

# Beitrag von Umweltzonen bei der Reduzierung der verkehrsinduzierten Feinstaubbelastung am Beispiel Wien

DIPLOMARBEIT

zur Erlangung des akademischen Grades

**Magister der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften**

im Rahmen des Studiums

**Wirtschaftsinformatik**

eingereicht von

**Ingomar Spolwind, Bakk.rer.soc.oec**

Matrikelnummer 0026855

an der  
Fakultät für Informatik der Technischen Universität Wien

Betreuung  
Betreuer: Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Georg Hauger

Wien, 27.06.2011

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Verfasser)

\_\_\_\_\_  
(Unterschrift Betreuer)

## **Erklärung zur Verfassung der Arbeit**

Hiermit erkläre ich, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst habe, dass ich die verwendeten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben habe und dass ich die Stellen der Arbeit – einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen –, die anderen Werken oder dem Internet im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, auf jeden Fall unter Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht habe.

Wien, 27.6.2011

-----  
Ingomar Spolwind, Bakk.rer.soc.oec.

## **Widmung**

Diese Arbeit ist meiner verstorbenen Mutter und meinem, während deren Erstellung, ebenso verstorbenen Vater gewidmet.

## Kurzfassung

Mit 1.1.2005 hat die EU eine Richtlinie erlassen, welche Grenzwerte für Feinstaub definiert. Seitdem sind in vielen europäischen Großstädten Übertretungen der Grenzwerte aufgetreten. Daher sind z. B. in einigen deutschen Städten (Berlin bzw. Hannover) per 1.1.2008 Umweltzonen eingerichtet worden. Auch in Österreich ist eine Einführung nach deutschem Vorbild diskutiert worden. Allerdings ist der Beitrag von Umweltzonen bei der Reduzierung von Feinstaub von Anfang an umstritten gewesen.

Daraus hat sich die folgende Forschungsfrage entwickelt: „Welchen Beitrag kann die Ausweisung von Umweltzonen bei der Reduzierung der verkehrsinduzierten Feinstaubbelastung leisten - am Beispiel Wien?“.

Zur ihrer Beantwortung ist folgende sechstufige Vorgehensweise gewählt worden: Erstens, Aufzeigen der Relevanz des Themas, dh. der möglichen Konsequenzen für die Gesundheit und Umwelt infolge erhöhter Feinstaubwerte. Zweitens, Behandlung von quantitativen Aspekten von Einflussfaktoren (natürliche und anthropogene) auf die Höhe der Feinstaubbelastung. Drittens, Vergleich (Stärken-Schwächen-Analyse) des Instruments Umweltzone mit anderen (City-Maut, Parkraummanagement, Tempolimit, LKW-Durchfahrtsverbot und Straßenreinigung). Viertens, qualitative Analyse der Gestaltung europäischer Umweltzonen und Darstellung ihres Beitrags bei der Feinstaubreduzierung in abgestufter Form. Fünftens, Diskussion der Einschätzung des Feinstaub-Beitrags von deutschen Umweltzonen aus dem Blickwinkel verschiedener Akteure (Bereiche: Kommunalpolitik, Wirtschaft, Umwelt, Zeitungen, Automobilindustrie und Autoclubs). Sechstens, Vorschlag für die Ausweisung einer Umweltzone an der Wiener Taborstraße. Dabei wird zuerst die Feinstaubsituation in Wien beleuchtet und im Anschluss ein Vorgehen mittels des Handbuch für Emissionsfaktoren 3.1 und des Emissionsfaktorenansatzes nach Gehrig bei der Abschätzung der Feinstaubemissionen vor/nach Umweltzonen-Einführung skizziert.

## Abstract

On the 1st of January, 2005 the EU issued a guideline to set limits for particular matter. Since that time, there have been many limit exceedances in European cities. Therefore, starting with 1.1.2008 low emission zones were established in some German cities (e. g. Berlin resp. Hannover). A discussion concerning the introduction of low emission zones based on the German model has also taken place in Austria. However, the contribution of low emission zones to the reduction of particular matter has been argued over from the very beginning.

Hence the following research question was developed: “What contribution can the designation of low emission zones make to reduce the traffic-induced particulate air pollution - using the example of Vienna?”

The following six-step approach was chosen to find answers: Firstly, showing the relevance of the topic, meaning, the possible effects on human health and environment due to increased PM levels. Secondly, treatment of quantitative aspects of factors (natural and anthropogenous) that alter the extent of particulate air pollution. Thirdly, comparison (analysis of strengths and weaknesses) of the instrument “low emission zone“ with others (congestion charge, parking management, speed limit, no entry for trucks, street cleaning). Fourthly, qualitative analysis of the design of European low emission zones and illustration of their contribution to the fine dust reduction in a graduated form. Fifthly, discussion of the assessment of fine particle-contribution of German low emission zones from the perspective of different actors (areas: local politics, economy, environment, newspapers, automotive industry and auto clubs). Sixthly, proposal for the designation of a low emission zone at the Viennese Tabor street. At the outset of this there will be a closer look at the situation of particulate matter in Vienna and subsequently there will be an outline of a procedure for the estimation of particulate matter emissions pre-/past introducing a low emission zone by means of the handbook for emission factors 3.1 and the emission factor approach by Gehrig.

## Danksagung

Mein Dank für die Entstehung dieser Arbeit gilt zuerst einmal Herrn Univ.-Prof. Mag. Dr. Wilfried Schönböck, der durch die Vermittlung zu Herrn Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Georg Hauger den Kontakt hergestellt hat.

Für die Unterstützung bei der Findung der Forschungsfrage, die Lenkung der Beantwortung dieser in geregelter Weise, diverse thematische Anregungen und Ratschläge zur Fertigstellung dieser, trotz des aufgetretenen Todesfalles meines Vaters in deren Endphase, gebührt Herrn Ao. Univ.-Prof. DI Dr. Georg Hauger meine Dankbarkeit.

Weiters sind mir meine Großtante, Freunde und mehrere (ehemalige) Studienkollegen bei der Bewältigung dieses langfristigen Projekts zur Seite gestanden, um auch Zeiten der Flaute zu überwinden.

Zu guter Letzt möchte ich mich an dieser Stelle bei meinem Vater für seine finanzielle Unterstützung bedanken, ohne diese wäre die Arbeit in dieser Form nicht möglich gewesen.

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                                                                                                                                                                  |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>EINLEITUNG .....</b>                                                                                                                                                          | <b>1</b>  |
| 1.1      | Ausgangssituation.....                                                                                                                                                           | 1         |
| 1.2      | Zielsetzung und Aufbau der Arbeit .....                                                                                                                                          | 1         |
| 1.3      | Systemabgrenzung.....                                                                                                                                                            | 2         |
| <b>2</b> | <b>FEINSTAUB ALS THEMA DER STÄDTISCHEN UMWELTPOLITIK .....</b>                                                                                                                   | <b>3</b>  |
| 2.1      | Feinstaub – Definitionen und chemische Zusammensetzung .....                                                                                                                     | 3         |
| 2.2      | Herkunft des Feinstaubes .....                                                                                                                                                   | 7         |
| 2.2.1    | Quellen des Feinstaubes.....                                                                                                                                                     | 7         |
| 2.2.2    | Zuordnung der Inhaltsstoffe von Feinstaub zu ihren möglichen Quellen .....                                                                                                       | 8         |
| 2.2.3    | Partikel-Kreislauf (Quellen/Vorläufer, Mechanismen der Bildung und Elimination) .....                                                                                            | 9         |
| 2.3      | Auswirkungen der Feinstaubbelastung .....                                                                                                                                        | 11        |
| 2.3.1    | Mögliche gesundheitliche Effekte bedingt durch Feinstaubexposition.....                                                                                                          | 11        |
| 2.3.1.1  | Quantitative Abschätzung feinstaubinduzierter Krankheiten (i. B. von Risikogruppen).....                                                                                         | 11        |
| 2.3.1.2  | Diskussion von schädlich eingestuften Substanzen in Feinstaub in der Außenluft und deren Wirkungsschwelle .....                                                                  | 14        |
| 2.3.1.3  | Schätzungen der externen Gesundheitskosten und Lebenserwartung für Österreich bedingt durch Feinstaubbelastung .....                                                             | 15        |
| 2.3.2    | Mögliche umweltbezogene Effekte bedingt durch Feinstaubbelastung .....                                                                                                           | 16        |
| 2.3.2.1  | Diskussion möglicher Effekte von gefährlich eingestuften Substanzen in Feinstaub in der Atmosphäre auf das Klima .....                                                           | 16        |
| 2.3.2.2  | Diskussion möglicher Effekte von gefährlich eingestuften Substanzen in Feinstaub in der Atmosphäre auf die Vegetation .....                                                      | 17        |
| 2.4      | Rechtliche Rahmenbedingungen von Feinstaub in ausgewählten Staaten(gemeinschaften) .....                                                                                         | 17        |
| 2.4.1    | Immissionsrechtliche Bestimmungen von Feinstaub – Definitionen und gesetzlich vorgeschriebene Werte in den USA (i. B. Kalifornien), in Japan und der EU (i. B. Österreich) ..... | 17        |
| 2.4.2    | Emissionsrechtliche Bestimmungen von Feinstaub – Definitionen und gesetzlich vorgeschriebene Werte in den USA (i. B. Kalifornien), in Japan und der EU (i. B. Österreich) .....  | 22        |
| 2.5      | Messung von Feinstaub .....                                                                                                                                                      | 26        |
| 2.5.1    | Stationäre Messung der Immissionen (Messnetz).....                                                                                                                               | 26        |
| 2.5.1.1  | Österreichisches Messnetz.....                                                                                                                                                   | 26        |
| 2.5.1.2  | Wiener Messnetz .....                                                                                                                                                            | 27        |
| 2.5.2    | Mobile Messung der Immissionen (Abgasfernmessung).....                                                                                                                           | 29        |
| 2.5.3    | Messverfahren von Feinstaub .....                                                                                                                                                | 29        |
| 2.5.3.1  | Immissionsmessung von Feinstaub .....                                                                                                                                            | 29        |
| 2.5.3.2  | Emissionsmessung bei Kfz.....                                                                                                                                                    | 31        |
| <b>3</b> | <b>INSTRUMENTE DER KOMMUNALEN VERKEHRSPOLITIK ZUR REDUZIERUNG DER FEINSTAUBBELASTUNG .....</b>                                                                                   | <b>33</b> |
| 3.1      | Einflussfaktoren auf die Höhe der Feinstaubbelastung .....                                                                                                                       | 33        |
| 3.1.1    | Natürliche (nicht veränderbare) Faktoren der Feinstaubbelastung.....                                                                                                             | 33        |

|            |                                                                                                                                                                                                                                                    |           |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.1.2      | Anthropogene (veränderbare) Faktoren der Feinstaubbelastung.....                                                                                                                                                                                   | 33        |
| 3.1.2.1    | Motorbedingte Emissionen unter Berücksichtigung des HBEFA .....                                                                                                                                                                                    | 33        |
| 3.1.2.2    | Nicht motorbedingte Emissionen .....                                                                                                                                                                                                               | 40        |
| <b>3.2</b> | <b>Kommunale verkehrspolitische Instrumente zur Feinstaubminderung.....</b>                                                                                                                                                                        | <b>46</b> |
| 3.2.1      | Einteilung verkehrspolitischer Instrumente zur Feinstaubminderung nach politischen Ebenen<br>(Umsetzungsebenen) .....                                                                                                                              | 46        |
| 3.2.2      | Gegenüberstellung kommunaler, straßenverkehrsrechtlicher Instrumente (Verkehrsbeschränkungen<br>und Straßenreinigung) zur Reduzierung der Feinstaubbelastung.....                                                                                  | 48        |
| <b>4</b>   | <b>GESTALTUNG UND FEINSTAUB-BEITRAG (AUS DER SICHT<br/>VERSCHIEDENER AKTEURE) VON UMWELTZONEN IN EUROPA.....</b>                                                                                                                                   | <b>56</b> |
| 4.1        | Gestaltung(sfaktoren) von Umweltzonen in Europa .....                                                                                                                                                                                              | 56        |
| 4.2        | Klassifizierung und Diskussion umweltzonenbezogener Gestaltungsfaktoren hinsichtlich ihres<br>möglichen Effekts der Feinstaubreduzierung.....                                                                                                      | 69        |
| 4.3        | Beispiele der Einschätzung des Feinstaub-(Minderungs-)Beitrags von deutschen Umweltzonen aus<br>dem Blickwinkel verschiedener Akteure.....                                                                                                         | 72        |
| <b>5</b>   | <b>QUANTITATIVE ASPEKTE DES MÖGLICHEN FEINSTAUB-(MINDERUNGS-<br/>)BEITRAGS VON UMWELTZONEN AM BEISPIEL WIEN.....</b>                                                                                                                               | <b>79</b> |
| 5.1        | Feinstaubsituation in Wien .....                                                                                                                                                                                                                   | 79        |
| 5.1.1      | Emittenten und Herkunft des Wiener Feinstaubs.....                                                                                                                                                                                                 | 79        |
| 5.1.2      | Feinstaubbelastung an Wiener Messstandorten und aufgetretene Grenzwertüberschreitungen.....                                                                                                                                                        | 83        |
| 5.2        | Vorschlag für ein mögliches Vorgehen bei der Quantifizierung der voraussichtlichen Kfz-<br>Feinstaubemissionen mittels HBEFA 3.1 und des Emissionsfaktorenansatzes nach Gehrig nach<br>Ausweisung einer Umweltzone an der Wiener Taborstraße ..... | 85        |
| <b>6</b>   | <b>CONCLUSIO.....</b>                                                                                                                                                                                                                              | <b>88</b> |
| 6.1        | Zusammenfassung .....                                                                                                                                                                                                                              | 88        |
| 6.2        | Möglicher Forschungsbedarf für zukünftige Arbeiten .....                                                                                                                                                                                           | 90        |
| <b>7</b>   | <b>VERZEICHNISSE .....</b>                                                                                                                                                                                                                         | <b>91</b> |
| 7.1        | Literatur .....                                                                                                                                                                                                                                    | 91        |
| 7.2        | Abbildungen.....                                                                                                                                                                                                                                   | 110       |
| 7.3        | Tabellen .....                                                                                                                                                                                                                                     | 111       |
| 7.4        | Abkürzungen .....                                                                                                                                                                                                                                  | 113       |

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangssituation

In vielen europäischen Großstädten sind in den vergangenen Jahren die Feinstaubwerte, für welche die mit 1.1.2005 in Kraft getretene EU-Feinstaubrichtlinie Grenzwerte definiert (siehe Abschnitt 2.4.1), überschritten worden.<sup>1</sup> Daher sind z. B. in einigen deutschen Städten (Berlin bzw. Hannover) per 1.1.2008 Umweltzonen<sup>2</sup> eingeführt worden, um einerseits eine Einhaltung der Feinstaub-Grenzwerte sicherzustellen und damit andererseits einhergehende mögliche Risiken für die menschliche Gesundheit (siehe Abschnitt 2.3.1) und Umwelt (siehe Abschnitt 2.3.2) zu senken.<sup>3</sup> Dabei haben in deutschen Städten implementierte Umweltzonen zu Überlegungen in Österreich geführt, nach deren Vorbild, ebenso welche einzuführen. Allerdings ist von Anfang an der Beitrag von Umweltzonen bei der Reduzierung der verkehrsinduzierten Feinstaubbelastung in der Öffentlichkeit kontrovers diskutiert worden.<sup>4</sup> Daraus hat sich die im folgenden Abschnitt angeführte Forschungsfrage entwickelt.

## 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Ziel dieser vorliegenden Arbeit ist es, eine Antwort auf folgende Forschungsfrage zu finden: „Welchen Beitrag kann die Ausweisung von Umweltzonen bei der Reduzierung der verkehrsinduzierten Feinstaubbelastung leisten - am Beispiel Wien?“.

Zur Beantwortung der Forschungsfrage ist folgende Vorgehensweise gewählt worden:

- Im ersten Kapitel wird kurz auf die Ausgangssituation, Zielsetzung, Aufbau und Systemabgrenzung der Arbeit eingegangen.
- Im Anschluss wird im zweiten Kapitel der Luftschadstoff Feinstaub zuerst charakterisiert (nach Größe, Zusammensetzung und Herkunft bzw. Emittenten) und anschließend werden dessen mögliche negative Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und Umwelt (Klima und Vegetation) bei erhöhten Immissionen erläutert. Abschließend wird der rechtliche Rahmen, welcher Grenzwerte (zum Schutz der Menschen und seiner Umwelt) festlegt und deren Messung zur Einhaltung (Kontrollfunktion) behandelt.
- Im dritten Kapitel werden eingangs mögliche Einflussfaktoren (natürliche und verkehrsbezogene) auf die Höhe der Feinstaubbelastung angeführt und im Anschluss kommunale, verkehrspolitische Instrumente zur Reduzierung der Feinstaubbelastung anhand verschiedener Kriterien charakterisiert.
- Danach werden im vierten Kapitel ausgewiesene UWZn in Europa hinsichtlich der verschiedenartigen Ausprägung ihrer Gestaltungsfaktoren und deren möglichen Effekt bei der Feinstaubreduzierung analysiert. Nachstehend werden einige Beispiele der Einschätzung des Beitrags von deutschen UWZn aus dem Blickwinkel verschiedener Akteure angegeben.

---

<sup>1</sup> Vgl. Epoch Times Europe (2007)

<sup>2</sup> Im Folgenden wird für den Begriff Umweltzone, die in der Literatur verbreitete Abkürzung UWZ bzw. für die Mehrzahl UWZn verwendet; vgl. Bendix (2011). Eine Definition des Begriffes UWZ erfolgt in Tab. 21.

<sup>3</sup> Vgl. 3sat.de (2010)

<sup>4</sup> Vgl. steiermark.ORF.at (2009)

- Darauf aufbauend wird im fünften Kapitel, im Speziellen nach der Analyse der Feinstaubsituation in Wien (Emittenten, Herkunft und Grenzwertüberschreitungen), ein Vorschlag für ein mögliches Vorgehen bei der Quantifizierung der voraussichtlichen Kfz-Feinstaubemissionen mittels HBEFA (= Handbuch für Emissionsfaktoren) 3.1 und des EF-Ansatzes (= Emissionsfaktorenansatzes) nach Gehrig nach Ausweisung einer Umweltzone an der Wiener Taborstraße skizziert.
- Abschließend wird im sechsten Kapitel ein Resümée über die gewonnen Erkenntnisse dieser Arbeit auf die Forschungsfrage gezogen und der mögliche Forschungsbedarf für zukünftige Arbeiten in diesem Gebiet aufgezeigt.

### 1.3 Systemabgrenzung

In dieser Arbeit wird nur der Luftschadstoff Feinstaub behandelt, da derzeitige UWZn i. A. zur Feinstaubbekämpfung (siehe Abschnitt 2.1) eingerichtet worden sind. Mögliche Effekte von implementierten UWZn auf andere Schadstoffe, welche ebenfalls in den Euro-Normen reglementiert sind (siehe Abschnitt 2.4.2), wie z. B.  $\text{NO}_x$  (= Stickstoffoxide; Sammelbezeichnung für NO und  $\text{NO}_2$ ), (NM)HC (= (Nichtmethan-)Kohlenwasserstoffe) oder CO (= Kohlenstoffmonoxid) sind nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Weiters wird, da die UWZ ein Instrument zur Minderung der lokalen Feinstaubbelastung ist, lediglich auf die kommunale Ebene genauer eingegangen; der mögliche Feinstaub-Beitrag von Instrumenten der Verkehrspolitik auf Bundes- oder europäischer Ebene wird nicht analysiert. Daneben stellen getroffene Aussagen bzgl. UWZn-bezogener Gestaltungsfaktoren und ein Vorschlag für ein mögliches Vorgehen bei der Quantifizierung der Feinstaubemissionen an der Wiener Taborstraße nach der Einrichtung einer UWZ lediglich eine Abschätzung der zukünftigen zu erwartenden lokalen Feinstaubemissionen dar. Für eine Beurteilung der realen lokalen Feinstaubemissionen bzw. der Feinstaubsituation i. A. müssten Messreihen vor Ort an der Taborstraße durchgeführt werden. Ebenso ist festzuhalten, dass bewusst die Entscheidung getroffen worden, um die Komplexität möglichst gering zu halten, einige Aspekte lediglich für eine Straße (in diesem Fall die Taborstraße) in dieser Arbeit zu analysieren und nicht für mehrere Straßenzüge oder gar einen ganzen Bezirk(steil).

Zuletzt erfolgt keine Berücksichtigung möglicher Probleme (z. B. Widerstand der Bevölkerung) bei der Einführung von UWZn am Standort Wien im Sinne einer Machbarkeitsstudie.

## 2 Feinstaub als Thema der städtischen Umweltpolitik

In diesem Kapitel wird die vom motorisierten Verkehr verursachte Feinstaubbelastung genauer betrachtet werden. Es wird in erster Linie nur der Feinstaub betrachtet, da das Instrument<sup>5</sup> UWZ derzeit i. A. zur Reduzierung des verkehrsbedingten Feinstaubes in Städten angewendet wird.<sup>6</sup> Andere Luftschadstoffe werden nur soweit erwähnt, als dies zur Einordnung und zum Verständnis des Schadstoffs Feinstaub dienlich ist.

### 2.1 Feinstaub – Definitionen und chemische Zusammensetzung

„Staub (Mehrzahl Stäube) ist die Sammelbezeichnung für feinste feste Teilchen (Partikel), die in Gasen, insbesondere in der Luft aufgewirbelt lange Zeit schweben können. Staub ist definitionsgemäß Bestandteil des Schwebstaubes (Gesamtstaub, TSP (total suspended particulates)), der wiederum zusätzlich zum Staub unter anderem auch noch den Rauch und Rußpartikeln umfasst.“<sup>7</sup>

Der Schwebstaub lässt sich nach Partikelgröße und Art unterteilen. Eine Klassifizierung des **Schwebstaubes anhand seiner Größe** ist in Tab. 1 angeführt.

| Bezeichnung                                                         | aerodynamischer Partikeldurchmesser (d) <sup>8</sup> |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Grobstaub (Sedimentationsstaub)                                     | $10\ \mu\text{m}^9 < d < 50\ \mu\text{m}$            |
| Feinstaub <sup>10</sup> (PM <sup>11</sup> <sub>10</sub> )           | $d < 10\ \mu\text{m}$                                |
| grobe Partikel <sup>12</sup> (PM <sub>10-2,5</sub> )                | $2,5\ \mu\text{m} < d < 10\ \mu\text{m}$             |
| feine Partikel <sup>13</sup> (PM <sub>2,5</sub> )                   | $d < 2,5\ \mu\text{m}$                               |
| ultrafeine Partikel/Nanopartikel <sup>14</sup> (PM <sub>0,1</sub> ) | $d < 0,1\ \mu\text{m}$                               |

**Tab. 1: Einteilung des Schwebstaubes nach seiner Größe<sup>15</sup>**

Die Beziehung der für den Autoverkehr wichtigsten Fraktionen des Feinstaubes<sup>16</sup> (PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>) zu TSP (= Total Suspended Particles, Gesamtstaub/Schwebstaub) ist in Abb. 1 ersichtlich.

