sehr effektiv. „Weiche“ Maßnahmen wie Informations- und Beratungskampagnen ermöglichen andere Maßnahmen als 'Enabler' und verstärken sie als 'Enhancer'.

Tabelle 4 fasst die Annahmen zur Wirkung der einzelnen Maßnahmen zusammen:

Tabelle 5: Maßnahmencharakteristik (Begründung des einer Gemeinde zugeordneten Wirkungsanteils der Maßnahme) (Quelle: Umweltbundesamt).

Maßnahme	Fokus	angenommene Marktdurchdringung 2020	angenommene Reduktionswirksamkeit	Hauptkriterien Maßnahmenerfolg, Reduktionswirkung
a) Gebäude-sanierung	FB überwiegend in EFH und ZFH; unsanierte Gebäude	sehr niedrig	mittel bis hoch	1. Identifikation Haushalte/Gebäude mit FB-Altanlagen mit hoher B(a)P-Emission der FB-Heizung und therm. Sanierungsbedarf der Gebäudehülle
b) ET-Wechsel	ET-Wechsel weg von FB-Heizungen ist leichter im urbanen Raum; unsanierte Gebäude	niedrig	sehr hoch	1. Angebot an interessanten ET-Alternativen 2. Überwindung von Energieträgerpräferenzen
c) PM <sub>10</sub> -Filter	ET-Wechsel oder Erneuerung des FB-Heizung nicht möglich	mittel, aber hohe Unsicherheit	potenziell mittel bis hoch	1. B(a)P-Wirksamkeit von Feinstaubfiltern (E-Filtern) 2. technische und organisatorische Machbarkeit (Einbau, Wartung) 3. langfristige Zuverlässigkeit (Verfügbarkeit) im Realbetrieb
d) Neue FB-Heizungen	ET-Wechsel nicht erwünscht; unsanierte Gebäude	niedrig	mittel bis hoch	1. Heizgewohnheiten vs. Komfortgewinn 2. Alter der FB-Heizung
e) Organisatorische Maßnahmen	besonders für die Restgruppe, die nicht für „b“, „d“, „c“ und „a“	hoch	weich: niedrig bis mittel hart: mittel bis hoch	1. Kommunikationsprozess und Integration der Beteiligten und Betroffenen 2. Zusammenarbeit aller Akteure und Ressourcen 3. Qualität der Planung und Organisation von Vorbereitung und Umsetzung

EFH: Einfamilienhaus

ZFH: Zweifamilienhaus

ET: Energieträger

FB: Festbrennstoff

Die beschriebenen Maßnahmengruppen wurden ortsspezifisch entsprechend der Gebäude- und Heizungsstruktur kombiniert. Unter Berücksichtigung von Annahmen zu Marktdurchdringung und Wirksamkeit (siehe Tabelle 4) sowie charakteristischer Reboundeffekte und Umsetzungshemmnisse leitet sich aus

**ortsspezifische Maßnahmenkombination**

den lokalen Gemeindestrukturen eine sinnvolle Maßnahmenkombination<sup>11</sup> zur Zielerreichung ab. Eine Zielerreichung bis 2020 erscheint sehr ambitioniert und ist mit einem hohen Aufwand verbunden. Selbst bei einer Umsetzung bis 2025 ist eine stringente und effektive Umsetzung mit ausreichenden Ressourcen und einer guten Detailplanung unerlässlich.

Angenommen wurde, dass ab sofort keine manuellen Festbrennstoff-Hauptheizungen bzw. nur emissionsarme, automatische Festbrennstoff-Hauptheizungen (TSP Zulassungsgrenzwert < 15 mg/MJ) in den drei Modellregionen (Gemeinden) installiert werden.

## 4.3 Modellregion Leibnitz

### 4.3.1 Luftschadstoffbelastung in Leibnitz

Leibnitz ist die Bezirkshauptstadt des gleichnamigen Bezirks im Süden der Steiermark mit knapp 12.000 Einwohnerinnen und Einwohnern. PM<sub>10</sub> wird in Leibnitz seit dem Jahr 2006, die B(a)P-Belastung wurde vom 01.07.2012 bis zum 30.06.2013 gemessen. In diesem Zeitraum lag die B(a)P-Konzentration bei 2,53 ng/m<sup>3</sup> (LAND STEIERMARK 2014b). Damit wäre der Grenzwert von 1 ng/m<sup>3</sup> für den Jahresmittelwert deutlich überschritten gewesen. Die Modellrechnungen (inkl. Vorbelastung von 0,3 ng/m<sup>3</sup>) ergaben für Leibnitz einen Wert von 2,8 ng/m<sup>3</sup>.