<sup>5</sup> In dieser Arbeit werden die Begriffe Instrument und Maßnahme im Folgenden synonym behandelt.

<sup>6</sup> Ab 1.1.2010 könnten im Zuge der EU-Regelung von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) UWZn zur Minderung der NO<sub>2</sub>-Belastung in Kommunen eingerichtet werden, auch wenn keine Überschreitung der Feinstaubwerte vorliegt; vgl. Schmierer (2009).

<sup>7</sup> Chemie.DE (2010a)

<sup>8</sup> Der aerodynamische Partikeldurchmesser (d) „entspricht demjenigen Durchmesser, den ein kugelförmiges Teilchen der Dichte  $1\ \text{g/cm}^3$  haben müsste, damit es die gleiche Sinkgeschwindigkeit in Luft aufweisen würde wie das betrachtete Teilchen.“; UVEK (2006), S. 2

<sup>9</sup> Mikrometer ( $10^{-6}$  Meter), tausendstel Millimeter

<sup>10</sup> Neben den Begriffen Feinstaub sind ebenso noch inhalierbarer Feinstaub und thorakaler Schwebstaub gebräuchlich; vgl. Waschnewski (2007), S. 4

<sup>11</sup> PM (= Particulate Matter, Partikel/Schwebstoffteilchen)

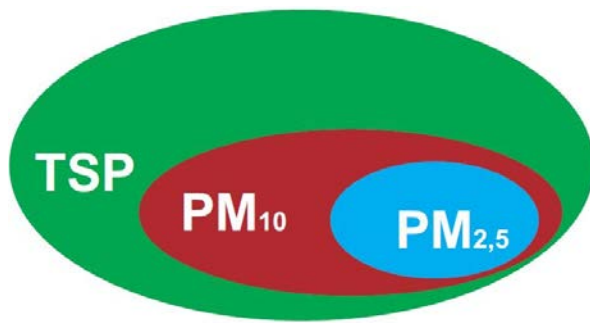
<sup>12</sup> Im Engl. auch coarse particles bzw. coarse fraction genannt; vgl. UBA Österreich (2011a).

<sup>13</sup> PM<sub>2,5</sub> wird ferner als lungengängiger (alveolengängiger) Feinstaub bezeichnet; vgl. Chemie.DE (2010a).

<sup>14</sup> Gebräuchliche Abkürzungen dafür sind U(F)P und NP.

<sup>15</sup> Vgl. Sacherer (2004), S. 79

<sup>16</sup> Wenn in dieser Arbeit von Feinstaub gesprochen wird, ist die Fraktion PM<sub>10</sub> gemeint, welche von der Größe auch PM<sub>2,5</sub> (siehe Abb. 1) einschließt; ansonsten wird dezidiert der Begriff PM<sub>2,5</sub> angeführt.



**Abb. 1: Mengenverteilung von Staub (TSP, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub>)<sup>17</sup>**

PM<sub>2,5</sub> ist eine Teilmenge von PM<sub>10</sub>. PM<sub>2,5</sub> hat als Untermenge die UFP; zusammen mit dem Grobstaub ergeben sich die TSP.

Der Feinstaub ist zum ersten Mal definiert worden von der EPA (= Environmental Protection Agency, US-Umwelt-Behörde) im Jahre 1987. Sie hat im National Air Quality Standard for Particulate Matter (abgekürzt PM-Standard) festgelegt, wie das gesamte Staubaufkommen hinsichtlich dem einatembaren Staub- und dem restlichen Anteil unterschieden werden kann. Seit 2005 ist für Feinstaub auch in der EU ein Grenzwert einzuhalten (siehe Abschnitt 2.4.1).<sup>18</sup> Die in Tab. 1 beschriebene Größeneinteilung des Staubes in die einzelnen Fraktionen ist aufgrund der unterschiedlichen Eindringtiefe in den menschlichen Organismus vorgenommen worden (siehe Tab. 2).

| Angriffsorte                | Partikeldurchmesser |
|-----------------------------|---------------------|
| Nasen-Rachenraum            | 5-10 µm             |
| Luftröhre                   | 3-5 µm              |
| Bronchien                   | 2-3 µm              |
| Bronchiolen                 | 1-2 µm              |
| Alveolen (= Lungenbläschen) | 0,1 – 1 µm          |

**Tab. 2: Eindringtiefe der Partikel in das menschliche Atemwegssystem abhängig vom Partikeldurchmesser<sup>19</sup>**

Die Größe des Staubes hat nicht nur Auswirkungen auf die Eindringtiefe in den menschlichen Organismus, sondern auch auf die Aufenthaltsdauer in der Luft (feine Partikel: Tage bis Wochen; grobe Partikel: Minuten bis Stunden) und den damit erst möglichen Transport (feine Partikel: einige 100 km bis > 1000 km; grobe Partikel: < 1 km bis einige 10 km).<sup>20</sup>

Auf europäischer Ebene hat die EU in der Luftqualitätsrahmenrichtlinie 1999/30/EG vom 22.4.1999 **Feinstaub** (PM<sub>10</sub>) wie folgt definiert:

<sup>17</sup> Vgl. PRO UMWELT (2006) bzw. Graphik von UBA Österreich (2011a)

<sup>18</sup> Vgl. Chemie.DE (2010b)

<sup>19</sup> Sacherer (2004), S. 81

<sup>20</sup> Vgl. Sacherer (2004), S. 80 und Heimbürger et al. (2008), S. 21

„*PM<sub>10</sub>*‘ die Partikel, die einen grö ßenselektierenden Lufteinlass passieren, der für einen aerodynamischen Durchmesser von 10 µm eine Abscheidewirksamkeit von 50 % aufweist“<sup>21</sup>.

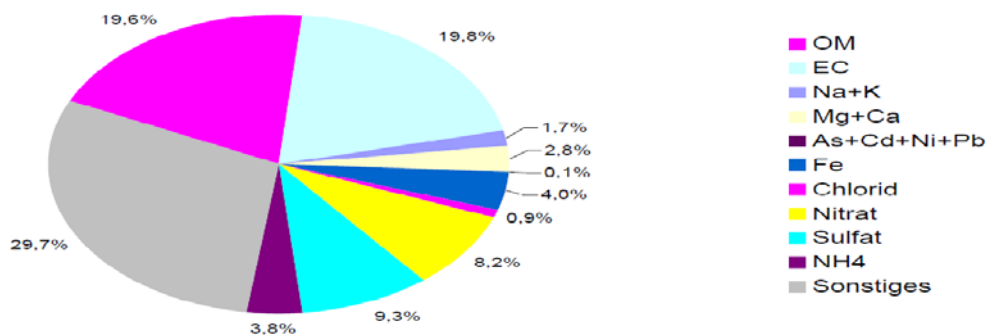
Dh. es wird keine „scharfe“ Trennung der Immissionen bei 10 µm vorgenommen, sondern eine Gewichtungsfunktion angewendet, bei der 100 % der Partikel bei 1 µm, 50 % bei 10 µm und 0 % bei 15 µm berücksichtigt werden.

Analog hat die EU in der Richtlinie 1999/30/EG PM<sub>2,5</sub> definiert,<sup>22</sup> allerdings verläuft die Gewichtungsfunktion steiler, nämlich 100 % der Partikel < 0,5 µm, 50 % bei 2,5 µm und 0 % > 3,5 µm. Für die Ermittlung der Partikelgrößen wird in der Praxis kein grö ßenselektierender Lufteinlass verwendet, sondern es kommen Impaktoren bzw. Zyklone zur Anwendung.<sup>23</sup>

Betrachtet man die **Art des Schwebstaubes** kann eine Unterteilung in organisch (z. B. Blütenpollen, Pilzsporen oder Bakterien) bzw. anorganisch (z. B. Gesteinstaub oder Mineralfasern) oder eine Mischung daraus (z. B. Hausstaub) vorgenommen werden.<sup>24</sup>

Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung des atmosphärischen Schwebstaubes lassen sich mehrere hunderte unterschiedliche Substanzen identifizieren.<sup>25</sup> Die wichtigsten Inhaltsstoffe des Feinstaubes werden im Folgenden erläutert. Dabei wird die komplexe, heterogene Zusammensetzung des Feinstaubes exemplarisch anhand zweier Standorte chemisch charakterisiert.

Ein Beispiel für die chemische Zusammensetzung von PM<sub>10</sub> ist in Abb. 2 ersichtlich.



**Abb. 2: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung von PM<sub>10</sub> (Spittlauer Länder)**<sup>26</sup>

Wie aus dem Beispiel aus Abb. 2 hervorgeht, besteht der größte Anteil des PM<sub>10</sub> am Standort Spittlauer Länder aus kohlenstoffhaltigen Verbindungen (OM (= Organic Matter, organisches Material)<sup>27</sup> + EC (= Elemental Carbon, elementarer Kohlenstoff), insgesamt ca. 40%, zu

<sup>21</sup> EG (1999), Artikel 2, Punkt 11

<sup>22</sup> Vgl. EG (1999), Artikel 2, Punkt 12

<sup>23</sup> Vgl. Chemie.DE (2010b)

<sup>24</sup> Vgl. Chemie.DE (2010a)

<sup>25</sup> Vgl. Sacherer (2004), S. 79

<sup>26</sup> Schneider (2002), S. 15; Na (= Natrium), K (= Kalium), Mg (= Magnesium), Ca (= Calcium), As (= Arsen), Cd (= Cadmium), Ni (= Nickel), Pb (= Plumbum = Blei) und Fe (= Ferrum)

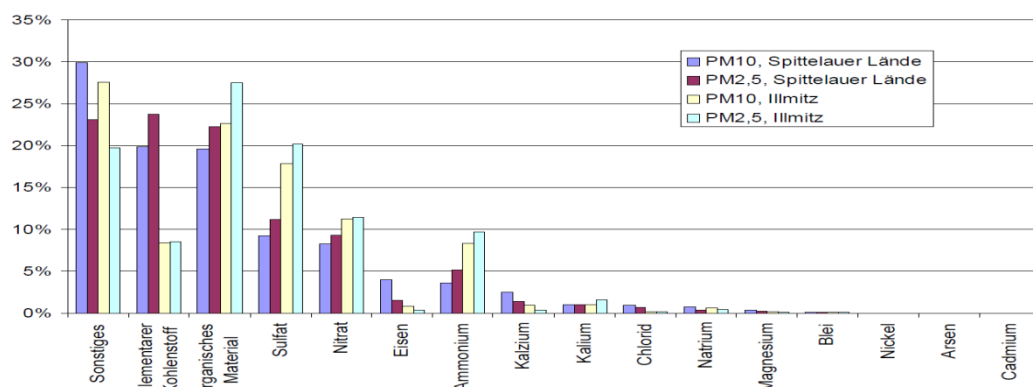
<sup>27</sup> Üblicherweise wird bei der chemischen Analyse nur der Kohlenstoffanteil (OC = Organic Carbon, organischer Kohlenstoff) gemessen; damit auch die Fremdatome (v. a. Wasserstoff, Stickstoff und Sauerstoff) bei der Massenbilanz einbezogen werden, wird ein Umrechnungsfaktor (z. B. 1,4, also OM = 1,4 \* OC) angewendet. EC + OC = TC (= Total Carbon, Gesamtheit aller Kohlenstoffverbindungen); vgl. UVEK (2006), S. 3.

ungefähr gleichen Teilen), gefolgt von den Ionen (Sulfat, Nitrat und  $\text{NH}_4$  (= Ammonium)) mit ca. 20%), Schwermetallen (v. a. Eisen) sowie basische Kationen (mit ca. 4%) und einem restlichen Teil (ca. 30%), welcher Spuren anderer Substanzen enthält.<sup>28</sup>

Vergleiche der chemischen Zusammensetzung des Feinstaubes von verkehrsnahen Messstellen (hier: Spittelauer Lände) mit Hintergrundmessstellen (am Land gelegen; hier: Illmitz) lassen Rückschlüsse ziehen auf die vom Verkehr verursachte Schadstoffbelastung. Der Verkehr sollte eine Veränderung der im Feinstaub enthaltenen Substanzen gegenüber Hintergrundmessstellen bewirken (siehe Abschnitt 2.5.1.1).

Stellt man die Konzentrationen der verschiedenen im Feinstaub enthaltenen Substanzen gegenüber, weist der Standort Spittelauer Lände höhere (bei Sulfat eine um Faktor 1,5; EC: Faktor 5, OM: Faktor 2, Eisen: Faktor 9, Nickel: Faktor 2,5, Blei: Faktor 2, Magnesium: Faktor 3 und Kalzium: Faktor 5)<sup>29</sup> gegenüber jenem in Illmitz auf. Von den restlichen Substanzen sind zwar einige bei der Spittelauer Lände höher als in Illmitz (z. B. Sulfat oder Cadmium), hierbei spielt die lokale Belastungssituation jedoch nur eine geringe Rolle; die Hintergrundbelastung ist auf ähnlich hohem Niveau.<sup>30</sup>

Die chemische Zusammensetzung von PM ist nicht nur abhängig vom untersuchten Standort, sondern auch von der analysierten Fraktion; d.h. die Verteilung der einzelnen Substanzen an der Gesamtmasse von  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$  ist unterschiedlich (siehe Beispiel in Abb. 3).



**Abb. 3: Beispiel einer Verteilung der Substanzen an der Gesamtmasse von  $\text{PM}_{10}$  und  $\text{PM}_{2,5}$ , jeweils an den Standorten Spittelauer Lände und Illmitz<sup>31</sup>**

Aus Abb. 3 geht hervor, dass in der  $\text{PM}_{10}$ -Fraktion (gegenüber  $\text{PM}_{2,5}$ ) Eisen, Magnesium, Kalzium, Natrium, Chlorid und sonstiges überwiegend vorherrschen; hingegen in der  $\text{PM}_{2,5}$ -Fraktion (gegenüber  $\text{PM}_{10}$ ) dominieren EC, OM, Ammonium, Sulfat und Nitrat.<sup>32</sup>

<sup>28</sup> Unter die sonstigen Substanzen fallen z. B. silizium- oder aluminiumhaltige mineralische Verbindungen, aber ebenso Wasser; vgl. Schneider (2002), S. 2.

<sup>29</sup> Die mögliche Herkunft der Substanzen ist in Tab. 5 beschrieben.

<sup>30</sup> Vgl. Schneider (2002), S. 36-45

<sup>31</sup> Schneider (2002), S. 3

<sup>32</sup> Vgl. Schneider (2002), S. 3 f.

## 2.2 Herkunft des Feinstaubes

Die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung von Feinstaub ist notwendig, um Rückschlüsse auf Betracht kommende Verursacher ziehen zu können.<sup>33</sup> In diesem Abschnitt wird probiert zu untersuchen, welche Emittenten zur Feinstaubanreicherung der Außenluft in Ballungsräumen beitragen bzw. welche Bestandteile des Feinstaubes von ihnen stammen können. Im Fokus befindet sich der Beitrag, welcher vom KFZ-Verkehr stammt, da nur er mit den kommunalen Instrumenten der Verkehrspolitik (siehe Abschnitt 3.2.2) beeinflusst werden kann.

### 2.2.1 Quellen des Feinstaubes

Allgemein lässt sich die Entstehung der Partikel in primäre und sekundäre unterscheiden. Primäre Partikel werden direkt in die Atmosphäre freigesetzt, wohingegen sekundäre (Ammonium, Sulfat und Nitrat) aus gasförmig emittierten Vorläufersubstanzen (Ammoniak, Stickstoffoxide und Schwefeldioxid) durch chemische Umwandlungsprozesse gebildet werden (siehe Abschnitt 2.2.3).<sup>34</sup> Grundsätzlich lässt sich die Feinstaubherkunft in zwei Bereiche einteilen, den natürlichen<sup>35</sup> (Dieser wird als gegeben angenommen; siehe Tab. 3) und den anthropogenen Ursprung (Dieser wird vom Menschen verursacht und ist daher auch veränderbar; siehe Tab. 4).

| primäre natürliche Quellen                                                                             | sekundäre natürliche Quellen                                                                                                                                                                                                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seesalzaerosole <sup>36</sup> ; Größe: 1 - 20 µm                                                       | Methan (CH <sub>4</sub> ); Gr.: k. A.                                                                                                                                                                                                               |
| Bodenerosion, Sandstürme (Mineralstäube); Gr.: 1 - 150 µm                                              | Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ); Gr.: k. A.                                                                                                                                                                                                     |
| Waldfeuer; Gr.: 0,005 - 30 µm                                                                          | Vulkangase (Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> ), Schwefelwasserstoff (H <sub>2</sub> S), Ammoniak (NH <sub>3</sub> ) und Sulfat (Dimethylsulfat (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>4</sub> S) und H <sub>2</sub> S aus Meeren)); Gr.: 0,005-150 µm |
| biologisches Material (Pollen, Sporen, Viren, Bakterien, Pilze, Milbenexkrementen,...); Gr.: 2 - 50 µm |                                                                                                                                                                                                                                                     |

**Tab. 3: Einteilung der natürlichen Feinstaubquellen<sup>37</sup>**

<sup>33</sup> Vgl. Schneider (2002), S. 2

<sup>34</sup> Vgl. UBA Österreich (2011b) und Heimbürger et al. (2008), S. 20

<sup>35</sup> Es wird in der Literatur auch manchmal von biogenem (= biologischem/organischem; z. B. Pollen) bzw. geogenem Ursprung gesprochen. Unter geogen versteht man den natürlichen, ohne menschliche Handlungen, Stoffgehalt in Umweltmedien (hier: Luft); vgl. wissen.de (2011).

<sup>36</sup> Der Begriff Aerosol ist im Abschnitt 2.3.2.1 definiert.

<sup>37</sup> Vgl. Landeshauptstadt Wiesbaden (2007), Punkt Herkunft der PM<sub>2.5</sub> und DIN; KRdL (2006), S. 198

| primäre anthropogene Feinstaubquellen                                                                                                                                                                                                              | sekundäre anthropogene Feinstaubquellen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>stationär:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Verbrennungsanlagen (Kraftwerke, Abfallverbrennung), Hausbrand, Industrieprozesse (z. B. Metallverarbeitung); Gr.: 0,005 – 2,5 µm</li> <li>Schüttgutumschlag; Gr.: 10 – 150 µm</li> </ul> | Verbrennungsanlagen (siehe linke Spalte)<br>Lösemittleinsatz; Gr.: k. A.<br>(Petro-)Chemie-Industrie; Gr.: k. A.                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>mobil:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Straßen-,</li> <li>Schienen-,</li> <li>Luftverkehr,</li> <li>Schifffahrt; Gr.: 0,005 – 2,5 µm</li> </ul>                                                                                      | aus reaktionsfähigen Gasen durch komplexe chem. Reaktionen entstandene sekundäre Staubteilchen (Schwefeloxide, Stickoxide und NMVOC (= Non Methane Volatile Organic Compounds, Sammelbezeichnung für flüchtige organische (kohlenstoffhaltige) Verbindungen ohne Methan) werden zu Ammoniumsulfaten, Aldehyden sowie Ketone (Reaktionsprodukte der NMVOC)); Gr.: k. A. |

Tab. 4: Einteilung der anthropogenen Feinstaubquellen<sup>38</sup>

### 2.2.2 Zuordnung der Inhaltsstoffe von Feinstaub zu ihren möglichen Quellen

Die anthropogenen Feinstaubquellen (Emittenten) sind für unterschiedliche Substanzen in der chemischen Zusammensetzung von PM<sub>10</sub> verantwortlich. Eine Zuordnung der Substanzen von PM<sub>10</sub> (aus Abb. 2 und Abb. 3) zu ihren Emittenten erfolgt in Tab. 5.

| Substanz                                                           | Emittent (Herkunft)                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| EC                                                                 | Verbrennungsprozesse („Dieselruß“, Hausbrand), Reifenabrieb                                                                                                                                                                                                                                                               |
| OC                                                                 | Teil aus (unvollständiger) Verbrennung aus den gleichen Quellen wie EC; Rest sekundäre organische Partikel (tlw. aus flüchtigen organischen Verbindungen), Reifenabrieb                                                                                                                                                   |
| lösliche Ionen (Na, K, Cl (= Chlorid))                             | Verwendung von Auftaumitteln im Winter (NaCl (= Natriumchlorid, Kochsalz)); Kalium kann möglicher Hinweis auf Biomassefeuerungen sein                                                                                                                                                                                     |
| Ca, Mg                                                             | Straßenabrieb, Streusplitt                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Fe, Pb, Ni, As, Cd                                                 | Bremsen-, Reifen-, Schienenabrieb, Kohle- und Schwerölverbrennung, Metallindustrie                                                                                                                                                                                                                                        |
| sekundäre anorganische Partikel (NH <sub>4</sub> , Sulfat, Nitrat) | Bildung in der Atmosphäre durch chemische Umwandlungsprozesse aus Ammoniak (NH <sub>3</sub> , hauptsächlich aus Nutztierhaltung in der Landwirtschaft), SO <sub>2</sub> (= Schwefeldioxid; Industrie, Hausfeuerungen), NO <sub>x</sub> (Stick(stoff)oxide, Sammelbezeichnung für NO und NO <sub>2</sub> ; Straßenverkehr) |

Tab. 5: Zuordnung der Substanzen von PM<sub>10</sub> zu ihren Emittenten (Herkunft)<sup>39</sup>

Die lokale chemische Feinstaubzusammensetzung ist nicht nur von den Emittenten vor Ort abhängig, sondern wird auch bestimmt durch den Transport von Feinstaub (Analyse mittels

<sup>38</sup> Vgl. Landeshauptstadt Wiesbaden (2007), Punkt Herkunft der PM/1 und DIN; KRdL (2006), S. 198

<sup>39</sup> Vgl. Heimbürger et al. (2008), S. 20 f. und BAFU (2009)

Rückwärtstrajektorien<sup>40</sup>). Nicht nur der Transport von Feinstaub bewirkt eine Veränderung der Luftqualität eines Standortes, sondern auch die Vermischung von Feinstaub mit sauberer Umgebungsluft („Verdünnungswirkung“), trockene Deposition (= Ablagerung aus der Atmosphäre auf Böden und Gewässer)<sup>41</sup>, nasse Deposition (= Auswaschung durch Niederschlag) oder chemische Umwandlungsprozesse.<sup>42</sup> Weitere Einflussfaktoren auf die Höhe der Feinstaubbelastung werden an späterer Stelle in dieser Arbeit (siehe Abschnitt 3.1) beschrieben.