### 4.3.2 Emissionen

In Tabelle 5 sind die B(a)P-Emissionen aus der Raumwärme und Warmwasserbereitstellung der Stadt Leibnitz als Gesamtsumme sowie bezogen auf den Dauersiedlungsraum<sup>12</sup> und den Siedlungsraum dargestellt. Diese werden dominiert von den Emissionen aus Haushalten; im Unterschied zur Gemeinde Thörl sind aber auch die Emissionen aus Dienstleistungsgebäuden von Relevanz.

---

<sup>11</sup> Beispielrechnung für Leibnitz: Die Gesamtreduktion der B(a)P-Emissionen 2020 von 2,56 kg/a gegenüber 2014 resultiert aus der gewählten Gewichtung der Maßnahmengruppen. Dabei ist der Beitrag zur Emissionsreduktion der Maßnahmengruppe „a“ 12 %, der Maßnahmengruppe „b“ 27 %, der Maßnahmengruppe „c“ 30 %, der Maßnahmengruppe „d“ 20 % und der Maßnahmengruppe „e“ 11 %, jeweils bezogen auf den Gesamteffekt. Aus den Prozentwerten ist kein Rückschluss auf das Maßnahmenpotenzial einer Maßnahmengruppe bzw. den Ausschöpfungsgrad möglich, die Verteilung ist im Sinne einer ortsspezifischen Schwerpunktsetzung zur Erreichung des Immissionsziels zu verstehen.

<sup>12</sup> Der Dauersiedlungsraum beschreibt den potenziellen Raum für Besiedlung. Er setzt sich aus dem Siedlungsraum (städtisch geprägte Flächen, Industrie- und Gewerbeflächen) sowie dem besiedelbaren Raum (Ackerflächen, Dauerkulturen, Grünland, heterogene landwirtschaftliche Flächen, Abbauflächen, künstlich angelegte nicht landwirtschaftliche Flächen) zusammen. Unbesiedelbarer Raum (Wälder, Kraut/Strauchvegetation, Wasserflächen, Feuchtfelder, offene Flächen ohne oder mit geringer Vegetation) hingegen ist kein Teil des Dauersiedlungsraumes ([http://www.statistik.at/web\\_de/klassifikationen/regionale\\_gliederungen/dauersiedlungsraum/index.html](http://www.statistik.at/web_de/klassifikationen/regionale_gliederungen/dauersiedlungsraum/index.html)).

Ein ähnliches Bild zeigt sich in den umliegenden Gemeinden<sup>13</sup>, die – wie die Modellrechnungen zeigen (siehe Abbildung 3) – die Belastung mit B(a)P der Stadt Leibnitz mitbeeinflussen. Auch sind die Gesamtemissionen der umliegenden Gemeinden mehr als dreimal so hoch wie die Emissionen der Stadt Leibnitz selbst, obwohl die Zahl der EinwohnerInnen in diesen fünf Gemeinden mit etwa 16.000 nicht viel höher als in Leibnitz ist.

Tabelle 6: B(a)P-Emissionen im Jahr 2014 aus der Raumwärme und Warmwasserbereitstellung der Stadt Leibnitz und der umliegenden Gemeinden (Quelle: Umweltbundesamt).

		Leibnitz	Gralla	Wagna	Gamlitz	Heim- schuh	Tillmitsch
SNAP 020103 Dienstleistungen Heizung	kg/a	0,8	0,020	0,104	0,090	0,057	0,013
SNAP 020202 Haushalte Zentralheizung, SNAP 020205 Haushalte Einzelofen	kg/a	2,7	1,3	2,2	3,4	2,5	2,1
SNAP 20302 Landwirtschaft Heizung	kg/a	0,03	0	0,01	0	0	0
<b>Summe</b>	<b>kg/a</b>	<b>3,53</b>	<b>1,3</b>	<b>2,3</b>	<b>3,5</b>	<b>2,6</b>	<b>2,1</b>
B(a)P-Emissionen pro Dauer- siedlungsraum	kg/km <sup>2</sup> *a	0,20	0,17	0,22	0,15	0,21	0,18
B(a)P-Emissionen pro Sied- lungsraum	kg/km <sup>2</sup> *a	0,29	0,40	0,38	0,31	0,38	0,34

### 4.3.3 Maßnahmenvorschläge Leibnitz

Für die Stadt Leibnitz kann eine Emissionsreduktion<sup>14</sup> von über 60 % durch die in Tabelle 6 angeführte Maßnahmenkombination (siehe Kapitel 4.2) erreicht werden.