### 2.2.3 Partikel-Kreislauf (Quellen/Vorläufer, Mechanismen der Bildung und Elimination)

Nachdem die Quellen von primären und sekundären Partikel erläutert worden sind (siehe Abschnitt 2.2.1), betrachtet dieser Abschnitt den Kreislauf der Partikel; dh. ausgehend von den Quellen, die Bildungs- und Eliminationsmechanismen von Teilchen in der Außenluft. Die Entstehung von Primärpartikeln wird aktuell in der wissenschaftlichen Literatur durch zwei Hypothesen, die Elementarkohlenstoff-Hypothese und die Polyzyklen-Hypothese, erklärt. Bei der Elementarkohlenstoff-Hypothese kommen die Teilchen Wasserstoff und Kohlenstoff getrennt im Kraftstoff vor, wobei die Kohlenstoffatome bei hohen Verbrennungstemperaturen innerhalb von Millisekunden Cluster entwickeln und Partikelgrößen von etwa 10 nm entstehen. Bei der Polyzyklen-Hypothese geht das Ethin aus der Pyrolyse von Aliphaten und Aromaten (Zerlegung des Kraftstoffs unter Sauerstoffausschluss) hervor. Durch mehrfache Anlagerung der Ethinmoleküle bilden sich Makromoleküle, durch mehrmaligen Zusammenschluss derer, die Primärpartikel mit einer Größe von 2-10 nm. Die Rußpartikel werden wiederum durch wiederholte Vereinigung von Primärpartikeln (= Agglomeration) gebildet.<sup>43</sup>

Nach oder bei der Bildung von Primär- bzw. Sekundärpartikel kommen je nach Partikelgröße unterschiedliche Prozesse (z. B. Kondensation (= Keimbildung), Oberflächenwachstum, Koagulation, Agglomeration, Impaktion oder Sedimentation) zum Tragen (siehe Abb. 4).<sup>44</sup>

---

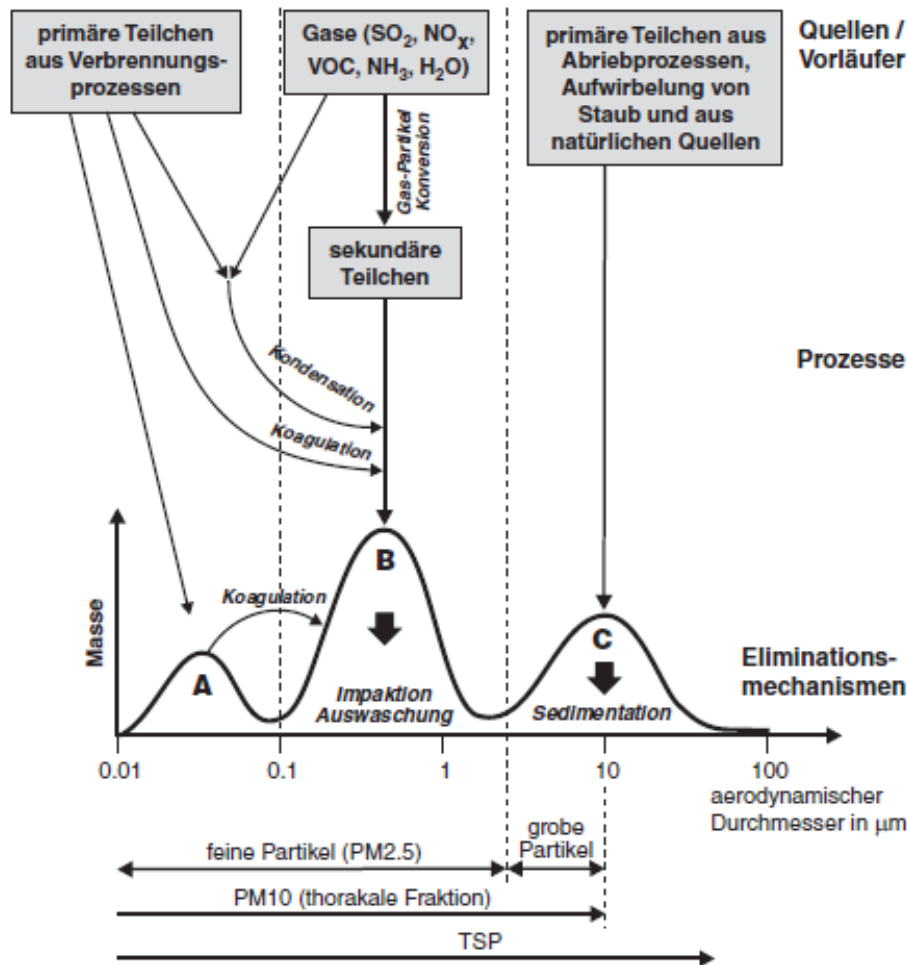
<sup>40</sup> „Eine Trajektorie ist der Weg, den die Luft in einem bestimmten Zeitraum zurücklegt.“; UBA Österreich (2006a).

<sup>41</sup> Vgl. SRU (2008), S. 403

<sup>42</sup> Vgl. ZAMG (2011)

<sup>43</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 492 f.

<sup>44</sup> Vgl. UVEK (2006), S. 5 und Hopp (2001), S. 7



**Abb. 4: Simplifizierte Darstellung der Größenverteilung (A: UFP, B: Akkumulationsmodus, C: grobe Partikel bzw. Grobstaub) des atmosphärischen Aerosols in Quellennähe und der relevantesten Prozesse<sup>45</sup>**

UFP (Entstehung aus Verbrennungsprozessen; siehe Abschnitt 2.3.1.2) koagulieren (= Teilchenkollisionen) binnen weniger Stunden mit größeren Partikeln oder werden größer durch Kondensation (an Gasteilchen z. B.  $\text{SO}_2$  (siehe ferner Abschnitt 2.3.2.1)).<sup>46</sup> Dabei entstehen sekundären Teilchen (Grobstaub und grobe Partikel), dazu gehören: Primäre Teilchen aus Abriebprozessen (= Abrasion), Aufwirbelung (= Resuspension) von Staub und natürliche Quellen, welche sich in kurzer Zeit ablagern (= Sedimentation). Durch diese Eliminationsmechanismen (Koagulation und Sedimentation) sind an Messstandorten, welche keine Feinstaubquelle in der Nähe haben, überwiegend Partikel im Akkumulationsmodus (Größe: 0,1 µm - 1 µm) in der Außenluft anzutreffen. Diese werden vorwiegend durch Niederschläge aus der Atmosphäre (= nasse Deposition z. B. Regen oder Schnee)<sup>47</sup> bzw. durch Impaktion (= Ablagerung an Oberflächen durch Luftströmungen) eliminiert.<sup>48</sup>

<sup>45</sup> UVEK (2006), S. 4;  $\text{NH}_3$  (= Ammoniak) und  $\text{H}_2\text{O}$  (= Wasser)

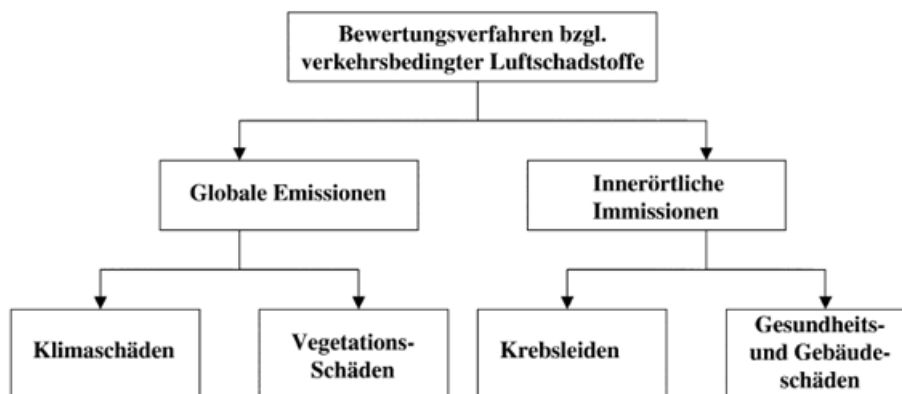
<sup>46</sup> Dieser Prozess wird auch als Nukleation bzw. Keimbildung bezeichnet; vgl. Sacherer (2004), S. 79 und Hopp (2001), S. 7.

<sup>47</sup> Vgl. SRU (2008), S. 403

<sup>48</sup> Vgl. UVEK (2006), S. 4 f.

## 2.3 Auswirkungen der Feinstaubbelastung

Die durch den motorisierten Verkehr freigesetzten Luftschadstoffe in die Außenluft haben verschiedene mögliche Wirkungsorte, nämlich den Menschen (Gesundheit) und die Umwelt (Klima, Vegetation und Gebäude), an denen sie Schäden verursachen können (siehe Abb. 5). In diesem Abschnitt werden, anhand des derzeitigen wissenschaftlichen Kenntnisstandes, mögliche negative Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge für den Luftschadstoff Feinstaub aufgezeigt.



**Abb. 5: Bewertung der Luftschadstoffemissionen und –immissionen des Verkehrsträgers Straße in der BVWP-Methodik 2003<sup>49</sup>**

### 2.3.1 Mögliche gesundheitliche Effekte bedingt durch Feinstaubexposition

Um mögliche gesundheitliche Auswirkungen infolge einer erhöhten Feinstaubbelastung der Außenluft zu untersuchen, werden epidemiologische<sup>50</sup> bzw. toxikologische Studien in der medizinischen Forschung verwendet (siehe Tab. 6).

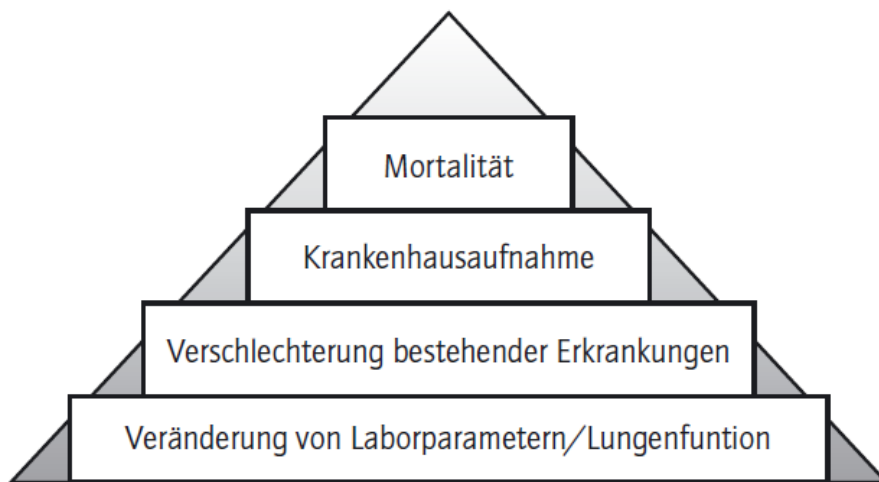
#### 2.3.1.1 Quantitative Abschätzung feinstaubinduzierter Krankheiten (i. B. von Risikogruppen)

Hinsichtlich der gesundheitlichen Auswirkungen aufgrund einer erhöhten Feinstaubbelastung der Außenluft können verschiedene Schweregrade von Erkrankungen, wobei die Häufigkeit mit zunehmender Schwere der Effekte abnimmt, unterschieden werden (siehe Abb. 6).<sup>51</sup>

<sup>49</sup> Steierwald et al. (2005), S. 183; BVWP (= Bundesverkehrswegeplanung), vgl. Steierwald et al. (2005), S. 182

<sup>50</sup> Unter Epidemiologie versteht man die Korrelation von Partikelkonzentrationen in der Außenluft mit Krankheiten und Todesfällen; vgl. Soentgen, Völzke (2006), S. 150.

<sup>51</sup> Vgl. UBA Österreich (2005a), S. 47



**Abb. 6: Gesundheitliche Auswirkungen von Partikel-Luftverschmutzung<sup>52</sup>**

Die Spannweite reicht dabei von Veränderung von Laborparameter/der Lungenfunktion<sup>53</sup> (Diese haben keinen direkten Einfluss auf zukünftige gesundheitliche Folgen), Verschlechterung bestehender Erkrankungen (wie Herz- und Lungenkrankheiten), Krankenhausaufnahmen (An feinstaubreichen Tagen wird z. B. die Verschlechterung bestehender Herz-Kreislauf-Erkrankungen begünstigt; dazu zählen ischämische Herzerkrankungen (Angina pectoris und Myokardinfarkt), Herzinsuffizienz und Herzrhythmusstörungen) und im drastischsten Fall der Mortalität (Hauptgründe sind hierbei Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Herzinfarkt) und Lungenerkrankungen (Lungenentzündung, Asthma, Allergien, COPD (= Chronic(ally) Obstructive Pulmonary Disease, chronisch obstruktive Lungenerkrankung))<sup>54</sup> und Lungenkrebs).<sup>55</sup>

Bei den Atemwegsallergien ist sich die wissenschaftliche Forschung zurzeit noch nicht ganz einig, ob die Entstehung von Allergien durch feinstaubbedingte Luftverschmutzung gefördert wird. Eine Verschlimmerung der kurzfristigen Reaktion auf Allergene ist in Tierstudien mit einer Exposition von Dielextrakten und beim Menschen bei der Inhalation von Dieselpartikeln in experimentellen Studien nachgewiesen worden. Eine mögliche Allergisierung von gesunden Personen bedingt durch längerfristige Feinstaubbelastung konnte noch nicht geklärt werden<sup>56</sup>; allerdings hat eine Untersuchung ergeben, dass Dieselabgase „die Immunreaktionen in Richtung auf ein allergisches Muster hin verschiebt. Damit würde sich das Risiko zur Entwicklung einer allergischen Sensibilisierung vergrößern [...]“. <sup>57</sup>

Der Schweregrad der feinstaubbedingten Erkrankungen korreliert mit der individuellen Expositionsdauer. Es wird daher differenziert nach gesundheitlichen Kurzzeit- und Langzeiteffekten (siehe Tab. 6).

<sup>52</sup> Soentgen, Völzke (2006), S. 151; die aus der Quelle übernommene Graphik enthält einen Druckfehler, nämlich lautet der Begriff korrekt: Lungenfunktion.

<sup>53</sup> Laut Studien im Rahmen der KORA (= Kooperative Gesundheitsforschung in der Region Augsburg) steigen auch die Plasmaviskosität des Blutes, der Blutdruck und Herzschlag an; vgl. Soentgen, Völzke (2006), S. 151.

<sup>54</sup> Vgl. Woxikon (2011)

<sup>55</sup> Vgl. Soentgen, Völzke (2006), S. 151 f. und Heinrich et al. (2002), S. 94 f.

<sup>56</sup> Vgl. ISPM (2005), S. 1 und 14

<sup>57</sup> ISPM (2005), S. 31

| Studie                                                            | Design             | Population                                                                           | Exposition                             | Outcome                  | Effektdauer | wesentliche Ergebnisse                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NMMAPS (= National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study)  | Zeitreihen-analyse | 20 große Städte, welche eine Bevölkerung von in etwa 50 Millionen Menschen aufweisen | PM <sub>10</sub>                       | Mortalität               | Kurzzeit    | Anstieg der Gesamtmortalität um 0,5% verbunden mit einer Zunahme um 10 µg <sup>58</sup> /m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub><br>Anstieg der kardiovaskulären und respiratorischen Mortalität um 0,7%                                                                                                                                                                                                                           |
| APHEA (= Air Pollution and Health)                                | Zeitreihen-analyse | 6 westeuropäische Städte mit ca. 11 Millionen Menschen                               | PM <sub>10</sub>                       | Mortalität               | Kurzzeit    | Anstieg der Gesamtmortalität um 0,4% verbunden mit einer Zunahme um 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Harvard Six City Diary Study                                      | Zeitreihen-analyse | ungefähr 1.800 Kinder                                                                | PM <sub>2,5</sub>                      | Morbidität <sup>59</sup> | Kurzzeit    | Anstieg respiratorischer Symptome bei einem Level von 15 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2,5</sub><br>OR (= Odds Ratio, Chancenverhältnis) 1,29 (95% CI (= Confidence Interval, Konfidenzintervall) 1,06-1,57)                                                                                                                                                                                                                   |
| ACS (=American Cancer Society)-Studie                             | Kohorten-studie    | ca. 555.000 Erwachsene in 154 Städten                                                | TSP, grobe Partikel, PM <sub>2,5</sub> | Mortalität               | Langzeit    | adjustierte relative Risiken (95% CI) bezogen auf eine Veränderung von 10 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2,5</sub> :<br>Gesamtmortalität<br>RR (= relatives Risiko) = 1,06 (1,02-1,11)<br>kardiopulmonale Mortalität<br>RR = 1,09 (1,03-1,16)<br>Lungenkrebs<br>RR = 1,14 (1,04-1,23)                                                                                                                                           |
| HSCS (= Harvard Six Cities Studie)                                | Kohorten-studie    | ungefähr 8.000 Erwachsene                                                            | TSP, PM <sub>2,5</sub>                 | Mortalität               | Langzeit    | Die Stadt mit der höchsten Feinstaubbelastung weist eine um 26 % höhere Mortalität verglichen mit der am geringsten belasteten auf; Gesamtmortalität:<br>RR = 1,42 (95% CI 1,16-2,01) für 50 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub><br>RR = 1,31 (95% CI 1,11-1,68) für 25 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>2,5</sub>                                                                                                                 |
| AHSMOG (= Adventist Health Study of Smog)                         | Kohorten-studie    | 6.300 Erwachsene                                                                     | PM <sub>10</sub> , PM <sub>2,5</sub>   | Mortalität               | Langzeit    | erhöhtes Mortalitätsrisiko bei einer koronaren Herzerkrankung bei PM <sub>2,5</sub> (geringerer Effekt bei PM <sub>10</sub> ); erhöhtes Risiko für Lungenkrebs bei Männern (RR 5,2 (95% 1,9-13,9) bei PM <sub>10</sub> ; IQR (= Inter Quartil Range, (Inter-)Quartilsabstand) 24 µg/m <sup>3</sup> )                                                                                                                       |
| NLCS (= Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer)              | Kohorten-studie    | 5.000 Erwachsene                                                                     | Black Smoke (= Ruß)                    | Mortalität               | Langzeit    | signifikanter Zusammenhang des Wohnens an einer befahrenen Straße mit kardiopulmonaler Mortalität (RR 1,95 95%; CI 1,09-3,52)                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Studie zu Säuglingssterblichkeit und Partikelbelastung in den USA | Kohorten-studie    | 4 Millionen Kinder                                                                   | PM <sub>10</sub>                       | Mortalität               | Langzeit    | adjustierte Odds Ratios (95% CI) der Gruppe stark ausgesetzter (40-69 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> ) versus niedrig ausgesetzter (12-28 µg/m <sup>3</sup> PM <sub>10</sub> ) Kinder;<br>gesamte post-neonatale Mortalität:<br>1,10 (1,04-1,16)<br>Neugeborene mit Normalgewicht:<br>respiratorische Mortalität 1,40 (1,05-1,85),<br>SIDS (= Sudden Infant Death Syndrome, Plötzlicher Säuglingstod) 1,26 (1,14-1,39) |

Tab. 6: Ausgewählte Studien zu Kurzzeit- und Langzeiteffekten bei PM<sub>x</sub>-Exposition<sup>60</sup><sup>58</sup> Mikrogramm (10<sup>-6</sup> Gramm), tausendstel Milligramm<sup>59</sup> Unter dem Begriff Morbidität wird die Krankheitshäufigkeit in Relation auf eine bestimmte Bevölkerungsgruppe verstanden; vgl. Self-med.net (2011)<sup>60</sup> Vgl. LGL (2011)

Wie aus der Tab. 6 hervorgeht, kommen bei der Bewertung der Auswirkungen von Feinstaub (bei einem Anstieg um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{10}$ ) auf die Gesamtmortalität in der städtischen Bevölkerung<sup>61</sup> die amerikanische NMMAPS-Studie mit einer Zunahme um 0,5 % und die europäische APHEA-Studie (beides Kurzzeitstudien) mit einem Anstieg um 0,4 % zu ähnlichen Ergebnissen. Bei den Langzeitstudien (Kohortenstudien) bewerten die amerikanische ACS-Studie Lungenkrebs mit einem RR<sup>62</sup> von 1,14, dh. einer Risikoerhöhung im Ausmaß von 14 %, bei einer Veränderung von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{2,5}$  und die amerikanische AHSMOG-Studie das RR mit 5,2 bei  $\text{PM}_{10}$  mit IQR<sup>63</sup>  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ebenso gibt es Hinweise auf die Zunahme von respiratorischen Symptomen: Das OR<sup>64</sup> hat 1,29 bei  $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$   $\text{PM}_{2,5}$  bei der US-Harvard Six City Diary Studie betragen. Weiters hat eine US-Studie zur Säuglingssterblichkeit einen Chancenverhältnisanstieg für die gesamte post-neonatale Mortalität um 10 % für  $\text{PM}_{10}$  und um 40 % für die respiratorische Mortalität normalgewichtiger Neugeborener bei  $\text{PM}_{10}$  vorzuweisen. Zusammenfassend lässt sich somit festhalten, dass eine erhöhte  $\text{PM}_x$ -Exposition der Außenluft (wie bei den Studien in Tab. 6) zu einer Erhöhung der Morbidität bzw. Mortalität führt.