Gemeinde	Leibnitz
EinwohnerInnen (01.01.2015)	11.630
B(a)P WEM 2014 [kg/a]	3,53
Maßnahmen-Wirkungsanteil	a: 12 %, b: 27 %, c: 30 %, d: 20 %, e: 11 %
B(a)P WAM 2020 [kg/a]	0,97
rel. B(a)P-Reduktion	63 %

Tabelle 7:  
Benzo(a)pyren-  
Emissionen im Jahr  
2014 sowie im Jahr  
2020 bei Umsetzung der  
Maßnahmenkombination  
in der Stadt Leibnitz  
(Quelle:  
Umweltbundesamt).

WEM: With Existing Measures; WAM: With Additional Measures

<sup>13</sup> Gralla, Wagna, Gamlitz, Heimschuh, Tillmitsch

<sup>14</sup> Dieser Prozentsatz für die Emissionsreduktionen ergibt sich aus einer ersten groben Abschätzung der notwendigen lokalen Emissionsreduktion zur Einhaltung eines Wertes von 1 ng/m<sup>3</sup>, ausgehend von der gemessenen Konzentration von 2,5 ng/m<sup>3</sup> und einer (ursprünglich angenommenen) Vorbelastung von 0,1 ng/m<sup>3</sup>.

#### 4.3.4 Ergebnisse Modellrechnungen Leibnitz

Mit den entsprechend der in Tabelle 6 angeführten Maßnahmen ergibt sich eine modellierte B(a)P-Konzentration (inkl. Vorbelastung von 0,3 ng/m<sup>3</sup>) von 1,7 ng/m<sup>3</sup> in Leibnitz. Damit wäre der Grenzwert gemäß IG-L noch immer knapp überschritten. Es wären daher weitere Maßnahmen, v. a. auch in den umliegenden Gemeinden, notwendig.

### 4.4 Modellregion Thörl

#### 4.4.1 Luftschadstoffbelastung in Thörl

Thörl ist eine Marktgemeinde im Bezirk Bruck-Mürzzuschlag in der Obersteiermark mit etwa 2.300 Einwohnerinnen und Einwohnern. Vom 28.12.2011 bis zum 23.06.2013 wurden in Thörl mittels einer mobilen Messstation PM<sub>10</sub> und B(a)P gemessen (LAND STEIERMARK 2014a).

Während die PM<sub>10</sub>-Belastung mit etwa 21 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel 2012 bzw. im Periodenmittel über die Messperiode vergleichsweise niedrig war, wurde im Jahresmittel 2012 eine B(a)P-Konzentration von 2,28 µg/m<sup>3</sup> gemessen, als Mittelwert von Juli 2012 bis Juni 2013 1,98 µg/m<sup>3</sup>. Damit war der Grenzwert von 1 ng/m<sup>3</sup> deutlich überschritten. Die Modellrechnungen (inkl. Vorbelastung) ergaben einen Wert von 2,0 ng/m<sup>3</sup>.

Als Gründe für die vergleichsweise hohe Belastung wurden im Messbericht hohe Emissionen aus älteren Heizungsanlagen in Einfamilienhäusern und die schlechten Ausbreitungsbedingungen in den Wintermonaten genannt.

#### 4.4.2 Emissionen in Thörl

In Tabelle 7 sind die B(a)P-Emissionen aus der Raumwärme und Warmwasserbereitstellung der Gemeinde Thörl dargestellt. Diese werden dominiert von den Emissionen aus Haushalten. Von allen drei Modellregionen weist die Gemeinde Thörl die höchste Emissionsdichte im Siedlungsraum auf. Auch sind die Gesamtemissionen nur wenig niedriger als jene der Stadt Leibnitz, die aber etwa fünfmal so viele EinwohnerInnen hat.

Tabelle 8:  
B(a)P-Emissionen im  
Jahr 2014 aus der  
Raumwärme und  
Warmwasserbereit-  
stellung der Gemeinde  
Thörl (Quelle:  
Umweltbundesamt).

		Thörl
SNAP 020103 Dienstleistungen Heizung	kg/a	0,04
SNAP 020202 Haushalte Zentralheizung, SNAP 020205 Haushalte Einzelofen	kg/a	2,52
SNAP 20302 Landwirtschaft Heizung	kg/a	0
<b>Summe</b>	<b>kg/a</b>	<b>2,56</b>
B(a)P-Emissionen pro Dauersiedlungsraum	kg/km <sup>2</sup> *a	0,18
B(a)P-Emissionen pro Siedlungsraum	kg/km <sup>2</sup> *a	0,39

#### 4.4.3 Maßnahmenvorschläge Thörl

Für die Marktgemeinde Thörl kann eine Emissionsreduktion<sup>15</sup> von über 50 % durch die in Tabelle 8 angeführte Maßnahmenkombination (siehe Kapitel 4.2) erreicht werden.