Neben Neugeborenen bzw. Kindern i. A., gehören Senioren bzw. Personen mit Vorerkrankungen (Herz-Kreislauf-System und Lunge) zu den Risikogruppen. Bei Kindern hat die WHO 2004 veröffentlicht, „dass Feinstaub generell für Kleinkinder unter einem Jahr das Atemtodrisiko erhöht, sich auf die Entwicklung der Lunge auswirkt, Asthma verschlimmert und bei Kindern insgesamt Husten und Bronchitis verursacht“<sup>65</sup>. In dieser Datenauswertung (WHO, 2004) wird das Risiko bei einer langfristigen Erhöhung um  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei  $\text{PM}_{2,5}$  für die allgemeine Sterblichkeit mit 6%, für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (relatives Sterberisiko) mit 12 % und für Lungenkrebs (relatives Sterberisiko) mit 14 % angegeben.<sup>66</sup>

### 2.3.1.2 Diskussion von schädlich eingestuften Substanzen in Feinstaub in der Außenluft und deren Wirkungsschwelle

Beim Feinstaub wird v. a. der Dieselruß (ein Bestandteil der Feinstäube) als kanzerogen (= krebserregend) eingestuft. Dieselruß entsteht vorwiegend durch unvollständige Verbrennung von Dieseldieselkraftstoff; dabei liegt er auch in Form von UFP vor. UFP sind aufgrund ihrer großen Anzahl (über 90 % des Feinstaubes), ihrer damit einhergehenden großen Oberfläche (i. B. ihrer Oberflächenbeschaffenheit<sup>67</sup>) und ihrer Eigenschaft andere schädliche Stoffe, wie z. B. Schwermetalle (Blei, Cadmium, Quecksilber, Arsen, Nickel, usw.), organische Stoffe (PAK = polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe<sup>68</sup>)<sup>69</sup> oder Dioxine anheften zu lassen, besonders gefährlich.

<sup>61</sup> Da hohe Feinstaubkonzentrationen v. a. in dicht besiedelten Städten (Exposition vieler Menschen) zu vermeiden sind, ist dies bei der Auswahl der Studien in Tab. 6 berücksichtigt worden; vgl. Neuberger et al. (2007), S. 6.

<sup>62</sup> Das relative Risiko ist dabei wie folgt definiert:  $\text{RR} = \text{Inzidenzrate} (= \text{Neuerkrankungsrate}) \text{ bei Exponierten} / \text{Inzidenzrate bei Nicht-Exponierten}$ ; vgl. Englert (2006), S. 113.

<sup>63</sup>  $\text{IQR} = Q_{0,75} - Q_{0,25}$ , dh. IQR umfasst 50 % aller Messwerte; vgl. Gerald van den Boogaart (2005), S. 12 und 15

<sup>64</sup> Beim OR wird berechnet wie sich ein Risikofaktor auf die Chance einer möglichen Erkrankung auswirkt; vgl. Schwarzer et al. (2004), S. 549 f..

<sup>65</sup> WHO Europe (2005a), S. 2; zu ähnlichen Ergebnissen ist Fr. PD Dr. U. Krämer in ihrem wissenschaftlichen Artikel „Partikelbelastung und allergische Erkrankungen bei Kindern“ gekommen; vgl. Krämer, U. (2004).

<sup>66</sup> Vgl. WHO Europe (2005a), S. 2 f.

<sup>67</sup> Vgl. Gzásó et al. (2007), S. 184 ff.

<sup>68</sup> Auf Engl. PAH = Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (z. B. Benzo[a]pyren); vgl. UVEK (2006), S. 3

<sup>69</sup> Diese Stoffe gehören zu der Gruppe der genotoxischen Humankarzinogene; vgl. EU (2004), Präambel (3).

In den letzten Jahren hat es vermehrt Anzeichen gegeben, dass keine gesundheitlich unschädliche Konzentration von Feinstaub in der Außenluft existiert, also kein unterer Schwellenwert (= Wirkungsschwelle), sondern eine lineare Dosis-Wirkungs-Funktion für PM<sub>10</sub>, vorliegt.<sup>70</sup> Folglich sind Feinstaubreduzierungsmaßnahmen unterhalb definierter Grenzwerte mindestens so effektiv wie darüber. Dies lässt sich durch folgende Zahlen ebenso für PM<sub>2,5</sub> belegen (siehe Tab. 7).<sup>71</sup>

| PM <sub>2,5</sub> -Ausgangswert     | PM <sub>2,5</sub> -Senkung auf                  | Mortalitätsreduktion |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|
| 25 µg/m <sup>3</sup> (EU-Grenzwert) | 20 µg/m <sup>3</sup>                            | 55 %                 |
| 25 µg/m <sup>3</sup> (EU-Grenzwert) | 15 µg/m <sup>3</sup> (US-Grenzwert)             | 154 %                |
| 25 µg/m <sup>3</sup> (EU-Grenzwert) | 12 µg/m <sup>3</sup> (kalifornischer Grenzwert) | 236 %                |

**Tab. 7: Mortalitätsreduktionspotenziale für PM<sub>2,5</sub>-Senkungen unterhalb des EU-PM<sub>2,5</sub>-Grenzwertes<sup>72</sup>**

### 2.3.1.3 Schätzungen der externen Gesundheitskosten und Lebenserwartung für Österreich bedingt durch Feinstaubbelastung

Eine trinationale Studie (Österreich, Schweiz und Frankreich) aus dem Jahr 1996 kommt zu dem Schluss, dass im Basisjahr 1996 aufgrund verkehrsbedingter Feinstaubbelastung der Außenluft in Österreich in der Höhe von 8 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub> (insgesamt hat die durchschnittliche PM<sub>10</sub>-Belastung 26 µg/m<sup>3</sup> Luft betragen) 2.411 (Konfidenzintervall: 1.457-3.378) Todesfälle bei Erwachsenen ≥ 30 Jahre zurückzuführen sind (Im Vergleich dazu sind 1.027 Menschen im selben Jahr infolge von Verkehrsunfällen gestorben.<sup>73</sup>).<sup>74</sup> Die deutsche APUG-Studie (= Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit) im Raum Nordrhein-Westfalen weist ebenso auf ein höheres Todesfallrisiko durch Luftverschmutzung (4 Todesfälle/10.000 Einwohner pro 10 µg/m<sup>3</sup> PM<sub>10</sub>), als bei Verkehrsunfällen (0,84 Tote/10.000 Einwohner) hin.<sup>75</sup>

Nach Berechnungen der WHO (= World Health Organisation, Weltgesundheitsorganisation) reduziert sich die durchschnittliche Lebenserwartung eines in Österreich lebenden Menschen um rund acht Monate (Zahlen fürs Jahr 2000). Analog ist für Wien vom UBA (= Umweltbundesamt; 2003/2004), basierend auf Berechnungen der Dosis-Wirkungs-Beziehung übernommen von der ACS-Studie, eine Verkürzung der durchschnittlichen Lebenserwartung um 12 Monate für die PM<sub>2,5</sub>-Belastung der Außenluft (im Vergleich zu einem Referenzniveau von 8 µg/m<sup>3</sup>) berechnet worden.<sup>76</sup> Für Österreich wird infolge einer Reduktion der Feinstaubbelastung von einer Ersparnis zwischen einer und drei Mrd. Euro an verminderter Sterblichkeit bzw. einer Ersparnis von 0,5 Mrd. € an Krankheitskosten ausgegangen.<sup>77</sup> Allgemein wird für europäische Großstädte von marginalen Schadenskosten je Tonne Feinstaubpartikel PM<sub>10</sub> zwischen 69.766 € und 649.663 € bzw. in Berlin für PM<sub>10</sub> pro Diesel-

<sup>70</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 469; Steierwald et al. (2005), S. 176; UBA Österreich (2011c); Soentgen, Völzke (2006), S. 151 und Peters et al. (2002), S. 101 und EU (2004), Präambel (3)

<sup>71</sup> Vgl. Neuberger et al. (2007), S. 5

<sup>72</sup> Vgl. Neuberger et al. (2007), S. 1

<sup>73</sup> Vgl. VCÖ (2008)

<sup>74</sup> Vgl. UBA Österreich (2005a), S. 27 f.

<sup>75</sup> Vgl. MUNLV (2004), S. 13

<sup>76</sup> Vgl. UBA Österreich (2005a), S. 9

<sup>77</sup> Vgl. UBA Österreich (2005b)

PKW zwischen 0,37-1,75 Cent/km und Otto-Motor-PKW zwischen 0,14-0,33 Cent/km ausgegangen.<sup>78</sup>

## 2.3.2 Mögliche umweltbezogene Effekte bedingt durch Feinstaubbelastung

### 2.3.2.1 Diskussion möglicher Effekte von gefährlich eingestuften Substanzen in Feinstaub in der Atmosphäre auf das Klima

Nachdem die negativen Auswirkungen der Feinstaubbelastung der Außenluft auf die menschliche Gesundheit untersucht worden sind, werden nachfolgend Antworten auf eventuelle feinstaubbedingte, klimatische Folgewirkungen gesucht. Dabei ist der Begriff Aerosol sehr wichtig, welcher wie folgt definiert ist:

*„Ein Aerosol [...] ist ein Gemisch aus festen oder/und flüssigen Schwebeteilchen und Luft.“<sup>79</sup>*

Generell lässt sich festhalten, dass Aerosolpartikel den Strahlungshaushalt der Erde direkt (über die Reflexion des einfallenden Sonnenlichts wird eine Kühlung der Atmosphäre hervorgerufen) und indirekt (über den Wolkenbildungsprozess, wobei Aerosolpartikel als Kondensationskeime des Wasserdampfes fungieren und dabei die Adsorption der Sonnenstrahlen zu einer Erwärmung der Atmosphäre führt) beeinflussen können. Dabei hat die chemische Partikelzusammensetzung und deren physikalische Parameter (z. B. Partikelgrößenverteilung) entscheidenden Einfluss darauf, welcher Prozess (Klimaerwärmung oder –abkühlung) dominierend ist.<sup>80</sup>

Hinsichtlich der verschiedenartigen Wirkung der einzelnen Inhaltsstoffe des Feinstaubes wirken Sulfat, Nitrat und partikuläre organische Kohlenstoffverbindungen abkühlend (Strahlung wird reflektiert) und elementarer Kohlenstoff (Ruß) erwärmend<sup>81</sup> (Strahlungsadsorption). Experten auf dem Gebiet des Klimaschutzes befürworten eine Verringerung der Emissionen von BC (= Black Carbon, schwarzer Kohlenstoff/Ruß) bei Treibstoffen, was sich einerseits bei den gesundheitlichen (siehe voriger Abschnitt) als auch andererseits der klimatischen Auswirkungen positiv bemerkbar machen würde.<sup>82</sup> Die Auswirkungen von Ruß auf die Vegetation (Pflanzen) werden im nächsten Abschnitt behandelt.

Lokal (Mikroklima) kann die Wirkung der Gesamtheit aller Aerosole unterschiedlich ausfallen (abkühlend<sup>83</sup> als auch erwärmend); global (Weltklima) betrachtet, besteht die Vermutung, dass der abkühlende Effekt vorherrscht, sozusagen dem Treibhauseffekt entgegenwirkt. Bei den Aerosolen spielen v. a. UFP, aufgrund ihrer geringen Größe bedingten

---

<sup>78</sup> Vgl. Schöller et al. (2007), S. 437

<sup>79</sup> Chemie.DE (2010c)

<sup>80</sup> Vgl. Kasper-Giebl (2008)

<sup>81</sup> In diesem Zusammenhang wird Dieselruß oft als klimaaktive Substanz bezeichnet; vgl. UVEK (2006), S. 43 f..

<sup>82</sup> Vgl. EKL (2007), S. 18

<sup>83</sup> Ein Beispiel für eine abkühlende, feinstaubbedingte, regionale Folgewirkung ist in einem Forschungsbericht über eine Messreihe an der GAW Globalstation Hohenpreißenberg (Hintergrundmessstation; Begriffserklärung siehe Abschnitt 2.5.1.1) dokumentiert. Dort ist die SSA (= Single Scattering Albedo, Einfach-Streu-Albedo; Indikator, ob Aerosolgemisch abkühlend oder erwärmend wirkt): von 1999 bis 2005 von 0,85 auf 0,91 gestiegen, was eine Verschiebung einer anfangs absorbierenden, in Richtung einer abkühlenden Wirkung bedeutet; vgl. Kaminski (2006), S. 88 und 92 f..

möglichen langen Verweildauer und daraus wiederum resultierenden möglichen weiten Transportdistanz in der Atmosphäre (siehe Abschnitt 2.1), eine entscheidende Rolle.<sup>84</sup>

Die meisten Feinstaubmaßnahmen (siehe Abschnitt 3.2) weisen einen Synergieeffekt auf, dh. sie wirken sich nicht nur auf das Klima, sondern auch auf die Luftreinhaltung, positiv aus.<sup>85</sup> Allgemein ist festzuhalten, dass nach aktuellem wissenschaftlichen Erkenntnisstand die Auswirkungen der Feinstaubbelastung auf die Gesundheit höher, als auf das Klima einzustufen sind.<sup>86</sup>

#### 2.3.2.2 Diskussion möglicher Effekte von gefährlich eingestuften Substanzen in Feinstaub in der Atmosphäre auf die Vegetation

Die Auswirkungen der Feinstaubbelastung der Außenluft auf die Vegetation sind im Vergleich zu jenen der Gesundheit (siehe Abschnitt 2.3.1) und des Klimas (siehe Abschnitt 2.3.2.1) weniger bedeutend. Der Eintrag von Feinstaub erfolgt aus der Atmosphäre über nasse bzw. trockene Deposition (siehe Abschnitt 2.2.1). Schwermetalle, Dioxine bzw. Ruß lagern sich auf Pflanzen, Böden und Gewässern<sup>87</sup> ab und gelangen in weiterer Folge über die Nahrungskette in den menschlichen Körper. Die Partikel können über die Spaltöffnungen der Pflanze eindringen (Durchmesser: 20 – 50 µm) und somit ihren Wasserhaushalt (Beeinträchtigung der Transpiration) stören bzw. durch Ablagerungen von dunklen Teilchen auf der Pflanzenoberfläche, welche durch Niederschlag nur ungenügend entfernt werden, zu einer Erhitzung führen.<sup>88</sup>

## 2.4 Rechtliche Rahmenbedingungen von Feinstaub in ausgewählten Staaten(gemeinschaften)

### 2.4.1 Immissionsrechtliche Bestimmungen von Feinstaub – Definitionen und gesetzlich vorgeschriebene Werte in den USA (i. B. Kalifornien), in Japan und der EU (i. B. Österreich)

Um v. a. die negativen gesundheitlichen Auswirkungen der Immissionen der Außenluft auf die Bevölkerung (siehe Abschnitt 2.3.1) auf ein erträgliches Ausmaß zu reduzieren, hat die EU am 22.4.1999 in ihrer 1. Luftqualitätsrahmen-Tochterraichtlinie 1999/30/EG Werte für Feinstaub und dessen Inhaltsstoffe definiert.<sup>89</sup> Diese Richtlinie ist mittels dem IG-Luft (= Immissionsschutzgesetz-Luft) BGBl. 115/1997 sowie der Messkonzept-Verordnung zum IG-L BGBl. II 2001/344 mit 7.7.2001 in nationales (österreichisches) Gesetz umgesetzt worden.<sup>90</sup> Die Einhaltung der Feinstaubwerte in Österreich wird laufend vom Messnetz kontrolliert (siehe Abschnitt 2.5.1) und bei deren Überschreitung werden Maßnahmen (siehe Abschnitt 3.2) ergriffen.

<sup>84</sup> Vgl. presstext (2006) und Baltensperger (2008), S. 2

<sup>85</sup> Vgl. EKL (2007), S. 18

<sup>86</sup> Vgl. presstext (2006)

<sup>87</sup> Beispielsweise lagern sich PAKs (v. a. Benzo[a]pyren) entweder direkt auf der Wasseroberfläche ab oder dringen über andere Pfade (z. B. städtische Abflüsse oder Kläranlagen) in Gewässer vor; vgl. Götz et al. (2009), S. 433.

<sup>88</sup> Vgl. SRU (2008), S. 403; BAFU (2007) und EKL (2007), S. 99

<sup>89</sup> Nach dem derzeitigen Stand der Forschung ist es nicht möglich Feinstaub-Grenzwerte zu definieren, unterhalb derer die Bevölkerung vollkommen von den negativen Auswirkungen der Feinstaubbelastung der Außenluft geschützt ist; vgl. EKL (2007), S. 111.

<sup>90</sup> Vgl. Schneider (2002), S. 9

Nachfolgend werden einige **Definitionen** von Begriffen näher gebracht, welche bei der rechtlichen Auseinandersetzung mit Feinstaub-Immissionen gebräuchlich sind:

Unter Immissionen versteht man gemäß der TA Luft (= Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft) folgendes:

*„Immissionen [...] sind auf Menschen, Tiere, Pflanzen, den Boden, das Wasser, die Atmosphäre oder Kultur- und Sachgüter einwirkende Luftverunreinigungen.“<sup>91</sup>*

Bei den immissionsseitig einzuhaltenden Feinstaubwerten wird zwischen unterschiedlichen Begriffen diversifiziert:

- Zielwert: Unter einem Zielwert wird *„[...] die nach Möglichkeit in einem bestimmten Zeitraum zu erreichende Immissionskonzentration, die mit dem Ziel festgelegt wird, die schädlichen Einflüsse auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt insgesamt zu vermeiden, zu verhindern oder zu verringern“<sup>92</sup>* verstanden.
- Richtwerte (auch Guidelines genannt (z. B. jene der WHO)): Richtwerte sind Empfehlungen für Schadstoffkonzentrationen (an dieser Stelle: in der Außenluft). Sie sollen angestrebt werden, müssen nicht gesetzlich eingehalten werden und sind meist durch festgelegte Toleranzmargen<sup>93</sup> charakterisiert.<sup>94</sup>
- Grenzwert: Grenzwerte sind als *„höchstzulässige, wirkungsbezogene Immissionsgrenzkonzentrationen, bei deren Unterschreitung nach den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen keine schädigenden Wirkungen zu erwarten sind“<sup>95</sup>* definiert. Im Gegensatz zum Zielwert ist ein Grenzwert gesetzlich verbindlich einzuhalten.
  - Toleranzmarge: *„Toleranzmarge‘ ist der Prozentsatz des Grenzwerts, um den dieser [...] überschritten werden darf“<sup>96</sup>.*
  - Richtgrenzwert: Hierbei handelt es sich um einen vorläufigen Grenzwert (z. B. in der EU-Richtlinie 2008/50/EG für PM<sub>2,5</sub>), *„der von der Kommission [...] anhand zusätzlicher Informationen über die Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt, die technische Durchführbarkeit und die Erfahrungen mit dem Zielwert in den Mitgliedstaaten zu überprüfen ist.“<sup>97</sup>* Je nach Bedarf entscheidet die europäische Kommission den Richtgrenzwert bzw. den zukünftigen Grenzwert zu ändern oder beizubehalten.<sup>98</sup>

Nachdem die gängigsten rechtlichen Begriffe bei der Feinstaub-Immissions-Thematik erklärt worden sind, werden die einzuhaltenden Immissionswerte in verschiedenen Staaten(gemeinschaften) angeführt. Die strengsten weltweiten **Immissionsgrenzwerte für PM<sub>10</sub>** (JMW (= Jahresmittelwert): 20 µg/m<sup>3</sup>, TMW (= Tagesmittelwert, 24-h-Mittelwert): 50

---

<sup>91</sup> BMU (2002), S. 9

<sup>92</sup> BKA RIS (2010), § 2 (14)

<sup>93</sup> Vgl. EU (2008a), Artikel 2, 7.

<sup>94</sup> Vgl. EKL (2007), S.12 und 18

<sup>95</sup> BKA RIS (2010), § 2 (4)

<sup>96</sup> EU (2008a), Artikel 2, 7.

<sup>97</sup> EU (2008a), Anhang XIV, E.

<sup>98</sup> Vgl. EU (2008a), Artikel 32, (2)

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) gibt es in **Kalifornien** und der **EU** (seit 1.1.2010); jene von **Japan** (TMW:  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) und den **USA** (TMW:  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) fallen vergleichsweise moderat aus (siehe Tab. 8).

| Gültigkeitsbereich         | PM <sub>10</sub> -Konzentration     | Durchführungsart                                                              |
|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| WHO 2006 <sup>99</sup>     | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         | JMW                                                                           |
|                            | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         | TMW, 99 Perzentilwert                                                         |
| EU-Mitglieder und Norwegen | 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         | JMW; Stufe 1: ab 1.1.2005                                                     |
|                            | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         | TMW; Stufe 1: ab 1.1.2005, max. 35 Überschreitungen                           |
|                            | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         | JMW; Stufe 2: Richtgrenzwert ab 1.1.2010                                      |
|                            | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         | 24-h-Mittelwert; Stufe 2: Richtgrenzwert ab 1.1.2010, max. 7 Überschreitungen |
|                            | 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$        | JMW für Pb in PM <sub>10</sub> seit 1.1.2005 <sup>100</sup>                   |
|                            | 6 ng <sup>101</sup> /m <sup>3</sup> | Zielwert (JMW) für As in PM <sub>10</sub> ; ab 1.1.2013 Grenzwert             |
|                            | 5 ng/m <sup>3</sup>                 | Zielwert (JMW) für Cd in PM <sub>10</sub> ; ab 1.1.2013 Grenzwert             |
|                            | 20 ng/m <sup>3</sup>                | Zielwert (JMW) für Ni in PM <sub>10</sub> ; ab 1.1.2013 Grenzwert             |
| USA <sup>102</sup>         | -----                               | JMW aufgehoben seit 12.2006                                                   |
|                            | 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$        | TMW, max. 1 Überschreitung/Jahr                                               |
| Kalifornien                | 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         | JMW                                                                           |
|                            | 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$         | TMW                                                                           |
| Japan                      | 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$        | TMW                                                                           |
|                            | 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$        | 1-h-Mittelwert                                                                |

**Tab. 8: WHO-Richtwerte für PM<sub>10</sub> und Immissionsgrenzwerte für PM<sub>10</sub> in der EU, den USA, Kalifornien und Japan<sup>103</sup>**

Die **Immissionsgrenzwerte für PM<sub>2,5</sub>** für die **EU**, **USA** und **Kalifornien** (inkl. WHO-Richtwerte) sind in der Tab. 9 gelistet.