Gemeinde	Thörl
EinwohnerInnen (01.01.2015)	2.342
B(a)P WEM 2014 [kg/a]	2,56
Maßnahmen-Wirkungsanteil	a: 9 %, b: 23 %, c: 37 %, d: 19 %, e: 12 %
B(a)P WAM 2020 [kg/a]	1,04
rel. B(a)P-Reduktion	53 %

*Tabelle 9:  
Benzo(a)pyren-  
Emissionen im Jahr  
2014 sowie im Jahr  
2020 bei Umsetzung der  
Maßnahmenkombination  
in der Gemeinde Thörl  
(Quelle:  
Umweltbundesamt).*

WEM: With Existing Measures; WAM: With Additional Measures.

#### 4.4.4 Ergebnisse Modellrechnungen Thörl

Mit den entsprechend der in Tabelle 8 angeführten Maßnahmen ergibt sich eine modellierte B(a)P-Konzentration (inkl. Hintergrundbelastung von 0,3 ng/m<sup>3</sup>) von 1,2 ng/m<sup>3</sup> in Thörl. Damit wäre der Grenzwert gemäß IG-L eingehalten.

### 4.5 Modellregion Voralpe

Voralpe ist eine Marktgemeinde mit etwa 4.800 Einwohnerinnen und Einwohnern<sup>16</sup> im Nordosten der Steiermark im Bezirk Hartberg-Fürstenfeld. PM<sub>10</sub> und B(a)P wurden in Voralpe vom 02.07.2015 bis zum 29.06.2016 gemessen.<sup>17</sup> Die B(a)P-Messung ergab einen vergleichsweise niedrigen Wert von 0,41 ng/m<sup>3</sup>; auch die PM<sub>10</sub>-Belastung<sup>18</sup> war mit einem Periodenmittelwert von 16,2 µg/m<sup>3</sup> und lediglich einer Überschreitung des Grenzwerts für den Tagesmittelwert von 50 µg/m<sup>3</sup> niedrig. Die Modellrechnungen (inkl. Vorbelastung von 0,3 ng/m<sup>3</sup>) ergaben für Voralpe einen Wert von 0,5 ng/m<sup>3</sup>.

<sup>15</sup> Dieser Prozentsatz für die Emissionsreduktionen ergibt sich aus einer ersten groben Abschätzung der notwendigen lokalen Emissionsreduktion zur Einhaltung eines Wertes von 1 ng/m<sup>3</sup> ausgehend von der gemessenen Konzentration von 2 ng/m<sup>3</sup> und einer (ursprünglich angenommenen) Vorbelastung von 0,1 ng/m<sup>3</sup>.

<sup>16</sup> inkl. der Gemeinden Puchegg, Riegersberg, Schachen bei Voralpe und Vornholz, die mit Voralpe 01.01.2015 zusammengeschlossen wurden.

<sup>17</sup> <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/12289588/2061802/>

<sup>18</sup> vorläufige Daten



#### 4.5.1 Emissionen

In Tabelle 9 sind die B(a)P-Emissionen aus der Raumwärme und Warmwasserbereitstellung der Marktgemeinde Voralpe dargestellt. Diese werden dominiert von den Emissionen aus Haushalten. Auffallend sind die deutlich höheren Gesamtemissionen, verglichen mit denen der Stadt Leibnitz und von Thörl (siehe Tabelle 5 bzw. Tabelle 7). Die dagegen sehr viel niedrigere B(a)P-Belastung (siehe oben) dürfte mit der höheren durchschnittlichen Windgeschwindigkeit von 1,5 bis 2,0 m/s in Voralpe (Leibnitz: 0,6 m/s) und den niedrigeren Emissionsdichten, bezogen auf den Siedlungsraum, zusammenhängen (LAND STEIERMARK 2015).

Tabelle 10:  
B(a)P-Emissionen im Jahr 2014 aus der Raumwärme und Warmwasserbereitstellung der Marktgemeinde Voralpe (Quelle: Umweltbundesamt).

		Voralpe
SNAP 020103 Dienstleistungen Heizung	kg/a	0,03
SNAP 020202 Haushalte Zentralheizung, SNAP 020205 Haushalte Einzelöfen	kg/a	5,3
SNAP 20302 Landwirtschaft Heizung	kg/a	0
<b>Summe</b>	<b>kg/a</b>	<b>5,32</b>
B(a)P-Emissionen pro Dauersiedlungsraum	kg/km <sup>2</sup> *a	0,12
B(a)P-Emissionen pro Siedlungsraum	kg/km <sup>2</sup> *a	0,27

#### 4.5.2 Maßnahmenvorschläge Voralpe

Für die Marktgemeinde Voralpe kann mit der in Tabelle 10 angeführten Maßnahmenkombination (siehe Kapitel 4.2) eine Emissionsreduktion von 30 % erreicht werden.