<sup>99</sup> Die WHO hat nach Durchsicht der aktuellen wissenschaftlichen Literatur zu den Feinstaub-Expositions-Wirkungszusammenhängen im Rahmen des Projekts „WHO Air Quality Guidelines – Global Update 2005“ im Jahre 2006 diese Richtwerte empfohlen; vgl. EKL (2007), S. 12

<sup>100</sup> Ausgenommen davon sind Jahrzehnten hochkontaminierte Industriestandorte (Das Gebiet darf sich über maximal 1.000 m ausdehnen.). Für diese Gebiete gilt ab den 1.1.2010 ein Grenzwert (JMW) für Pb in PM<sub>10</sub> in der Höhe von  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Daneben existiert für Blei eine Toleranzmarge von 100 %; vgl. EU (2008a), Anhang 11, B..

<sup>101</sup> Nanogramm ( $10^{-9}$  Gramm), millionstel Milligramm

<sup>102</sup> US-EPA 2009; vgl. EKL (2007), S. 19

<sup>103</sup> Vgl. EKL (2007), S. 19; EU (2008a), Anhang XI B. und EU (2004), Anhang I

| Gültigkeitsbereich         | PM <sub>2,5</sub> -Konzentration | Durchführungsart                                                          |
|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| WHO 2006                   | 10 µg/m <sup>3</sup>             | JMW                                                                       |
|                            | 25 µg/m <sup>3</sup>             | TMW, 99 Perzentilwert                                                     |
| EU-Mitglieder und Norwegen | 25 µg/m <sup>3</sup>             | JMW (Stufe 1): ab 1.1.2010 Zielwert, ab 1.1.2015 Grenzwert <sup>104</sup> |
|                            | 20 µg/m <sup>3</sup>             | JMW (Stufe 2): ab 1.1.2020 Grenzwert                                      |
|                            | k. A.                            | TMW                                                                       |
| USA                        | 15 µg/m <sup>3</sup>             | JMW                                                                       |
|                            | 35 µg/m <sup>3</sup>             | TMW, 98 Perzentilwert                                                     |
| Kalifornien                | 12 µg/m <sup>3</sup>             | JMW                                                                       |
|                            | -----                            | TMW, kein Grenzwert                                                       |

**Tab. 9: WHO-Richtwerte für PM<sub>2,5</sub> und Immissionsziel und -grenzwerte für PM<sub>2,5</sub> in der EU, den USA und Kalifornien<sup>105</sup>**

Für den als krebserregend eingestuften Dieselruß (EC; siehe Abschnitt 2.3.2.1) gibt es derzeit noch keinen Immissionsgrenzwert.<sup>106</sup>

Da zuvor Immissionsgrenzwerte für PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> in ausländischen Staaten(gemeinschaften) aufgelistet worden sind, werden nachfolgend analog jene geltenden **Werte für PM<sub>10</sub>- und PM<sub>2,5</sub>-Immissionen in Österreich** behandelt. Für PM<sub>10</sub> und dessen Inhaltsstoffe in Österreich gelten nach IG-L, die in Tab. 10 angeführten Grenz- bzw. Zielwerte als TMW bzw. JMW.

<sup>104</sup> Am 11.6.2008 ist für PM<sub>2,5</sub> ein Grenzwert in der Höhe von 25 µg/m<sup>3</sup> mit einer Toleranzmarge von 20 %, welche am darauffolgenden 1. Jänner und dann alle 12 Monate um einen konstanten Prozentsatz bis am 1.1.2015 reduziert wird, eingeführt worden; vgl. EU (2008a), Anhang XIV, E..

<sup>105</sup> Vgl. EKL (2007), S. 20 und EU (2008a), Anhang 14 D. und E.

<sup>106</sup> Vgl. Möller (2008a), S. 91

| Messgröße              | Konzentration         | Mittelungszeit                                   | Gültigkeit                                                                                                                                                | Wertart   |
|------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| TSP                    | 150 µg/m <sup>3</sup> | TMW                                              | bis 31.12.2004                                                                                                                                            | Grenzwert |
| PM <sub>10</sub>       | 50 µg/m <sup>3</sup>  | TMW                                              | derzeit                                                                                                                                                   | Grenzwert |
| PM <sub>10</sub>       | 40 µg/m <sup>3</sup>  | JMW                                              | zulässige Überschreitungstage: <ul style="list-style-type: none"> <li>• bis 2004: 35</li> <li>• von 2005 bis 2009: 30</li> <li>• seit 2010: 25</li> </ul> | Grenzwert |
| PM <sub>10</sub>       | 50 µg/m <sup>3</sup>  | TMW; pro Kalenderjahr maximal 7 Überschreitungen | seit 7.7.2001                                                                                                                                             | Zielwert  |
| PM <sub>10</sub>       | 20 µg/m <sup>3</sup>  | JMW                                              | 7.7.2001                                                                                                                                                  | Zielwert  |
| Pb in PM <sub>10</sub> | 0,5 µg/m <sup>3</sup> | JMW                                              | derzeit                                                                                                                                                   | Grenzwert |
| As in PM <sub>10</sub> | 6 ng/m <sup>3</sup>   | JMW                                              | derzeit; ab 1.1.2013 als Grenzwert                                                                                                                        | Zielwert  |
| Cd in PM <sub>10</sub> | 5 ng/m <sup>3</sup>   | JMW                                              | derzeit; ab 1.1.2013 als Grenzwert                                                                                                                        | Zielwert  |
| Ni in PM <sub>10</sub> | 20 ng/m <sup>3</sup>  | JMW                                              | derzeit; ab 1.1.2013 als Grenzwert                                                                                                                        | Zielwert  |
| Benzo[a]pyren          | 1 ng/m <sup>3</sup>   | JMW                                              | derzeit; ab 1.1.2013 als Grenzwert                                                                                                                        | Zielwert  |

**Tab. 10: Staubgrenz- und Zielwerte nach IG-L (zum Schutz der menschlichen Gesundheit)<sup>107</sup>**

Die österreichische Gesetzgebung (siehe Tab. 10) ist verglichen mit der europäischen (siehe Tab. 8) strenger, da es für die PM<sub>10</sub>-Immissionen keine Toleranzmarge gibt und die Anzahl zulässiger Überschreitungstage von 35 bis 2010 sukzessive auf 25 gesenkt wird.<sup>108</sup>

Für PM<sub>2,5</sub> gibt es zur Zeit noch keine gesetzlich gültigen Grenzwerte; mit 1.1.2010 ist der europäische Zielwert als JMW mit 25 µg/m<sup>3</sup> für PM<sub>2,5</sub> (ab 1.1.2015 Grenzwert; siehe Tab. 9) in nationales Recht (IG-Luft) umgesetzt worden (siehe Tab. 9).<sup>109</sup>

Zusätzlich zur Konzentrationsmessung von PM<sub>10</sub> wird noch die Deposition des Staubes für Österreich im IG-Luft (siehe Tab. 11) ermittelt.

<sup>107</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 38, 298 und BKA RIS (2010), Anlage 1

<sup>108</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 37 f.

<sup>109</sup> Vgl. Dillinger (2010), S. 33

| Luftschadstoff          | Depositionsgrenzwerte (mg/(m <sup>2</sup> * d) <sup>110</sup> als JMW) |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Staubniederschlag       | 210                                                                    |
| Pb im Staubniederschlag | 0,1                                                                    |
| Cd im Staubniederschlag | 0,002                                                                  |

**Tab. 11: Depositionsgrenzwerte gemäß IG-L (zum Schutz der menschlichen Gesundheit)<sup>111</sup>**

#### 2.4.2 Emissionsrechtliche Bestimmungen von Feinstaub – Definitionen und gesetzlich vorgeschriebene Werte in den USA (i. B. Kalifornien), in Japan und der EU (i. B. Österreich)

In diesem Abschnitt wird i. B. auf die PKW-Emissionen (Diesel- und Benzinmotoren) in den USA (i. B. Kalifornien), Japan und der EU (i. B. Österreich) eingegangen. Aufgrund von Unterschieden im Fahrverhalten (zwischen Europa, Amerika und Japan) und damit einhergehenden verschiedenen Fahrzyklen sind die Abgasgrenzwerte nicht vergleichbar. Damit die Automobilindustrie bei der Herstellung von neuen PKWs für mehrere Märkte nicht die jeweiligen Abgasnormen einhalten muss, wird zur Kostenersparnis ein WLTP (= Worldwide Harmonized Light Duty Test Procedure; weltweiter, einheitlicher Testzyklus) ab ca. 2011 bis 2013 angestrebt.<sup>112</sup>

Bevor die Kfz-Feinstaub-Emissionen in unterschiedlichen Staaten(gemeinschaften) analysiert werden, werden einige **Definitionen** von Begriffen näher erläutert, welche bei der rechtlichen Auseinandersetzung mit Feinstaub-Emissionen gebräuchlich sind:

Der Begriff Emission wird nach der TA Luft wie folgt definiert:

*„Emissionen [...] sind die von einer Anlage ausgehenden Luftverunreinigungen.“<sup>113</sup>*

Der Terminus Luftverunreinigung umfasst nach der TA Luft hierbei einerseits Stäube und Aerosole und andererseits zusätzlich feste, flüssige und gasförmige luftfremde Inhaltsstoffe.<sup>114</sup> In dieser Arbeit wird unter Emission lediglich die Staubemission (Feinstaub und kleinere Fraktionen) verstanden. Die Emissionsmessung des Feinstaubgehalts der Automobilabgase ist auf der einen Seite relevant für die Klassifizierung der Kraftfahrzeuge (in Feinstaubgruppen) bei der UWZ (siehe Abschnitt 4.1) und auf der anderen Seite für die Kontrolle der Einhaltung der in der Abgasgesetzgebung (Abgasnormen) definierten Grenzwerte (siehe z. B. EU-Abgasnormen in Tab. 13).

Bereits sehr früh (schon Anfang der 60er Jahre) hat sich **Kalifornien** mit der Thematik der Automobilabgase (Einführung von **Abgasgrenzwerten**, derzeit die strengsten weltweit), aufgrund von klimatischen und geographischen Erfordernissen, beschäftigt. Kalifornien wird daher auch als „Wiege der Abgasgesetzgebung“ bezeichnet.<sup>115</sup> Zusätzlich zu den von der EPA definierten Grenzwerten müssen in Kalifornien die strengeren Vorschriften der CARB (=

<sup>110</sup> Milligramm pro Quadratmeter und Tag; vgl. UBA Österreich (2011d)

<sup>111</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 297 und BKA RIS (2010), Anlage 2

<sup>112</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 473 und Gruden (2008), S. 61 und 75 f.

<sup>113</sup> BMU (2002), S. 10

<sup>114</sup> Vgl. Stieß (2009), S. 199

<sup>115</sup> Vgl. Stenzel (2011), S. 1 und Mollenhauer et al. (2007), S. 473

California Air Ressource Board, Luftreinhaltungskommission Kaliforniens)<sup>116</sup> eingehalten werden.<sup>117</sup> Die kalifornische Abgasgesetzgebung unterscheidet hierbei verschiedene Grenzwertklassen, wobei diese für Diesel- und Otto-Motoren gelten (Dies stellt besondere Anstrengungen für die Abgasreinigung bei Dieselmotoren dar.)<sup>118</sup> und nachfolgend in strenger werdender Form dargestellt sind:

- Tier 1<sup>119</sup>:
  - o TLEV (= Transitional Low Emission Vehicle) seit 1995
  - o LEV (= Low Emission Vehicle) seit 1998
  - o ULEV (= Ultra Low Emission Vehicle) zögerliche Einführung seit 1998
- Tier 2 (seit 2004):
  - o SULEV (= Super Low Emission Vehicle)
  - o EZEV (= Equivalent to Zero Emission Vehicle; Ersatz für ZEV (=Zero Emission Vehicle, emissionsfreies Fahrzeug)
  - o PZEV (= Partial to Zero Emission Vehicle; inkl. AT-PZEV (= Advanced Technology PZEV, Ersatz für ZEV))
  - o ZEV

Für Kalifornien beträgt der Grenzwert für PM (g/mi<sup>120</sup>) beim FTP-Zyklus<sup>121</sup> für die Kategorien LEV, ULEV (für 50.000 Meilen) und für SULEV (100.000 Meilen) 0,01 für die **USA** und für ein Tier 2-Fahrzeug (50.000 Meilen) bin<sup>122</sup> 8 0,02 bzw. für bin 5 0,01.<sup>123</sup>

Ebenso gibt es in **Japan** Vorschriften für den Ausstoß bei PM-Emissionen von Diesel-PKW (siehe Tab. 12); bei den Otto-Motoren wird längerfristig eine Angleichung (an Diesel-Motoren) angestrebt.<sup>124</sup>

| PM (g/km)                   | Einführungszeit | Phasenbezeichnung          |
|-----------------------------|-----------------|----------------------------|
| 0,052 (0,11) <sup>125</sup> | seit 2004       | Long Term Targets          |
| 0,013 (0,017)               | seit 1.9.2007   | New Long Term Targets      |
| 0,005 (k. A.)               | ca. 2010        | Post New Long Term Targets |

**Tab. 12: PM-Abgasgrenzwerte für Diesel-PKWs in Japan<sup>126</sup>**

Nach der Behandlung der PKW-Emissionen in Kalifornien und Japan werden im Folgenden, jene in der EU einzuhaltenden Grenzwerte für (Otto- und Diesel-)PKW-Partikelemissionen (Euro-(Abgas-)Normen, siehe Tab. 13) angegeben. Weiters sind in der EU für lnFz (= leichtes

<sup>116</sup> Die CARB wird umgangssprachlich auch als „Clean Air Agency“ (wörtlich Reinluft-Behörde) bezeichnet; vgl. ACADEMIC (2011).

<sup>117</sup> Vgl. Gruden (2008), S. 70

<sup>118</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 473

<sup>119</sup> Der Begriff Tier steht in den USA für die unterschiedlichen Abgasgrenzwertstufen; vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 473

<sup>120</sup> g/mi = Gramm/Meile

<sup>121</sup> FTP-Zyklus (= Federal Test Procedure, US-Fahrzyklus zur Emissions-/Verbrauchsbestimmung von Autos)

<sup>122</sup> Der Terminus bin steht für die diversen Grenzwertsätze der jeweiligen Abgasgrenzwertstufe (Tier); vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 473

<sup>123</sup> Vgl. Gruden (2008), S. 70 f. Basshuysen; Spicher (2007), S. 222 und Mollenhauer et al. (2007), S. 473

<sup>124</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 474 f.

<sup>125</sup> Die in den Klammern enthaltenen Werte gelten für Kleinserien (bis 2000 Stück) pro Typ und Kalenderjahr; vgl.

Mollenhauer et al. (2007), S. 475.

<sup>126</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 475

Nutzfahrzeug), sNfz (= schweres Nutzfahrzeug), Busse, Diesel-Off-Road-Kfz, Motorräder, Mopeds (für letztere beide werden keine Partikelwerte angeführt),... eigene Euro-Normen definiert worden.<sup>127</sup> Neben Partikelgrenzwerten sind in den Euro-Normen zusätzlich Limitierungen für die Schadstoffe NO<sub>x</sub>, (NM)HC und CO definiert, die an dieser Stelle nicht behandelt werden.<sup>128</sup>

---

<sup>127</sup> Die Abgaswerte der jeweiligen Emissionsstufe der zu betrachtenden Fahrzeugkategorien bzw. ihr Einführungszeitraum sind auf DieselNet (2011), LEEZEN (2010a) bzw. dem deutschem Umweltbundesamt auf UBA Deutschland (2009a) ersichtlich.

<sup>128</sup> Vgl. EU (2008b), Anhang XVII, Tab. 1 und 2

| PKW-Art  | Schadstoff (g/km)          | Abgasnorm                | Euro 1 (T) <sup>129</sup> | Euro 1 (S) <sup>130</sup> | Euro 2 <sup>131</sup> | Euro 3   | Euro 4   | Euro 5                                 | Euro 6               |
|----------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|----------|----------|----------------------------------------|----------------------|
|          |                            | gültig ab <sup>132</sup> | 1.1.1992                  | 31.12.1992                | 1.1.1996              | 1.1.2000 | 1.1.2005 | 1.9.2009                               | 1.9.2014             |
|          |                            | Richtlinie               | 91/441/EWG                | 91/441/EWG                | 94/12/EG              | 98/69/EG | 98/69/EG | 715/2007/EG <sup>133</sup>             | 715/2007/EG          |
| Benziner | Partikelmasse              |                          |                           |                           |                       |          |          | 0,005/0,0045 <sup>134</sup>            | 0,005/0,0045         |
|          | Partikelanzahl (Anzahl/km) |                          |                           |                           |                       |          |          | <sup>135</sup>                         |                      |
| Diesel   | Partikelmasse              |                          | 0,14                      | 0,18                      | 0,08                  | 0,05     | 0,025    | 0,005/0,0045 <sup>136</sup>            | 0,005/0,0045         |
|          | Partikelanzahl (Anzahl/km) |                          |                           |                           |                       |          |          | 6 * 10 <sup>11</sup><br><sup>137</sup> | 6 * 10 <sup>11</sup> |

**Tab. 13: Grenzwerte für Partikelemissionen für PKW (Euro-(Abgas-)Normen)<sup>138</sup>**

<sup>129</sup> T (= Typ)

<sup>130</sup> S (= Serie)

<sup>131</sup> Seit der Einführung der Euro-2-Norm wird eine Unterscheidung zwischen Typ und Serie nicht mehr getroffen.

<sup>132</sup> Das angeführte Datum ist das Typprüfungsdatum, das Datum der Serienprüfung findet später (meist ein Jahr) statt; vgl. UBA Deutschland (2009c).

<sup>133</sup> Die Nachfolgerichtlinie ist die EU-Verordnung 692/2008/EG.

<sup>134</sup> Damit der Wert 0,0045 kontrolliert werden kann, muss ein neues Messverfahren bestimmt werden. Weiters sind die Partikelmasse-Grenzwerte nur für Fremdzündungsmotoren mit Benzin-Direkteinspritzung gültig; vgl. ebenfalls EU (2008b), Anhang XVII, Tab. 1 und 2.

<sup>135</sup> Ein Grenzwert für die Partikelanzahl bei PKWs mit Ottomotoren soll bis 1.9.2014 definiert worden sein.

<sup>136</sup> Neues Messverfahren für 0,0045 analog den Benzinmotoren; vgl. ebenfalls EU (2008b), Anhang XVII, Tab. 1 und 2.

<sup>137</sup> Der Grenzwert für die Partikelanzahl bei Dieselmotoren kann erst in Kraft treten, nachdem ein geeignetes Messverfahren dafür eingeführt worden ist.

<sup>138</sup> Vgl. UBA Deutschland (2009c)

Für die **österreichischen PKW-Emissionen** gelten die EURO-(Abgas-)Normen (siehe Tab. 13).

Die in diesem Abschnitt definierten den Verkehr betreffenden Feinstaub-Immissions- und -Emissions-Grenzwerte bedürfen einer Überprüfung auf deren Einhaltung im Zuge immissions- und emissionsseitiger Messungen (inkl. verschiedener Methoden); dies wird im folgenden Abschnitt beschrieben.

## 2.5 Messung von Feinstaub

### 2.5.1 Stationäre Messung der Immissionen (Messnetz)

In diesem Abschnitt wird die Erfassung des Feinstaubes mittels stationärer (Messstationen) und mobiler Anlagen (Abgasfernmessung) erläutert. Es wird v. a. auf die vom Wiener Messnetz durchgeführte Feinstauberberhebung näher eingegangen. Ein kommunales Feinstaub-Messsystem ist unverzichtbar bei der Überwachung der Einhaltung von Grenzwerten und der Beurteilung der Wirksamkeit von kommunalen, verkehrspolitischen Instrumenten (siehe nächster Abschnitt). Das österreichische Messnetz (nationales Messsystem) wird, soweit es notwendig ist, behandelt. Zum Abschluss wird auf verschiedene Verfahren, welche bei der Bestimmung der Feinstaubwerte angewendet werden, eingegangen.

#### 2.5.1.1 Österreichisches Messnetz

Die Messstationen des österreichischen Messnetzes werden von den jeweiligen Landesregierungen der Bundesländer bzw. vom Umweltbundesamt betrieben. Die Messstandorte der Landesregierungen dienen der Erfassung der Schadstoffe (an Belastungsschwerpunkten) in den Ballungsräumen und größeren Gemeinden oder der Emissionen von Industriebetrieben. Die Messstellen des Umweltbundesamtes sind für die Bestimmung der Hintergrundbelastung<sup>139</sup> zuständig, welche für den Ferntransport von Luftschadstoffen relevant sind.<sup>140</sup> Die Kenntnis des Ferntransportanteils von Feinstaub z. B. am Standort Wien (siehe Abschnitt 5.1) ist notwendig, um den Beitrag kommunaler Minderungsstrategien im Verkehr, welche nur das örtlich verursachte Feinstaubaufkommen reduzieren können, berechnen zu können (siehe Abschnitt 5.2).

Das österreichische Messnetz umfasst insgesamt 190 Luftgütemessstationen, von denen sieben vom Umweltbundesamt und die restlichen von den neun Landesregierungen betrieben werden. Drei Luftgütemessstationen des UBA sind Teil des EMEP-Programmes (= European Monitoring and Evaluation Programme, europäisches Mess- und Auswertungsprogramm für den weiträumigen Transport von Luftschadstoffen), welches im Rahmen der CLTRAP (= Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Konvention über grenzüberschreitende Luftverschmutzung) von der UN/ECE (= United Nations/Economic Commission for Europe, Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen) betrieben wird. Ein weiterer Luftgütemessstandort gehört zum GAW-Programm (= Global

---

<sup>139</sup> „Hintergrundbelastung bezeichnet die in einem größeren Raum über einen längeren Zeitraum ermittelte Luftzusammensetzung“; Möller (2008a), S. 91.