Tabelle 11:  
Benzo(a)pyren-Emissionen im Jahr 2014 sowie im Jahr 2020 bei Umsetzung des Maßnahmenmix in der Marktgemeinde Voralpe (Quelle: Umweltbundesamt).

Gemeinde	Voralpe
EinwohnerInnen (01.01.2015)	4.824
B(a)P WEM 2014 [kg/a]	5,32
Maßnahmen-Wirkungsanteil	a: 10 %, b: 25 %, c: 35 %, d: 20 %, e: 10 %
B(a)P WAM 2020 [kg/a]	3,56
rel. B(a)P-Reduktion	30 %

WEM: With Existing Measures; WAM: With Additional Measures

#### 4.5.3 Ergebnisse Modellrechnungen Voralpe

Mit den entsprechend der in Tabelle 10 angeführten Maßnahmen ergibt sich eine modellierte B(a)P-Konzentration (inkl. Hintergrundbelastung von 0,3 ng/m<sup>3</sup>) von 0,45 ng/m<sup>3</sup> in Voralpe.



## 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Aus den in den Kapiteln 2 bis 4 angeführten Ergebnissen können die folgenden Schlussfolgerungen gezogen werden:

- Die Emissionsfaktoren für PAK der Österreichischen Luftschadstoffinventur (OLI) und des EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013 sind für die Aufgabenstellung nicht direkt anwendbar. Eine gute Übereinstimmung mit den Modellergebnissen zeigt sich mit einer technologiespezifischen Gewichtung der Emissionsfaktoren der OLI 2015. Das BMLFUW hat eine weiterführende Studie zur Aktualisierung der Emissionsfaktoren im Sektor Raumwärme in Auftrag gegeben, welche zu einer Verbesserung der Datenlage beitragen wird.
- Die Modellrechnungen zeigen in einem Gutteil der Orte eine sehr gute Übereinstimmung mit den vorliegenden Messergebnissen. Lediglich in grenznahen Orten zeigen sich zu niedrige Werte, da hier keine Emissionen aus dem Nachbarland berücksichtigt werden konnten; Abweichungen zeigen sich auch in Leoben-Donawitz durch die spezifische Heizungsstruktur (überwiegend Fernwärme und Gasheizung) der Werkwohnungen.
- Die Modellrechnungen zeigen des Weiteren eine sehr ausgeprägte Variabilität der Belastung mit B(a)P. Hohe Belastungen werden in vielen kleineren Gemeinden ausgewiesen, in welchen ein hoher Anteil an Holzheizungen vorliegt und schlechte Ausbreitungsbedingungen dominieren.
- Die Einhaltung des B(a)P-Grenzwertes von  $1 \text{ ng/m}^3$  bis 2020 erfordert drastische Emissionsreduktionen im Bereich der Raumwärme- und Warmwasserbereitstellung. Mögliche Maßnahmen zur Emissionsreduktion umfassen Effizienzverbesserungen von Gebäuden und Heizungsanlagen, den Wechsel zu „emissionsfreien“ Energieträgern (d. h. Energieträger, welche keine B(a)P-Emissionen verursachen), den Einbau von Filteranlagen, den Wechsel zu emissionsarmen Holzheizungen sowie organisatorische Maßnahmen und Bewusstseinsbildung.
- Diese Maßnahmen müssen ortsspezifisch entsprechend der Gebäude- und Heizungsstruktur kombiniert werden. Bei unverzüglicher und vollständiger Umsetzung ist auf Basis der getroffenen Annahmen die Einhaltung des B(a)P-Grenzwertes ab dem Jahr 2020 in den zwei von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Modellregionen möglich. Im Fall von Leibnitz müssten auch in den Nachbargemeinden entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden.
- Filter zur Staubabscheidung zeigen sowohl am Prüfstand als auch im Feldversuch eine gute Verfügbarkeit und Abscheideeffizienz für Feinstaub. Eine hohe Wirksamkeit hinsichtlich der B(a)P-Reduktion konnte gezeigt werden, ist aber derzeit nur unter bestimmten Betriebszuständen nachgewiesen und erfordert eine sorgfältige Wartung der Heizungsanlage und der Abgasreinigung. Unbekannt ist auch, inwieweit die kommerziell erhältlichen Systeme das auf Prüfständen gemessene Partikelrückhaltevermögen in der Praxis über die Lebensdauer einhalten können – zu berücksichtigen wären Einbaumängel, stark belastende Betriebszustände (z. B. rußender oder kondensierender bzw. teerender Betrieb) und Wartungsdefizite. Entsprechende Erhebungen und Auswertungen von Daten und Praxiserfahrungen sowie Stichprobenmessungen würden hier eine bessere Wirkungsabschätzung und Planung ermöglichen.