<sup>140</sup> Vgl. UBA Österreich (2011e)

Atmosphere Watch, globales Erfassungsnetz klimarelevanter Substanzen in der Atmosphäre) der WMO (= World Meteorological Organisation, Weltorganisation für Meteorologie).<sup>141</sup>

Alle gemessenen Werte von allen Luftgütemessstellen in Österreich werden zentral im Immissionsdatenverbund Österreich betrieben und sind auf der Homepage des UBA abrufbar.<sup>142</sup> Neben Feinstaub unterschiedlicher Fraktionen (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> und PM<sub>1</sub>) werden u. a. die Luftschadstoffe NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO und O<sub>3</sub> (= Ozon) bzw. meteorologische Parameter österreichweit erhoben. Die Berichterstattung der vom Umweltbundesamt und den Landesregierung erhobenen Luftschadstoffdaten erfolgt in Tages-, Monats- und Jahresluftgüteberichten.<sup>143</sup>

#### 2.5.1.2 Wiener Messnetz

Das Wiener Luftmessnetz besteht aus 17 stationären und einer mobilen Einrichtung (Messbus; siehe Abschnitt 2.5.2)<sup>144</sup>, welches wie folgt gegliedert ist (siehe Tab. 14):

| Messstationen im dichtbebauten Gebiet | Messstationen im äußeren Stadtgebiet | Messstationen im Grüngürtel Wiens |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Stephansplatz                         | Hohe Warte – ZAMG <sup>145</sup>     | Lobau                             |
| Taborstraße                           | Floridsdorf – Gerichtsgasse          | Hermannskogel                     |
| Rinnböckstraße                        | Stadlau                              |                                   |
| Belgradplatz                          | Kaiser-Ebersdorf                     |                                   |
| Gaudenzdorf                           | Laaer Berg                           |                                   |
| Währinger Gürtel                      | Liesing                              |                                   |
|                                       | Hietzinger Kai                       |                                   |
|                                       | Kendlerstraße                        |                                   |
|                                       | Schafbergbad                         |                                   |

**Tab. 14: Gliederung des Wiener Luftmessnetzes<sup>146</sup>**

Die räumliche Verteilung der Luftgütemessstationen über das Wiener Stadtgebiet ist in Abb. 7 ersichtlich.

<sup>141</sup> Vgl. UBA Österreich (2011f) und UBA Österreich (2011e)

<sup>142</sup> Vgl. Land Vorarlberg (2011)

<sup>143</sup> Vgl. UBA Österreich (2011g)

<sup>144</sup> Vgl. MA 22 (2010)

<sup>145</sup> ZAMG (= Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik)

<sup>146</sup> Vgl. MA 22 (2010)



**Abb. 7: Graphische Darstellung der Standorte der Wiener Luftgütemessstellen<sup>147</sup>**

Sehr viele (mehr als die Hälfte) der Messstellen befinden sich an Standorten mit starker Verkehrsbelastung. Jede Station modelliert die lokale Luftsituation im Umkreis von ca. 2 km. Die Messstationen erfassen neben Feinstaub ( $PM_{10}$  und  $PM_{2,5}$ ),  $SO_2$ ,  $NO_x$ , CO,  $O_3$  auch meteorologische Parameter (Windgeschwindigkeit und -richtung, Lufttemperatur, Regenmenge und relative Luftfeuchte), bis auf  $PM_1$ , welches nur vom österreichischen Messnetz erfasst wird.<sup>148</sup>

Analog den Messstationen des Umweltbundesamtes und der anderen Landesregierungen werden die an den Wiener Messstandorten erfassten Werte in Form von Tag-, Monat- und Jahresluftgüteberichten veröffentlicht. Wird bei der Messung an einer Station eine Grenzwertüberschreitung beobachtet, muss innerhalb von neun Monaten eine Stuserhebung vom Landeshauptmann veranlasst werden<sup>149</sup>, welche als Grundlage für einen Maßnahmenkatalog (Die Veröffentlichung muss spätestens sechs Monate nach Stuserhebung erfolgen.) gilt. Eine Stuserhebung muss dabei folgende Punkte berücksichtigen:

- Illustration der Immissions- bzw. meteorologischen Situation
- Auflistung und Beschreibung der Emittenten
- Darstellung des wahrscheinlich zukünftigen Sanierungsgebietes<sup>150</sup>

<sup>147</sup> MA 22 (2010)

<sup>148</sup> Vgl. MA 22 (2010)

<sup>149</sup> Ausnahme: Störfall (z. B. Filterschaden in einer Industrieanlage) oder singuläres Ereignis (z. B. Baustelle in der Nähe einer Messstation); vgl. UBA Österreich (2011h)

<sup>150</sup> Vgl. UBA Österreich (2011h)

Neben der bedarfsmäßigen Korrektur der Emissionen durch einen Maßnahmenkatalog, wird für die langfristige Sicherstellung der Luftqualität der Wiener Luft ein LRP (= Luftreinhalteplan) verwendet.

### 2.5.2 Mobile Messung der Immissionen (Abgasfernmessung)

Neben der stationären Messung zur Feststellung der Feinstaubbelastung der Außenluft wird ergänzend die mobile Messung durch einen Messbus (Abgasfernmessung) eingesetzt. Die Abgasfernmessung dient in erster Linie der Ermittlung der Feinstaub-Abgaswerte von Kraftfahrzeugen unter realen Bedingungen (auf der Straße, im Gegensatz zum „Laborsetting“ des Rollenprüfstandtests; siehe Abschnitt 2.5.3.2). Mit Hilfe der mobilen Messung wird eine Vorselektion von Fahrzeugen im städtischen Straßenverkehr, welche hohe Feinstaubemissionswerte, sog. Superemitter<sup>151</sup>, aufweisen (laut dem Forderungspaket der Stadt Wien verursachen 5% der PKW und LKW mehr als 50% der Verkehrsemissionen), durchgeführt und anschließend, bei Auftreten einer Grenzwertüberschreitung (des sogenannten Cutpoint), einer Kontrolle mittels eines Rollenprüfstandtests unterzogen. Weiters wird die Abgasfernmessung bei der Erfassung von durchschnittlichen Flottenemissionswerten auf definierten Straßenabschnitten und der Emissionsbestimmung in Tunneln verwendet.<sup>152</sup>

### 2.5.3 Messverfahren von Feinstaub

Die im nachfolgenden beschriebenen Verfahren zur Messung des Feinstaubanteils der Außenluft setzen entweder direkt bei der Emittierung des Schadstoffes am Kfz an, bei den Emissionen oder an ihrem Wirkungsort in der Außenluft, den Immissionen.

#### 2.5.3.1 Immissionsmessung von Feinstaub

In dieser Arbeit sind die Auswirkungen der Immissionen auf den Menschen von Bedeutung. Die Immissionsmessung von Feinstaub dient der Kontrolle der Einhaltung der in der IG-Luft definierten PM-Grenzwerte.

Bei den Messtechniken wird zwischen kontinuierlichen (laufender) und diskontinuierlichen (Einzelmessungen) differenziert (siehe Tab. 15).<sup>153</sup>

Bei diesen zwei Messprinzipien wird jeweils eine spezifische Eigenschaft, welche nur ein Inhaltsstoff des heterogenen Staubgemischs aufweist, für die Bestimmung ausgenutzt: Physikalisch (z. B. Lichtstreuung, Oberflächenbeschaffenheit oder Größenverteilung), chemisch (z. B. Umwandlung des Messbestandteils durch eine chemische Reaktion in einen charakteristisch, messbaren Zustand) oder physikalisch-chemisch.<sup>154</sup>

<sup>151</sup> Vgl. Feinstaub ist Deinstaub (2005): Forderungspaket der Stadt Wien für den Feinstaubgipfel, Punkt 20

<sup>152</sup> Vgl. Stricker (2002), S. 1 f. und 32; MA 22 (2005), S. 9

<sup>153</sup> Vgl. Joos (2006), S. 842 und Stieß (2009), S. 199

<sup>154</sup> Vgl. Joos (2006), S. 842 und UVEK (2006), S. 10

| Beschreibung              | kontinuierliche Messung                                                                                                              | diskontinuierliche Messung                                                                                                           |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Protokollierung der Daten | automatisch (laufende Messung)                                                                                                       | manuell (Einzelmessung vor Ort) + anschließende Laboranalyse                                                                         |
| Messprinzip               | <ul style="list-style-type: none"> <li>hauptsächlich: physikalisch</li> <li>manchmal: chemisch oder physikalisch-chemisch</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>hauptsächlich: chemisch</li> <li>manchmal: chemisch-physikalisch</li> </ul>                   |
| Anwendungsbereich         | Registrierung von unvorhersehbaren Belastungsspitzen und Dokumentation des Schadstoffverlaufs vor/nach Höchstbelastung               | Nachweis von Substanzen, welche in sehr geringer Konzentration vorliegen; Schadstoffkonzentrationen, welche annähernd gleich bleiben |
| Stärken                   | Dokumentation vieler Messwerte                                                                                                       | sehr genaue Messergebnisse                                                                                                           |
| Schwächen                 | Kalibrierung notwendig                                                                                                               | zeit-/arbeitsaufwändig                                                                                                               |
| Methode                   | Auffangglas sammelt Staub z. B. über 30 Tage (einfachste Form)                                                                       | gravimetrische Staubgehaltsmessung (Referenzmethode)                                                                                 |
| Gerät (Beispiel)          | Bergerhoffgerät <sup>155</sup>                                                                                                       | Low-/High Volume-Sampler                                                                                                             |

**Tab. 15: Messtechniken bei der Immissionsmessung<sup>156</sup>**

Hinsichtlich des Grundes der Messung lassen sich drei Hauptfunktionen finden:

- Bestimmung der Staubkonzentrationsbestimmung (nach Partikelmasse, -anzahl)
- Bestimmung der Partikelgrößenverteilung
- Bestimmung von Inhaltsstoffen der Partikel<sup>157</sup>

Die in Tab. 15 erwähnte gravimetrische Staubgehaltsmessung arbeitet nach folgender Funktionsweise: Es wird ein definiertes Gasvolumen (z. B. mittels Low-/High Volume-Sampler) durch einen Filter<sup>158</sup>, welcher nicht alle Staubpartikel durchlässt, gesaugt und anschließend die gewonnene Staubmasse gewogen. Wichtig für die Generierung von exakten Ergebnissen bei der gravimetrischen Stauberfassung ist, dass die Messung unter bestimmten Solldruck und Temperatur erfolgt und der Absaugstrom isokinetisch (= geschwindigkeitsgleich) durchgeführt wird.<sup>159</sup>

Beim Ultrafeinstaub wird aufgrund der sehr geringen Masse, die Konzentration nicht nach der Masse (wie bei der Gravimetrie), sondern anhand der Partikelanzahl durch einen Kondensations-Partikelzähler bestimmt.<sup>160</sup>

Im Wiener Luftmessnetz werden zur Bestimmung des Feinstaubgehaltes der Außenluft bei den Messstationen kontinuierliche und zur genaueren Ermittlung der einzelnen Inhaltsstoffe

<sup>155</sup> Damit nur Partikel einer bestimmten Größenfraktion (z. B. PM<sub>2,5</sub>) berücksichtigt werden, wird ein Umlenk-Vorabscheider installiert; vgl. Stieß (2009), S. 201.

<sup>156</sup> Vgl. Joos (2006), S. 842, 853, 859 f.

<sup>157</sup> Vgl. Stieß (2009), S. 199

<sup>158</sup> Damit gröbere Partikel von der Messung ausgeschlossen werden und nur die lungengängige Fraktion bestimmt wird, kommt ein Vorabscheider zur Anwendung; vgl. Joos (2006), S. 860.

<sup>159</sup> Vgl. Stieß (2009), S. 202 f., Joos (2006), S. 853 f.

und Frey (2006), S. 7

<sup>160</sup> Vgl. Frey (2006), S. 7

des Feinstaubes (z. B. für eine Quellenanalyse) diskontinuierliche Verfahren (Gravimetrie) benützt.<sup>161</sup>

#### 2.5.3.2 Emissionsmessung bei Kfz

Die Kfz-Emissionen werden entweder im Zuge der Neuzulassung, in regelmäßigen Intervallen, stichprobenartig im „realen“ Verkehr (siehe Abschnitt 2.5.2) oder fortlaufend (z. B. mittels On-Board-Diagnose-Systemen) erfasst. Zu den gängigen Kfz-Emissions-Messverfahren zählen die Dieselrauch- und die Partikelemissionsmessung. Erstere wird heutzutage aufgrund des geringen Emissionsniveaus lediglich zur Ermittlung der hoch-emittierenden Fahrzeuge im Verkehr benützt (siehe Abschnitt 2.5.2). Bei der Dieselrauchmessung kommen als Messtechniken die Lichtabsorptions- und die Filtermessung zum Einsatz. Zweitere, die Partikelmessung, wird bei neuen Kraftwagen im Zuge der Typprüfung im NEFZ (= neuer europäischer Fahrzyklus), welcher so gestaltet ist, dass er möglichst den realen Straßenbedingungen entspricht,<sup>162</sup> auf dem Rollenprüfstand, vorgenommen. Hierbei wird ein Filterplättchen eingesetzt, welches die Partikel aus dem Teilabgasstrom auffängt und zur Bestimmung der Partikelmasse vor und nach dem Rollenprüfstandstest gewogen wird. Im Zuge der Euro 5-Norm (seit 1.9.2009) ist die Partikelmasse-Messung um eine Partikelanzahlmessung erweitert worden (siehe Tab. 13), somit wird der Großteil der Partikel der kleinsten Fraktion (UFP) bei der Messung eingeschlossen (siehe Abschnitt 2.3.1.2). Weiters werden die Emissionen von HC, CO und Stickoxid aus dem verdünnten Abgasstrom erfasst.

Hinsichtlich der emissionsmindernden Feinstaub-Maßnahmen bei den Kfz lassen sich (inner)motorische Maßnahmen (z. B. Optimierung von Spritzbeginn, Einspritzdruck, Abgasrückführung (inkl. Kühlung) oder Piloteinspritzung) und nachmotorische Maßnahmen (z. B. Katalysatoren, Sensoren oder Partikelfilter (inkl. Hilfssysteme)), die unterschiedlichen Techniken werden oft unter dem Begriff Abgasnachbehandlung subsummiert, unterscheiden. Da das PM-Emissions-Reduktionpotenzial, trotz einer zukünftig zu erwartenden weiteren Verringerung der Rohemissionen, von motorischen Maßnahmen relativ ausgeschöpft worden ist, wird der Schwerpunkt zusehends auf eine Verbesserung der Abgasnachbehandlungssysteme gelegt. Häufig gibt es dabei einen Zielkonflikt bei der Schadstoffreduzierung; so führt z. B. die Wahl des für PM mit den niedrigsten Emissionen assoziierten Spritzbeginns zu einem Anstieg des NO<sub>x</sub>-Ausstoßes.<sup>163</sup>

Seit der Einführung von Partikelfilter in Europa ist eine Kontrolle derer vom Gesetzgeber vorgeschrieben.<sup>164</sup> Neben der Überprüfung der Abgas-Emissionswerte von Kraftwagen ist auch eine Überwachung der emissionsmindernden Kfz-Bauteile auf ihre Funktionstüchtigkeit wichtig. Diese Aufgabe übernimmt die OBD (= On-Board-Diagnose), welche seit 2000 (mit der Euro 3-Norm) vom Gesetzgeber in Europa festgelegt ist. Sie geht auf die kalifornische

<sup>161</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 21 f. und Schneider (2002), S. 2

<sup>162</sup> Vgl. Gruden (2008), S. 66; derzeit erwägt die Arbeitsgruppe GRPE (= Groupe des Rapporteurs sur la Pollution de l'Air et Energie, französische Luftverunreinigungs-/Energie-Arbeitsgruppe) sogenannte OCE (= Off-Cycle Emissions), dies sind Emissionen, welche im realen Verkehr entstehen und nicht im Testzyklus enthalten sind, zu berücksichtigen; vgl. Gruden (2008), S. 67.

<sup>163</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 495-503

<sup>164</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 471 und S. 473

Variante OBD 1 aus dem Jahre 1988 zurück. Die OBD informiert den Fahrer über Fehlfunktionen bzw. den Ausfall von emissionsrelevanten Bauteilen des Kfz.<sup>165</sup>

---

<sup>165</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 475

## 3 Instrumente der kommunalen Verkehrspolitik zur Reduzierung der Feinstaubbelastung

### 3.1 Einflussfaktoren auf die Höhe der Feinstaubbelastung

#### 3.1.1 Natürliche (nicht veränderbare) Faktoren der Feinstaubbelastung

Zu den natürlichen (nicht veränderbaren) Faktoren der Feinstaubbelastung gehören verschiedene meteorologische Parameter wie z. B. Windgeschwindigkeit (Verdünnungswirkung bei Feinstaubemissionen), Temperatur(schichtung der Luftmassen), Niederschlag (Regen<sup>166</sup> oder Schnee) oder Luftfeuchtigkeit. Diese Witterungsverhältnisse haben einen maßgeblichen Einfluss auf die tatsächlich an einem lokalen Ort gemessene Feinstaubbelastung, da sie Auswirkungen auf die Ausbreitungsbedingungen<sup>167</sup> von Feinstaubemissionen haben. Eine hohe lokale Feinstaubbelastung wird durch adäquate Ausbreitungsbedingungen (z. B. durch winterliche, austauscharme Hochdruckwetterlagen bzw. i. A. Inversionswetterlagen)<sup>168</sup> begünstigt. Bei der Beurteilung von gemessenen Feinstaubwerten an einem Standort sind diese immer im Zusammenhang mit den vorherrschenden meteorologischen Bedingungen (erhobenen meteorologischen Daten) zu sehen.<sup>169</sup>

#### 3.1.2 Anthropogene (veränderbare) Faktoren der Feinstaubbelastung

Im Gegensatz zu den natürlichen Einflussfaktoren auf die Feinstaubbelastung sind die anthropogenen vom Menschen verursacht und daher veränderbar. Zu möglichen anthropogenen Faktoren gehören die verkehrsbezogenen<sup>170</sup> (andere mögliche anthropogene Faktoren siehe Abschnitt 2.2.1), welche an dieser Stelle der Arbeit genauer betrachtet werden; sie werden im Folgenden unter den Gesichtspunkten motorbedingte (auspuffbedingte)<sup>171</sup> und nicht motorbedingte (nicht auspuffbedingte) aufgelistet, analysiert und im Anschluss als mögliche Ansatzpunkte für kommunale Instrumente der Feinstaubminderung (siehe Abschnitt 3.2) diskutiert.

##### 3.1.2.1 Motorbedingte Emissionen unter Berücksichtigung des HBEFA

In diesem Abschnitt werden einige motorbedingte (= auspuffbedingte)<sup>172</sup> Einflussfaktoren, welche zu einer Erhöhung der Feinstaub-Immissionssituation an verkehrsnahen Standorten

<sup>166</sup> Sehr große Bemühungen hat es in der Wissenschaft bei der Untersuchung des Einflusses von Regen auf die Feinstaubbelastung gegeben, wobei noch keine eindeutige Antwort gefunden worden ist (z. B. US-EPA (1997) 100 %ige Feinstaub-Emissions-Reduzierung an Regentagen, Rauterberg-Wulff (2000) 50 %ige, US-EPA (2002) 25 %ige); vgl. Düring et al. (2004), S. 70.

<sup>167</sup> „Unter dem Begriff ‚Ausbreitungsbedingungen‘ werden jene meteorologischen Verhältnisse bewertet, welche für das Ausmaß von Verdünnung oder Anreicherung emittierter Schadstoffe in der bodennahen Luftschicht verantwortlich sind.“; UBA Österreich (2004), S. 76. Daneben sind die Ausbreitungsbedingungen, genauer gesagt die zurückgelegte Transportdistanz des Feinstaubes nicht nur von den meteorologischen Bedingungen (wie z. B. Niederschlag, siehe auch Abschnitt 2.2.2), sondern u. a. von dessen Größe (siehe Abschnitt 2.1) und den Bildungs-/Eliminationsmechanismen der Partikel (siehe Abschnitt 2.2.3), abhängig.

<sup>168</sup> Die Lufttemperatur nimmt mit steigender Höhe zu; vgl. UBA Österreich (2004), S. 77.

<sup>169</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 77 f.

<sup>170</sup> Wenn in dieser Arbeit von verkehrsbezogenen Faktoren gesprochen wird, sind straßenverkehrsbezogene gemeint.

<sup>171</sup> Die Begriffe motorbedingte und auspuffbedingte bzw. nicht motorbedingte und nicht auspuffbedingte werden im Folgenden synonym behandelt.

<sup>172</sup> „PM exh (exhaust) ist die technische Bezeichnung für die direkt durch die Abgase aus dem Auspuff ausgestossenen Feinstaubpartikel [...]“; Kammer et al. (2007), S. 13.

führen können, behandelt. Diese motorbedingten Einflussfaktoren liegen auch im HBEFA (= Handbuch für Emissionsfaktoren; siehe dazu Abschnitt 5.2) in parametrisierter Form vor. Nach zurzeit herrschender wissenschaftlicher Meinung bestehen die motorbedingten Emissionen zu 100 % aus Partikeln kleiner als 1  $\mu\text{m}$ , daher wäre die  $\text{PM}_{2,5}$ -Fraktion ein geeigneter Indikator dafür. Da auch beim neuen HBEFA 3.1 nur  $\text{PM}_{10}$ -Partikelemissionen vermerkt sind, müssen dafür diese als Basis für Emissionsmodellierungen in dieser Arbeit genügen.

Zu den motorbedingten Einflussfaktoren auf die Partikelbelastung gehört z. B. der **Motorentyp** (die Antriebsart/das Antriebskonzept)<sup>173</sup>, dh. Otto- (inkl. Direkteinspritzung) und Dieselmotor. Diese beiden Motorentypen zeichnen sich durch Unterschiede in den Partikelemissionen ihrer Abgase aus. Beim in Abb. 8 angeführten Beispiel ist der Schadstoffanteil der Rohemissionen beim Dieselmotor mit 0,09 % deutlich geringer als beim Ottomotor mit 0,9 %, dafür entstehen beim Dieselmotor Partikel (hauptsächlich Ruß und diverse als Kondensat vorliegende Bestandteile).

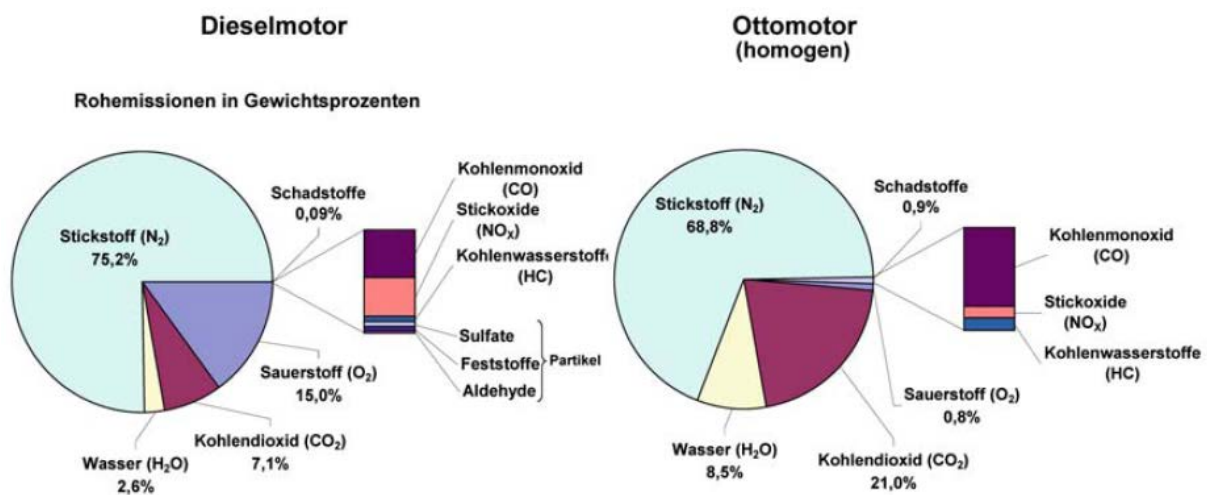


Abb. 8: Abgasbestandteile beim Diesel- und Ottomotor bei realer Verbrennung<sup>174</sup>

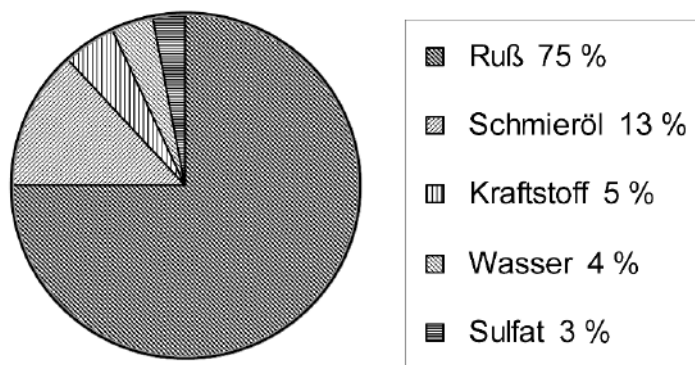
Dieser Umstand, dass vorwiegend Diesel-Motoren für die Emission von kanzerogenen Partikeln (siehe Abschnitt 2.3.1.2) verantwortlich gemacht werden, hat dazu geführt, dass ihnen das Hauptaugenmerk bei der Abgasgesetzgebung (siehe Tab. 13) und u. a. der Gestaltung deutscher UWZn (siehe Tab. 37 und Tab. 38) geschenkt worden ist. Jedoch ist die Höhe der Partikelemissionen eines Diesel-PKW sehr stark davon abhängig, ob ein DPF (= Dieselpartikelfilter) installiert worden ist oder nicht. Mit DPF erreichen Diesel-PKW ungefähr die Partikelemissionen eines herkömmlichen Benzin-PKWs, ohne DPF liegt der Ausstoß 500 bis 1.000fach höher. Bei Benzin-PKWs mit Direkteinspritzung ist die Ausstattung mit Partikelfilter ebenfalls sinnvoll. Direkteinspritz-Benziner ohne Partikelfilter emittieren 10 bis

<sup>173</sup> Bei den Antriebskonzepten werden Erdgas- und Elektroautos nicht berücksichtigt, da sie aufgrund ihrer geringen bzw. nicht vorhandenen motorbedingten Feinstaub-Emissionen nicht von der UWZ erfasst werden (siehe Abschnitt 4.1); vgl. Diegmann (2007), S. 154.

<sup>174</sup> Mollenhauer et al. (2007), S. 464

100fach mehr Partikel als klassische Benziner und 5 bis 50fach mehr Partikel als Diesel-PKW mit DPF.<sup>175</sup>

Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung der Partikelemissionen von Diesel-PKWs lassen sich mehrere Bestandteile identifizieren (ein Beispiel einer Diesel-PKW-Abgasprobe mit Oxidationskatalysator ist in Abb. 9 ersichtlich).



**Abb. 9: Durchschnittliche Partikelzusammensetzung einer Diesel-PKW-Abgasprobe mit serienmäßigem Oxidationskatalysator<sup>176</sup>**

Wie in Abb. 9 zu sehen ist, besteht der Hauptteil der Diesel-PKW-Abgase aus Ruß (= elementarer Kohlenstoff; Herkunft: unvollständige Verbrennung infolge von Luftmangel (siehe Abschnitt 2.3.1.2) und aus Schmieröl (organische Verbindungen), dem Kraftstoff selbst bzw. Sulfate (Herkunft aus schwefelhaltigem Schmieröl bzw. Kraftstoffen). Jener Rußanteil der Partikel wird für die menschliche Gesundheit (siehe Abschnitt 2.3.1.2) und die mögliche Entstehung von Krankheiten (siehe Abschnitt 2.3.1.1) als gefährlich eingestuft und mittels DPF größtenteils entfernt.<sup>177</sup> Gegenwärtige Partikelfiltersysteme haben einen Wirkungsgrad, bei der Eliminierung von Diesel-Partikel, größer als 99,9 % während der gesamten Nutzungsdauer, die der eines üblichen Kfz-Motors entspricht und sind in die elektronische Regelungstechnik des Fahrzeugs (siehe Abschnitt 2.5.3.2) eingebunden.<sup>178</sup>

Weiters sind die Partikelemissionen nicht nur von der Antriebsart (Otto- oder Dieselmotor), sondern auch von der **Fahrzeugart bzw. Fahrzeugkategorie** (PKW, INfz, sNfz, LKW, Motorrad, Moped, Off-road-Kfz<sup>179</sup>,...), i. A. der Flottenzusammensetzung<sup>180</sup> (Flottengewicht)

<sup>175</sup> Vgl. Helmers (2008a), S. 120

<sup>176</sup> Mollenhauer et al. (2007), S. 492

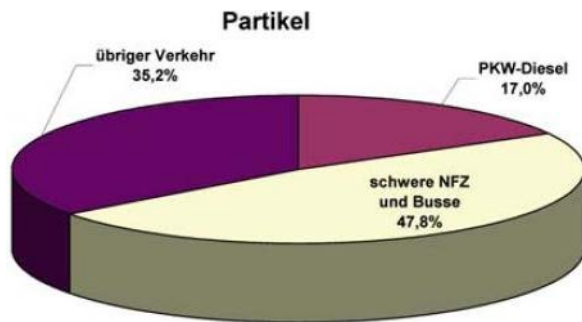
<sup>177</sup> Diese Hauptbestandteile der Diesel-PKW-Emissionen in Abb. 9, nämlich EC und OM sind ebenfalls die Hauptinhaltsstoffe der Immissionen am verkehrsbelasteten Standort Spittelauer Lände von Abb. 2.

<sup>178</sup> Vgl. Gehr (2004), Kapitel: Die technische Lösung ist verfügbar

<sup>179</sup> Unter Off-road-Kfz sind an dieser Stelle der Arbeit Kraftfahrzeuge der Land- und Forstwirtschaft (z. B. Traktoren), der Bauwirtschaft (z. B. Betonmischer), des Militärs, der Landschafts- und Gartenpflege (z. B. mobile Maschinen wie Rasenmäher),... gemeint: vgl. Düring et al. (2004), S. 7. Andere Verkehrsmittel, welche sich üblicherweise ebenfalls außerhalb der Straßeninfrastruktur befinden wie z. B. die Bahn, Schifffahrt oder das Flugwesen werden hier nicht berücksichtigt.

<sup>180</sup> „Mit dem Begriff Flottenzusammensetzung wird die weitere Disaggregation der bereits nach Fahrzeugkategorien differenzierten Verkehrsstärken in Fahrzeugschichten bezeichnet, die durch Antriebsart, Abgasnorm, Fahrzeugalter und –größe charakterisiert sind.“; Kühlwein et al. (1999), S. 5.

des Verkehrs, abhängig. Ein Beispiel für die unterschiedliche Beitragshöhe der Fahrzeugarten am Gesamtpartikelausstoß ist in Abb. 10 ersichtlich.



**Abb. 10: Verteilung der Kfz-Partikelemissionen des MV<sup>181</sup> in Deutschland im Jahre 2001<sup>182</sup>**

Wie aus der Abb. 10 hervorgeht, haben im Jahre 2001 Nfz und Busse ca. zur Hälfte (genau 47,8 %), Diesel-PKW ca. zu einem Sechstel (exakt 17 %) und der übrige Verkehr ca. zu einem Drittel (35,2 %) an den verkehrsbezogenen Partikelemissionen in Deutschland beitrugen.<sup>183</sup>

Innerhalb der Fahrzeugkategorie hat das jeweils vorhandene **Emissionskonzept (Euro-Norm)** einen Einfluss auf die Höhe der Partikelemission, also den sogenannten EF<sup>184</sup> (= Emissionsfaktor; siehe Abb. 11). Unter einem EF versteht man die Angabe, „*wieviele Gramm eines Schadstoffs emittiert werden, um eine bestimmte Verkehrsdienstleistung zu erbringen. Dies kann z. B. als Fahrleistung (Fahrzeug-km) oder als Transportleistung (Tonnen-km) angegeben werden.*“<sup>185</sup> In dieser Arbeit wird als emittierter Schadstoff Feinstaub, i. A. PM<sub>10</sub> (vereinzelt PM<sub>2,5</sub>) in Gramm/Fahrzeugkilometer (g/km) für verschiedene Fahrzeugkategorien (inkl. Emissionskonzept) bzw. Komponenten von ihnen (Reifen, Bremsen, usw.) ausgewiesen.<sup>186</sup> Die Gewinnung der EFn kann hierbei entweder durch Anwendung von Methoden auf Feinstaub-Immissionsmessdaten (z. B. Tracermethode<sup>187</sup>, Rückrechnung oder Größen- bzw. Inhaltsstoffanalyse) oder durch Berechnung mittels eines (Emissions-)Modells bzw. einer Emissionsdatenbank (z. B. HBEFA oder CORINAIR (= Core Inventory of Air Emissions in Europe, europäisches Luftemissionsinventar und –datenbanksystem)) erfolgen.<sup>188</sup> In dieser Arbeit wird als Modellierung der motorbedingten Straßenverkehrsemissionen das HBEFA zugrundegelegt und an jenen notwendigen Stellen, v. a. im Bereich der nicht motorbedingten Emissionen, auf das Modell von Gehrig (siehe Abschnitt 3.1.2.2 und Abschnitt 5.2) zurück gegriffen bzw. Annahmen aus der wissenschaftlichen Literatur verwendet.

<sup>181</sup> MV (= motorisierter Verkehr)

<sup>182</sup> Mollenhauer et al. (2007), S. 462

<sup>183</sup> Vgl. Mollenhauer et al. (2007), S. 462 und Düring et al. (2004), S. 19

<sup>184</sup> Für die Mehrzahl wird EF<sub>n</sub> verwendet.

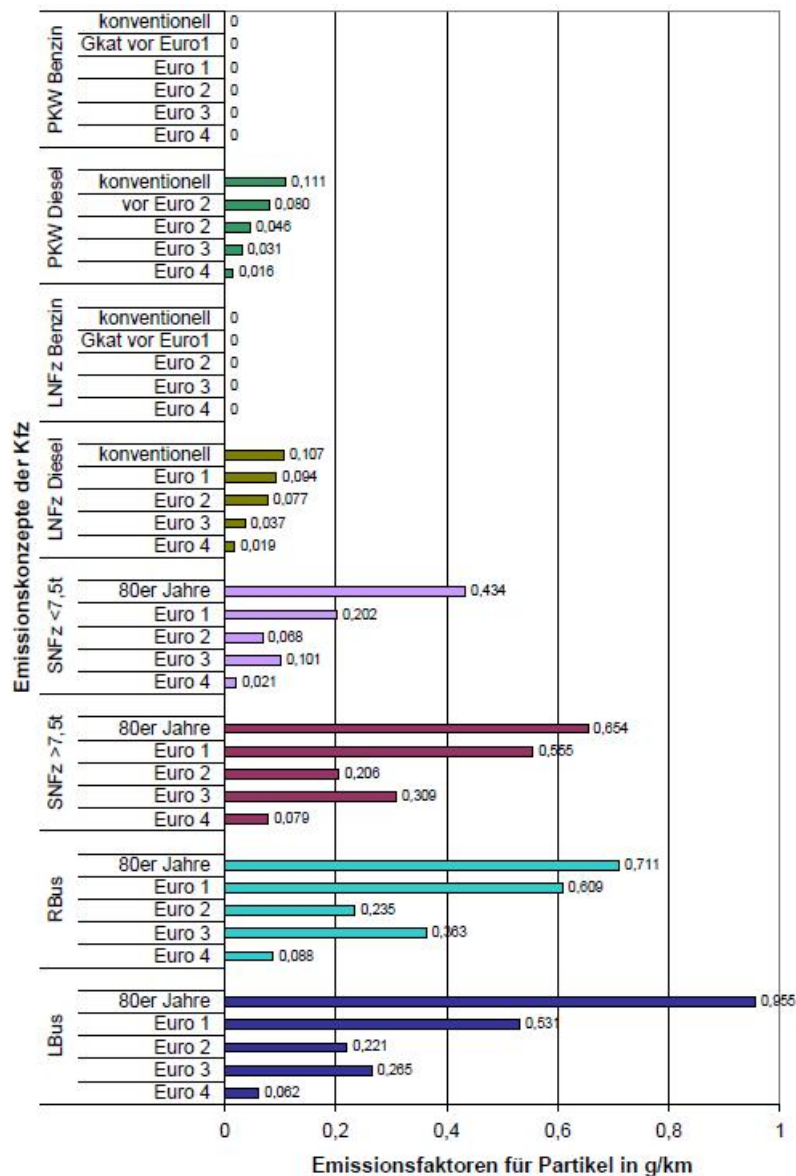
<sup>185</sup> Schmidt et al. (1998), S. 282

<sup>186</sup> An manchen Stellen dieser Arbeit (bei einigen Literaturverweisen) werden die PM<sub>x</sub>-Werte in mg/Fzg-km angeführt.

<sup>187</sup> Bei der Gewinnung der Feinstaub-Emissionsfaktoren mittels Tracermethode, dienen i. A. die bekannten

Emissionsfaktoren von NO<sub>x</sub> (Tracersubstanz); vgl. Düring et al. (2004), S. 13.

<sup>188</sup> Vgl. Düring et al. (2004), S. 19



**Abb. 11: EFn für PM<sub>10</sub> (g/km) gestaffelt nach Fahrzeugkategorien und Emissionskonzepten (HBEFA 2.1, gewichtete Verkehrssituationen Innerorts, 2005)<sup>189</sup>**

Bei den in der Abb. 11 angeführten EFn ist zu beobachten, dass Kfz mit einer höheren Euro-Norm i. A. geringere Partikel-Emissionen gegenüber Kfz mit früheren Euro-Normen aufweisen; Abweichungen sind in diesem Diagramm bei schwereren Euro 3-Kfz (sNfz, RBus (= Reisebus) und LBus (= Linienbus)), welche höhere Partikel-Emissionen als schwere Euro 2-Kfz zeigen, zu beobachten.

Ein weiterer Einflussfaktor auf die Höhe der Feinstaubbelastung ist die Qualität des **Kraftstoffs**, welcher mit dem eingesetzten Motorentyp zusammenhängt. Um die menschliche Gesundheit nicht zu gefährden, sind in der Vergangenheit mehrere ordnungspolitische Maßnahmen (ausschließlich bleifreier Normal- und Superbenzin in Österreich seit 1.11.1993, Absenkung des Benzolgehaltes der Ottokraftstoffe unter 1 % ab 1.1.2000, verbindliche Einführung schwefelarmer Kraftstoffe seit 1.1.2005, usw.) gesetzt worden. Die Reduzierung

<sup>189</sup> Scholz et al. (2005), S. 27

bzw. Eliminierung dieser chemischen Substanzen (Blei, Schwefel und Benzol) aus den Kraftstoffen, hat dazu beigetragen, dass weniger gesundheitsschädliche Substanzen (Blei, Sulfate oder Benzo[a]pyren (siehe Abschnitt 2.3.1.2)) infolge unvollständiger Verbrennung freigesetzt werden konnten und damit im Feinstaub enthalten sein können.<sup>190</sup> Zusätzliches Partikelemissions-Reduktionspotenzial könnte in Zukunft durch eine Veränderung der chemischen Zusammensetzung der Kraftstoffarten realisiert werden. Beispielsweise weist eine Diesel-Wasser-Emulsion (mit einem Wasseranteil von 15 %), durch welche kleinere Kraftstofftröpfchen gebildet und verbrannt werden, eine um 30-80 % geringere Ruß- und Partikelemissionen als derzeit verwendete Diesel-Kraftstoffe auf. Daneben sollte eine Substitution (derzeit Beimischung von ca. 3 %) von RME (= Rapsmethylester)<sup>191</sup> zum Dieseldieselkraftstoff eine zusätzliche Verminderung der Partikel- und PAK-Emissionen (auch von CO und CH (= Kohlenwasserstoff)) bewirken. Nebenbei weist RME (Ursprung: natürliche Quellen und daher eine erneuerbare Energieform) einen geringeren Schwefelanteil im Kraftstoff auf als Diesel; hat jedoch geruchsintensive Bestandteile im Abgas. Ebenso synthetische XtL-Kraftstoffe<sup>192</sup> wie BtL (= Biomass-to-Liquids, Biomasseverflüssigung) oder GtL (= Gas-to-Liquids, Gasverflüssigung von Erdgas bzw. Biogas) können bedingt durch die mögliche Steuerung ihrer chemischen Zusammensetzung und der dadurch verbundenen optimierten Verbrennung zu Partikelemissions-Reduktionen von bis zu 30 % gegenüber konventionellen Diesel-Kraftstoffen führen. Da jedoch XtL-Kraftstoffe derzeit nur sehr gering verfügbar sind und bei einem zusätzlichen Einsatz eines DPF kein weiteres nennenswertes Partikelminderungspotenzial aufweisen, werden sie in dieser Arbeit künftig nicht einbezogen.<sup>193</sup>

Bei den **Fahrzeugeigenschaften** kann die auf der einen Seite die Ausstattung der Kfz mit technischen Zusatzfunktionen (Klimaanlage, elektrische Fensterheber, Radio, Navigationssystem,...) zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch und damit einhergehend einem erhöhten Partikelaustritt (siehe OCE in Abschnitt 2.5.3.2) führen. Bei einem Mittelklasse-PKW kann der Betrieb von solchen elektrischen Nebenaggregaten im NEFZ einen zusätzlichen Kraftstoffverbrauch von bis zu 17 % bewirken. Auf der anderen Seite ist ebenfalls eine Kraftstoffeinsparung (Minderung des Partikelaustrittes) durch z. B. Leichtlaufreifen (Verbrauchsunterschied bis zu 0,5 l Sprit/100 km)<sup>194</sup> oder aerodynamische Bauform der Kfz-Karosserie möglich. Diese Unterschiede beim Partikelaustritt (ferner den EFn) aufgrund verschiedener Fahrzeugeigenschaften werden in dieser Arbeit nicht einbezogen.<sup>195</sup>

Des Weiteren kann die **Fahrzeugbenutzung** einen Einfluss auf die Partikelemissionen ausüben. Unter Umständen kann eine durchschnittliche Fahrdauer von wenigen Minuten

<sup>190</sup> Vgl. UBA Österreich (2001), S. 496

<sup>191</sup> Dieser alternative Treibstoff wird auch als Biodiesel bezeichnet. Die Gewinnung kann neben Raps außerdem aus anderen Ölsorten und Altfetten (z. B. FME (=Fettmethylester)) erfolgen.

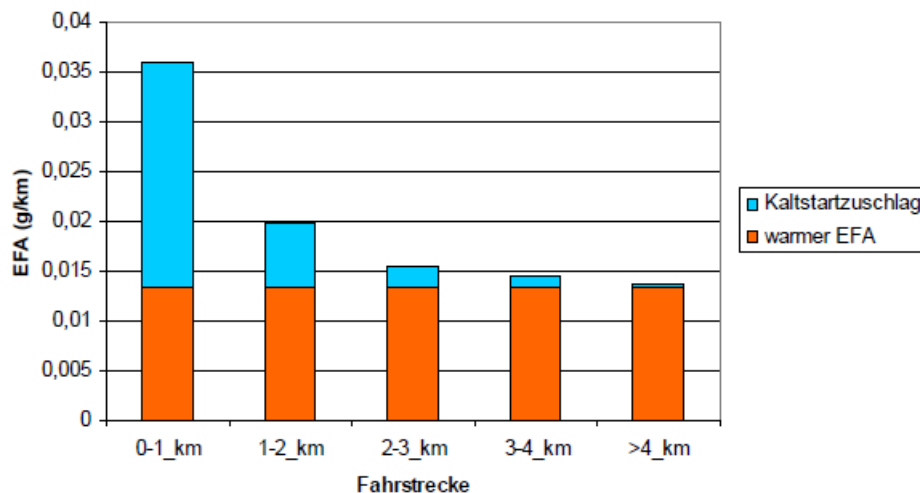
<sup>192</sup> Bei XtL-Kraftstoffen steht der Buchstabe X als Variable für den Ausgangsenergieträger, dh. wird durch B für Biomass, G für Gas (Erdgas) oder C für Coal (Kohle) ersetzt; to-Liquids weist darauf hin, dass der ursprüngliche Energieträger (in fester bzw. gasförmig vorliegender Form) verflüssigt wird.

<sup>193</sup> Vgl. LfU (2003), S. 10 f.; science ORF.at (2011); Kommission der EG (2007), S. 10; UBA Österreich (2001), S. 496 ff. und Diegmann et al. (2006), S. 10

<sup>194</sup> Im Allgemeinen wird ein ordnungsgemäßer Reifendruck für einen niedrigen durchschnittlichen Kraftstoffverbrauch vorausgesetzt. Ein zu geringer Reifendruck kann neben einer Abnahme der Sicherheit einen zusätzlichen Kraftstoffverbrauchsanstieg von 1 l pro 100 km führen; vgl. Standard Online (2009).

<sup>195</sup> Vgl. SRU (2005), S. 165 f.