- Fernwärme kann ebenfalls eine gute Option im Rahmen der Maßnahme „b“ sein. Dabei ist jedoch im Einzelfall zu beachten, ob es nicht zur Verlagerung von B(a)P-Emissionen kommt, falls es sich um Biomasse-Nahwärme handelt. Auch hier ist der genaue Effekt der B(a)P-Reduktion durch die verschiedenen Entstaubungstechnologien der Abgasreinigung im praktischen Betrieb wissenschaftlich bzw. fachlich nicht gesichert.
- Zur beschleunigten Marktdurchdringung von Filtersystemen sollten geeignete Fördersysteme eingerichtet werden.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- AEA – Austrian Energy Agency (2014): Eine Typologie österreichischer Wohngebäude. Ein Nachschlagewerk mit charakteristischen, energierelevanten Merkmalen von 32 Modellgebäuden – im Bestand und für jeweils zwei Sanierungsvarianten. Wien, Juni 2014.
- ALVES, C. A.; BARBOSA, C.; ROCHA, S.; CALVO, A.; NUNES, T.; CERQUEIRA, M.; PIO, C.; KARANASIOU, A.; & QUEROL, X. (2015): Elements and polycyclic aromatic hydrocarbons in exhaust particles emitted by light-duty vehicles. *Environmental Science and Pollution Research*, August 2015, Volume 22, Issue 15, pp 11526–11542.
- BAFA – Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2015): Biomasse. Grundwissen zum Marktanzreizprogramm. Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle, Eschborn.
- BIOS – Bioenergiesysteme GmbH (2016): Effiziente Feinstaubreduktion durch Elektrofilter für Biomasse-Kleinfeuerungen – Feldtest-Begleitforschung-Bewertung. Graz.
- BOSTRÖM, C.-E.; GERDE, P.; HANBERG, A.; JERNSTRÖM, B.; JOHANSSON, C.; KYRKLUND, T.; RANNUG, A.; TÖRNQVIST, M.; VICTORIN, K. & WESTERHOLM, R. (2002): Cancer Risk Assessment, Indicators, and Guidelines for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Ambient Air. *Environmental Health Perspectives*, Volume 110, Supplement 3, June 2002, pp. 451–488.
- DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum (2015): 6. Abscheider-Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen. Prof. Dr. mont. Michael Nelles, Dr. Hans Hartmann (TFZ), Dr. Volker Lenz, Leipzig.
- DBFZ – Deutsches Biomasseforschungszentrum (2016): 7. Abscheider-Fachgespräch Partikelabscheider in häuslichen Feuerungen. DBFZ Deutsches Biomasseforschungszentrum gemeinnützige GmbH, Leipzig.
- DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs (2014): Air Pollution in the UK 2013. London.
- DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs (2015): UK Report on measures for 2013 exceedance of the Target Value for Benzo[a]Pyrene. London.
- EC – European Commission (2013a): Commission Staff Working Document. Impact Assessment. Accompanying the documents: Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – a Clean Air Programme for Europe. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from medium combustion plants. Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of national emissions of certain atmospheric pollutants and amending Directive 2003/35/EC. Proposal for a Council Decision on the acceptance of the Amendment to the 1999 Protocol to the 1979 Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution to Abate Acidification, Eutrophication and Ground-level Ozone. SWD(2013)531.
- EEA – European Environment Agency (2015): Air quality in Europe – 2015 report. EEA Report No 5/2015. Kopenhagen.

- EMEP/CEIP – Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe/Centre on Emission Inventories and Projections (2012): Inventory Review 2012. Review of emission data reported under the LRTAP Convention and NEC Directive. Stage 1 and 2 review. Review of POP emission inventories. Status of gridded and LPS data. Technical report CEIP 1/2012. Vienna.
- EMEP/EEA – Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe/European Environment Agency (2013): EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013. Technical guidance to prepare national emission inventories. EEA Technical report No 12/2013. Copenhagen.
- ETC/ACM – European Topic Centre on Air Pollution and Climate Change Mitigation (2015): Mapping ambient concentrations of benzo(a)pyrene in Europe. Population exposure and health effects for 2012. ETC/ACM Technical Paper 2014/6. Bilthoven.
- EUROPEAN COMMUNITIES – Office for Official Publications of the European Communities (2001): Ambient air pollution by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAH). Position Paper. Luxembourg.
- GDI-L GEO-DATEN-INFRASTRUKTUR DES BMLFUW (2015): Datenauszug aus dem Adress-, Gebäude- und Wohnungsregister (AGWRll) im Rahmen der GDI-L (Geo-Daten-Infrastruktur des BMLFUW).
- HÜBNER, C.; BOOS, R. & PREY, T. (2005): In-field measurements of PCDD/F emissions from domestic heating appliances for solid fuels. *Chemosphere* 58 (2005): 367–372.
- IARC – International Agency for Research on Cancer (1988): IARC-Monographien. Abschätzung des Krebsrisikos beim Menschen.
- IARC – International Agency for Research on Cancer (2010): IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. VOLUME 92: Some Non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Some Related Exposures.
- LAND STEIERMARK – Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2014a): Bestimmung der Belastung mit PM<sub>10</sub> und Benzo(a)pyren in Thörl, 28.12.2011–23.06.2013. Amt d. Stmk. Landesregierung, FA15, Energie, Wohnbau, Technik, Bericht Nr. Lu-12-2014, Graz.
- LAND STEIERMARK – Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2014b): Jahresbericht 2013. Luftgütemessungen in der Steiermark. Amt d. Stmk. Landesregierung, FA15, Energie, Wohnbau, Technik, Bericht Nr. Lu-06-2013, Graz.
- LAND STEIERMARK – Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2015): Windfeldbibliothek Steiermark. Bezugsjahr 2010. Bericht Nr.: Lu-03-2015, Graz.
- LAND STEIERMARK – Amt der Steiermärkischen Landesregierung (2016): Öttl., D. & Pongratz, T.: Documentation of the Lagrangian Particle Model GRAL (Graz Lagrangian Model) Vs. 16.3. Amt d. Stmk. Landesregierung, FA15, Energie, Wohnbau, Technik, Bericht Nr. LU-09-16, Graz.
- LARSEN, J.C. & LARSEN, P.B. (1998): Chemical carcinogens. In: *Air Pollution and Health* (Hester RE, Harrison RM eds). Cambridge, UK: The Royal Society of Chemistry, pp. 33–56.

- LUBW – Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (2010): Bestimmung des Beitrags der Holzfeuerung zum PM<sub>10</sub>-Feinstaub an zwei Messstationen in Baden-Württemberg von Oktober 2008 bis Dezember 2009. Karlsruhe.
- STATISTIK AUSTRIA (2013a): Census 2011 Gebäude- und Wohnungszählung. Ergebnisse zu Gebäuden und Wohnungen aus der Registerzählung. Statistik Austria, Wien.
- STATISTIK AUSTRIA (2013b): Sonderauswertung des Mikrozensus 2012 (MZ 2012): Energieeinsatz der Haushalte. Statistik Austria im Auftrag des BMLFUW. Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2002): Hohenblum, P. & Scharf, S.: PAH in der Luft. Messungen in Graz und Linz 2001. Datenbericht. Berichte, Bd. BE-219. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2012): Spangl, W. & Nagl, C.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2011. Reports, Bd. REP-0383. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2013a): Buxbaum, I.; Nagl, C.; Schieder, W.; Spangl, W.; Storch, A. & Zechmeister, A.: Benzo(A)Pyren in Österreich. Emissionen, Luftbelastung national und EU-weit, wahrscheinliche Überschreitungsgebiete in Österreich. Unveröffentlicht.
- UMWELTBUNDESAMT (2013b): Spangl, W. & Storch, A.: Stuserhebung Benzo(A)Pyren in Kärnten. Im Auftrag des Amtes der Kärntner Landesregierung. Sonstige Berichte, Bd. S-0294. Umweltbundesamt, Wien..
- UMWELTBUNDESAMT (2013c): Spangl, W. & Nagl, C.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2012. Reports, Bd. REP-0421. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2014): Spangl, W.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2013. Reports, Bd. REP-0469. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2015a): Spangl, W. & Nagl, C.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2014. Reports, Bd. REP-0520. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2015b): Anderl, M.; Haider, S.; Lampert, C.; Moosmann, L.; Pazdernik, K.; Perl, D.; Pinterits, M.; Poupa, S.; Purzner, M.; Schodl, B.; Stranner, G.; Wieser, M. & Zechmeister, A.: Austria's Informative Inventory Report (IIR) 2015. Submission under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. Reports, Bd. REP-0505. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2015c): Spangl, W.: Luftgütemessungen und meteorologische Messungen. Jahresbericht Hintergrundmessnetz Umweltbundesamt 2014. Reports, Bd. REP-0521. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2015d): Spangl, W. & Nagl, C.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2014. Reports, Bd. REP-0520. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2015e): Anderl, M.; Gangl, M.; Haider, S.; Ibesich, N.; Moosmann, L.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Purzner, M.; Schieder, W.; Thielen, P. & Zechmeister, A.: Bundesländer Luftschadstoff-Inventur 1990–2013. Wien, 2015. Reports, Bd. REP-0553. Umweltbundesamt, Wien.

- UMWELTBUNDESAMT (2016a): Spangl, W.: Luftgütemessungen und meteorologische Messungen. Jahresbericht Hintergrundmessnetz Umweltbundesamt 2015. Reports, Bd. REP-0563. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2016b): Benzo(A)Pyren in Österreich. Emissionen, Luftbelastung national und EU-weit, wahrscheinliche Überschreitungsgebiete in Österreich – Aktualisierung 2016. Unveröffentlicht.
- UMWELTBUNDESAMT (2016c): Spangl, W. & Nagl, C.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2015. Reports, Bd. REP-0562. Umweltbundesamt, Wien.
- VESTENIUS, M.; LEPPÄNEN, S.; ANTTILA, P.; KYLLÖNEN, K.; HATAKKA, J.; HELLÉN, H.; HYVÄRINEN, A.-P. & HAKOLA, H. (2011): Background concentrations and source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in south-eastern Finland. *Atmospheric Environment* 45 (2011): 3391–3399.
- WHO – World Health Organization (2010): WHO Guidelines for Indoor Air Quality. Selected Pollutants. Bonn.
- WHO – World Health Organization (2012): Draft Responses to REVIHAAP Questions on Health Effects of Air Pollutants. Evidence on health aspects of air pollution to review EU policies – REVIHAAP. Draft paper for external review. Bonn.
- WHO – World Health Organization (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. Technical Report. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

### **Rechtsnormen und Leitlinien**

4. Tochterrichtlinie (4. TRL; RL 2004/107/EG): Richtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft. ABl. Nr. L 23/3.
- EN 15549:2008 „Luftbeschaffenheit – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Benzo[a]pyren in Luft“.
- IG-L–Messkonzeptverordnung 2012 (IG-L–MKV 2012; BGBl. II 127/2012): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Messkonzept zum Immissionsschutzgesetz-Luft.
- 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. ABl. 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.

REACH-Verordnung: Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Chemikalienagentur, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates sowie der Richtlinien 91/155/EWG, 93/67/EWG, 93/105/EG und 2000/21/EG der Kommission. ABl. L 396.

## ANHANG A: ABKÜRZUNGEN

B(a)A.....	Benzo(a)anthracen
B(a)P.....	Benzo(a)pyren
B(b)F.....	Benzo(b)fluoranthren
B(k)F.....	Benzo(k)fluoranthren
BLI.....	Bundesländer Luftschadstoff-Inventur
DbahA.....	Dibenzo(a,h)anthracen
EEA.....	European Environment Agency ( <a href="http://www.eea.europa.eu/">http://www.eea.europa.eu/</a> )
EMEP.....	Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmissions of air pollutants in Europe ( <a href="http://www.emep.int/">http://www.emep.int/</a> )
IcdP.....	Indeno(1,2,3-cd)pyren
OLI.....	Österreichische Luftschadstoffinventur
PAK.....	Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe
PM <sub>10</sub> .....	Feinstaubanteil mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer (10 µm)
SNAP.....	Selected Nomenclature for sources of Air Pollution
TEF.....	Toxic equivalency factor
TSP.....	Total Suspended Particles – Masse des Gesamtstaubes





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

Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) entstehen bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material und fossilen Brennstoffen. Beurteilt wird die PAK-Belastung in der Luft anhand der Konzentration von Benzo(a)pyren in Feinstaub als Leitsubstanz.

Hauptquelle in Österreich sind Holzheizungen in Haushalten, vor allem manuell bedienbare Einzelöfen.

Die Umweltbundesamt-ExpertInnen haben detaillierte Benzo(a)Pyren-Emissionen berechnet. Auf dieser Grundlage hat das Amt der Steiermärkischen Landesregierung mittels Ausbreitungsrechnungen eine Belastungskarte für die Steiermark erstellt. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Variabilität der Belastung sowie zahlreichen Grenzwertüberschreitungen vor allem in kleineren Gemeinden.

Für drei Modellregionen wurden Maßnahmenpakete definiert, mit denen die Belastung reduziert werden kann.