(Dies ist v. a. in urbanen Räumen mit geringeren durchschnittlichen Transportentfernungen gegenüber ländlichen Gebieten anzutreffen.) aufgrund der Kaltstartemissionen<sup>196</sup> vergleichsweise höher ausfallen, als jene durchschnittlichen Partikelemissionen einer längeren Fahrdauer mit bereits betriebswarmem Motor. Diesem Umstand wird mittels eines Kaltstartzuschlages<sup>197</sup> zum EF Rechnung getragen. Auf den ersten zwei Fahrkilometern entstehen bereits ca. 90 % der gesamten Kaltstartemissionen und nach vier Kilometern hat der Motor im Regelfall seine endgültige Temperatur erreicht (siehe Abb. 12).<sup>198</sup>



**Abb. 12: PM<sub>10</sub>-Kaltstartemissionen eines durchschnittlichen Euro 4-Diesel-PKWs bei deutscher Jahresmitteltemperatur<sup>199</sup>**

Die Höhe des Kaltstartzuschlages wird neben der Motortemperatur zusätzlich von der Umgebungstemperatur (niedrige Umgebungstemperatur kann einen Anstieg der Kaltstartemissionen induzieren)<sup>200</sup> und von der Restwärme des Motors<sup>201</sup> (erreichte Temperatur seit der letzten Fahrt sowie die Standdauer seitdem) beeinflusst. Verdunstungsemissionen (inkl. Warm- und Heißabstell- bzw. Tankatmungsemissionen)<sup>202</sup> werden in dieser Arbeit nicht beachtet, da hierbei lediglich reaktive Kohlenwasserstoffe als Schadstoff freigesetzt werden.<sup>203</sup>

Betrachtet man als einen möglichen Feinstaub-Einflussfaktor **Verkehrssituationen** so kann beobachtet werden, dass z. B. bei sNfz mit einem hohen Stop & Go-Anteil der motorbedingte PM<sub>10</sub>-EF fast fünf Mal so hoch ist als bei einer störungsfreien Verkehrssituation. Aufgrund dieses Umstandes (Störung der Verkehrsdynamik bedingt durch Lichtsignalanlagen, Staus,

<sup>196</sup> Höhere Emissionen gegenüber betriebswarmem Motor, welche in der Zeitspanne entstehen bis der Katalysator nach einer Aufwärmphase seine Wirkung entfalten kann.

<sup>197</sup> Aufgrund der relativ geringen Fahrleistungen im Verhältnis zu den langen Parkdauern wird der Kaltstartzuschlag nur bei PKWs (Ausnahme: Taxis) und nicht bei LKWs berücksichtigt; vgl. Pischinger (1997), S. 13.

<sup>198</sup> Vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 29

<sup>199</sup> Bretschneider; Düring (2009), S. 30

<sup>200</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 244

<sup>201</sup> Eine Inbetriebnahme eines Motors, welcher noch über Restwärme infolge der letzten Fahrt verfügt (Parkdauer: höchstens 8 bis 10 Stunden), wird als Kühlstart bezeichnet; vgl. Pischinger (1997), S. 13.

<sup>202</sup> Unter Warm- und Heißabstellmissionen werden jene Verdunstungsemissionen verstanden, welche innerhalb einer Stunde nach Abstellen des Fahrzeugs emittiert werden, wobei bei Heißabstellmissionen zuvor eine Wegstrecke von mehr als 5 km und bei Warmabstellmissionen darunter zurückgelegt worden ist. Tankatmungsemissionen sind durch eine Veränderung der Lufttemperatur im Tagesverlauf bedingt.

<sup>203</sup> Vgl. Pischinger (1997), S. 13

usw.) sind im neuen HBEFA 3.1 276 Verkehrssituationen<sup>204</sup> definiert, welche aus einer Zusammenfügung von folgenden Merkmalen entstehen:

- „- *Straßenlage (Autobahn, Landstraße, Innerortsstraße)*<sup>205</sup>
- *Straßentyp (Straßenkategorie, Spuranzahl, Kurvigkeit)*
- *Tempolimit (30 km/h – 130 km/h sowie ohne Tempolimit) sowie*
- *4 Level of Service (LOS) (freie Fahrt, stark befahren, Kapazitätsgrenze, Stau)*“<sup>206</sup>

Daneben werden als Fahrverhaltenskennwerte die Reisegeschwindigkeit und der RPA (= Relative Positive Acceleration, relative positive Beschleunigung; Maß für die Fahrdynamik) angeführt.

$$RPA = \frac{\int_0^T (v_i * a_i^+) * dt}{x}$$

Beim RPA steht T für die Gesamt-Fahrzeit, x die Gesamt-Fahrstrecke, v die Momentangeschwindigkeit und a die Momentanbeschleunigung.<sup>207</sup>

Neben der Verkehrssituation werden im HBEFA die **Streckenlängsneigung** (= Anstieg oder Gefälle der Straße) bezüglich ihrer Auswirkungen auf die PM<sub>10</sub>-EFn von PKW angegeben. Bei einer Längsneigungsklasse von 6 % (Anstieg) kommt es zu einer Erhöhung des PKW-PM<sub>10</sub>-EF von über 130 %. In der neuen HBEFA Version 3 sind erstmals auch für Benzin-Kfz PM<sub>10</sub>-EFn enthalten, was zu einer leichten Erhöhung der Partikelemissionen der Flottenzusammensetzung im Innerortsverkehr führt.<sup>208</sup>

### 3.1.2.2 Nicht motorbedingte Emissionen

Neben den motorbedingten (= Auspuffemissionen) tragen auch die nicht motorbedingten<sup>209</sup> Emissionen (im Gegensatz zu den motorbedingten sind sie derzeit nicht im HBEFA berücksichtigt) zur gesamten Höhe der Feinstaubbelastung bei. Zu den nicht motorbedingten Emissionen zählen der **mechanische Abrieb** (Reifen, Bremsen, Kupplung und Straßenbelag (befestigte Straßen)) und die **Aufwirbelung**, von auf der Straße befindlichem Staub (Herkunft von verschiedenen Emittenten, siehe Abschnitt 2.2.2). Bei den nicht motorbedingten Emissionen werden die ermittelten Werte i. A. nicht nach Verkehrssituationen differenziert. Aktuell ist laut Einschätzung vom Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG keine Wertabschätzung mit zufriedenstellender Aussagegüte (Bewertungen von unterschiedlichen Studien weichen teilweise erheblich voneinander ab) für nicht motorbedingte Emissionen

<sup>204</sup> Bei einer Modellierung der Feinstaubemissionssituation einer Straße mittels HBEFA gilt es jene Verkehrssituation aus den angebotenen auszuwählen, welcher der real beobachteten Verkehrssituation am nächsten kommt (siehe Abschnitt 5.2).

<sup>205</sup> Die räumliche Situation ist nicht nur von der Straßenlage abhängig, sondern auch von der Bebauung (Straßenschlucht) entlang der Straße, welche die Ausbreitungsbedingungen für Feinstaub-Emissionen erschweren kann; vgl. WHO Europe (2005b), S. 4.

<sup>206</sup> Bretschneider; Düring (2009), S. 30 f.

<sup>207</sup> Vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 31

<sup>208</sup> Vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 28 f. und 33

<sup>209</sup> Diese werden ebenso als PM non-exh (= non-exhaust) bezeichnet, wobei „PM non-exh bezeichnet die Feinstaubpartikel, die aufgrund der Abriebsprozesse (Brems-, Pneu- und Strassenabrieb) entstehen.“; Kammer et al. (2007), S. 13.

vorhanden; da eine genaue Abschätzung durch eine große Anzahl an Einflussgrößen erschwert wird.<sup>210</sup>

Dennoch können einige Untersuchungen zur groben Abschätzung der Höhe des Abriebanteils von nicht motorbedingten Emissionen dienen (siehe Tab. 16). Da die Kupplungsabriebe i. A. zum überwiegenden Teil im Kupplungsgehäuse verbleiben, werden sie in der Tab. 16 nicht berücksichtigt. Wird in der Tab. 16 zwischen Abrieben nach Straßenkategorie (Innerorts und Bundesautobahn) unterschieden, ist eine Ermittlung des Abriebes in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit erfolgt; wobei generell im Innerortsbereich die nicht motorbedingten Abriebs-EFn vermutlich tendenziell höher ausfallen als auf der Bundesautobahn infolge von vermehrten Brems- und Beschleunigungsvorgängen.<sup>211</sup> Wie in der Tab. 16 ersichtlich ist, weichen die PM<sub>x</sub>-Abriebs-EFn teilweise beträchtlich bei gleichen Gegebenheiten (Fahrzeug- und Straßenkategorie) voneinander ab, was u. a. durch Unterschiede beim DTV (= durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke), durchschnittlichem Flottengewicht und infolge verschiedenartigen Luv-Lee-Bedingungen bei der Messung erklärt werden kann.

---

<sup>210</sup> Vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 33

<sup>211</sup> Vgl. Düring et al. (2004), S.34

| PM <sub>2,5</sub> -/PM <sub>10</sub> -Abrieb (g/km) von: |                             | Reifen <sup>212</sup> |                    | Bremsen       |              | Straße        |              | Gesamt <sup>213</sup> |               |
|----------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------|--------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------------------|---------------|
| Straßenkategorie:                                        |                             | innerorts             | BAB <sup>214</sup> | innerorts     | BAB          | innerorts     | BAB          | innerorts             | BAB           |
| Fahrzeugkategorie:                                       | Beurteilung nach:           |                       |                    |               |              |               |              |                       |               |
| Motorräder                                               | Lükewille et al. (2002)     | 0,0001/k. A.          |                    | 0,0003/k. A.  |              | 0,0016/k. A.  |              | 0,0020/k. A.          |               |
|                                                          | CORINAIR (2007)             | 0,0030/k. A.          | 0,0020/k. A.       | 0,003/k. A.   | 0,000/k. A.  | 0,0020/k. A.  | 0,0020/k. A. | 0,0080/0,0140         | 0,0040/0,0090 |
|                                                          | BUWAL (2003) <sup>215</sup> | k. A./ k. A.          |                    | k. A./ k. A.  |              | k. A./ k. A.  |              | k. A./ k. A.          |               |
|                                                          | TNO (2009) <sup>216</sup>   | k. A./k. A.           | k. A./k. A.        | k. A./k. A.   | k. A./k. A.  | k. A./k. A.   | k. A./k. A.  | k. A./k. A.           | k. A./k. A.   |
| PKW                                                      | Lükewille et al. (2002)     | 0,0003/k. A.          |                    | 0,0022/k. A.  |              | 0,0042/k. A.  |              | 0,0067/k. A.          |               |
|                                                          | CORINAIR (2007)             | 0,0060/k. A.          | 0,0040/k. A.       | 0,0050/k. A.  | 0,0010/k. A. | 0,0060/k. A.  | 0,0060/k. A. | 0,0170/0,0360         | 0,0110/0,0220 |
|                                                          | BUWAL (2003)                | 0,00130/0,0132        |                    | 0,0005/0,0018 |              | 0,0074/0,0297 |              | 0,0092/0,0447         |               |
|                                                          | TNO (2009)                  | k. A./k. A.           | k. A./k. A.        | k. A./k. A.   | k. A./k. A.  | k. A./k. A.   | k. A./k. A.  | 0,0048/0,0480         | 0,0022/0,0220 |
| Infz                                                     | Lükewille et al. (2002)     | 0,0003/k. A.          |                    | 0,0022/k. A.  |              | 0,0042/k. A.  |              | 0,0067/k. A.          |               |
|                                                          | CORINAIR (2007)             | 0,0100/k. A.          | 0,0060/k. A.       | 0,0080/k. A.  | 0,0010/k. A. | 0,0060/k. A.  | 0,0060/k. A. | 0,0240/0,0480         | 0,0130/0,0260 |
|                                                          | BUWAL (2003)                | 0,0025/0,0247         |                    | 0,0015/0,0049 |              | 0,0074/0,0297 |              | 0,0114/0,0593         |               |
|                                                          | TNO (2009)                  | k. A./k. A.           | k. A./k. A.        | k. A./k. A.   | k. A./k. A.  | k. A./k. A.   | k. A./k. A.  | 0,0048/0,0480         | 0,0022/0,0220 |
| sNfz/LKW                                                 | Lükewille et al. (2002)     | 0,0020/k. A.          |                    | 0,0071/k. A.  |              | 0,0209/k. A.  |              | 0,0300/k. A.          |               |
|                                                          | CORINAIR (2007)             | 0,0260/k. A.          | 0,0170/k. A.       | 0,029/k. A.   | 0,003/k. A.  | 0,0300/k. A.  | 0,0300/k. A. | 0,0850/0,1540         | 0,0500/0,1030 |
|                                                          | BUWAL (2003)                | 0,0200/0,2000         |                    | 0,0011/0,0035 |              | 0,1130/0,4500 |              | 0,1340/0,6535         |               |
|                                                          | TNO (2009)                  | k. A./k. A.           | k. A./k. A.        | k. A./k. A.   | k. A./k. A.  | k. A./k. A.   | k. A./k. A.  | 0,0432/0,4320         | 0,0198/0,1980 |

**Tab. 16: Beurteilung der nicht motorbedingten PM<sub>2,5</sub>-/PM<sub>10</sub>-EFn (g/km) für mechanischen Abrieb (Reifen, Bremsen, Straße und gesamt) nach Fahrzeugkategorien<sup>217</sup>**

<sup>212</sup> Die hier angegebenen Werte für den Reifenabrieb gelten für herkömmliche Reifen. Spikes können bis zu 100mal mehr PM<sub>10</sub>-Abrieb verursachen; vgl. Schrefel; Hajszan (2005), S. 6.

<sup>213</sup> Die nicht motorbedingten Gesamt-PM<sub>x</sub>-Emissionsfaktoren sind entweder aus Bretschneider; Düring (2009), S. 33-37 entnommen bzw. durch Summe aus Reifen-, Bremsen- und Straßenabrieb (evtl. Staubaufwirbelung) ermittelt worden.

<sup>214</sup> BAB (= Bundesautobahn)

<sup>215</sup> Das BUWAL (= Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft) berücksichtigt bei der Straße nicht nur den Staubanteil verursacht durch Abrieb, sondern auch durch Aufwirbelung. Bei der Abschätzung des Anteils der PM<sub>2,5</sub>- an den PM<sub>10</sub>-Emissionen veranschlagt das BUWAL pauschal für Reifen- 10 %, Brems- 30 % und Straßenabrieb/Staubaufwirbelung 25 %; vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 36.

<sup>216</sup> Die von TNO (= Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek; niederländisches Forschungsinstitut) angeführten PM<sub>10</sub>-Abriebe stammen aus einer Literaturrecherche im Rahmen des PAREST-Projektes (= Partikel-Reduktions-Strategien), wobei, basierend auf einer Arbeit von Thorpe et al. (2007), die nicht motorbedingten PM<sub>2,5</sub>-Emissionsfaktoren mit 10 % der nicht motorbedingten PM<sub>10</sub>-Emissionsfaktoren angesetzt werden; vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 37.

<sup>217</sup> Vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 33-37; ursprünglich in mg/km vorliegende Werte sind zur Vereinheitlichung in g/km konvertiert worden.

Wie bereits vorher erwähnt sind die nicht motorbedingten Emissionen aufgrund weniger aus Einzeluntersuchungen gewonnener Immissionsmessdaten<sup>218</sup> und daher mangelnder Aussagesicherheit nicht in parametrisierter Form im HBEFA vorhanden. Dennoch existieren einige Gesamt-EFn für nicht motorbedingte Emissionen, welche zur groben Abschätzung dienen. Laut der IVU (= Informationssysteme für Versorgungsunternehmen) GmbH aus Freiburg bewegen sich die nicht motorbedingten PM<sub>2,5</sub>-EFn zwischen 12 und 49 mg/km (PKW) und 108 bis 432 mg/km (LKW) und laut Ingenieurbüro Lohmeyer die nicht motorbedingten PM<sub>10</sub>-EFn zwischen 22 und 90 mg/km (PKW) und 200 bis 800 mg/km (LKW);<sup>219</sup> wobei bei den nicht motorbedingten PM<sub>2,5</sub>-EFn ein Anteil an den nicht motorbedingten PM<sub>10</sub>-EFn (Ableitung aus einer Emissionsbilanz-Studie des UBA von Jörß et al., 2007) von 54 % zugrundegelegt worden ist. Im Allgemeinen wird derzeit von einer Beteiligung der nicht motorbedingten PM<sub>2,5</sub>-Emissionen an den nicht motorbedingten PM<sub>10</sub>-Emissionen zwischen 10 % und 54 % ausgegangen; wobei das Ingenieurbüro Lohmeyer basierend auf einem Vergleich von mehreren PM<sub>2,5</sub>-Emissionfaktoren (aus Messdaten abgeleiteten gegenüber aus Emissionsansätzen gewonnen) zu dem Schluss kommt, dass der Ansatz von CORINAIR mit 50 % am nächsten den real gemessenen Werten entspricht. Vergleicht man die nicht motorbedingten Emissionen mit den gesamten straßenverkehrsinduzierten primären PM<sub>10</sub>-Emissionen lässt sich nach Gehrig et al. (2003) beobachten, dass sie an Standorten mit geringer Beeinträchtigung der Fahrdynamik ungefähr gleich hoch ausfallen und an Standorten mit stärker Beeinträchtigung (z. B. Lichtsignale oder Staus) sogar höher.<sup>220</sup>

Betrachtet man die Wiederaufwirbelung von nicht motorbedingten Emissionen nach US-EPA (2003), lässt sich festhalten, dass v. a. eine hohe Staubbelaugung der Straße (somit höheres mögliches Staubaufwirbelungspotenzial) die Wiederaufwirbelung begünstigt (siehe Tab. 17).<sup>221</sup>

| Staubbelaugung der Straße (g/m <sup>2</sup> ) | gesamter Emissionsfaktor (g/Fzg-km) <sup>222</sup> | Motor, Abrieb von Bremsen und Reifen (g/Fzg-km) | Staubaufwirbelung (g/Fzg-km) |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------|
| 0,02                                          | 0,8196                                             | 0,3410                                          | 0,4786                       |
| 0,5                                           | 1,4868                                             | 0,3410                                          | 1,1458                       |
| 0,075                                         | 1,9352                                             | 0,3410                                          | 1,5942                       |
| 0,1                                           | 2,3330                                             | 0,3410                                          | 1,9920                       |
| 0,25                                          | 4,2323                                             | 0,3410                                          | 3,8913                       |
| 0,5                                           | 6,6413                                             | 0,3410                                          | 6,3002                       |

**Tab. 17: Vergleichende Gegenüberstellung der gesamten PM<sub>10</sub>-EFn (g/ Fzg-km) einer Fzg-Flotte (mittleres Fahrzeuggewicht 3,74 t) mit deren Staubaufwirbelungsfaktoren (nach US-EPA (2003))<sup>223</sup>**

<sup>218</sup> Im Gegensatz zu den Auspuffemissionen, welche direkt gemessen werden können, müssen die nicht auspuffbedingten Emissionen indirekt über inverse Ausbreitungsmodellierung (sog. Tracer-Methoden) ermittelt werden; vgl. Düring; Lohmeyer (2004), Kapitel: Kurzfassung.

<sup>219</sup> Vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 40 und Düring; Lohmeyer (2004), Tabelle 2

<sup>220</sup> Vgl. Bretschneider; Düring (2009), S. 40 ff. und EMPA; PSI (2003), S. 9

<sup>221</sup> Vgl. Düring et al. (2004), S. 27

<sup>222</sup> Alle angeführten Fzg-km-Werte in dieser Tabelle sind ursprünglich in g/mi vorgelegen und in g/km (1 Meile = 1,6093 Kilometer) konvertiert worden.

Neben der US-EPA hat auch das Ingenieurbüro Lohmeyer (mittels der modifizierten EPA-Formel nach Lohmeyer)  $PM_{10}$ -EFn für die Wiederaufwirbelung (gestaffelt nach der Staubbeladung der Straße und durchschnittlichem Fahrzeuggewicht) für verschiedene Durchschnittsverkehrssituationen berechnet (siehe Tab. 18).<sup>224</sup>

| Durchschnitts-Verkehrssituationen | a   | sL  | W    | EF <sub>Abrieb + Wiederaufwirbelung</sub> | EF <sub>Wiederaufwirbelung</sub> |
|-----------------------------------|-----|-----|------|-------------------------------------------|----------------------------------|
| AB                                | 0,8 | 0,1 | 3,05 | 0,3966                                    | 0,3853                           |
| AO                                | 0,8 | 0,1 | 1,70 | 0,1000                                    | 0,0837                           |
| IO                                | 0,8 | 0,2 | 1,48 | 0,1104                                    | 0,0862                           |
| IO <sub>schlechter Zustand</sub>  | 2   | 0,4 | 1,48 | 0,4900                                    | 0,4658                           |

**Tab. 18:  $PM_{10}$ -EFn (g/Fzg-km) für Wiederaufwirbelung nach Lohmeyer (2001)**<sup>225</sup>

Weiters haben Abu-Allaban et al. (2002)  $PM_{2,5}$ / $PM_{10}$ -EFn für die Wiederaufwirbelung und Straßenabrieb (aufgeschlüsselt nach Fahrzeugkategorien; siehe Tab. 19), EMPA/PSI<sup>226</sup> (2003)  $PM_{10}$ -EFn für Abrieb und Aufwirbelung an verschiedenen Messorten (PKW: 0,0170 g/km bis 0,0920 g/km; sNfz: 0,0740 g/km bis 0,8190 g/km)<sup>227</sup> und Rauterberg-Wulff (1998)  $PM_{10}$ -Gesamt-EFn für PKW und LKW (gewonnen aus Tunnelmessungen und daher ebenso laut Lohmeyer) i. A. nicht geeignet zur Übertragung auf andere Verkehrssituationen) angegeben.<sup>228</sup>

| Fahrzeugkategorie | $PM_{2,5}$ -EF (g/Fzg-km) | $PM_{10}$ -EF (g/Fzg-km) |
|-------------------|---------------------------|--------------------------|
| PKW               | 0,0120 ± 0,0019           | 0,2200 ± 0,0170          |
| INFz              | 0,0170 ± 0,0029           | 0,3100 ± 0,0260          |
| sNfz              | 0,0630 ± 0,0120           | 1,4000 ± 0,1200          |
| Busse             | 0,0240 ± 0,0310           | 0,5500 ± 0,0490          |

**Tab. 19:  $PM_x$ -EFn (g/Fzg-km) für Wiederaufwirbelung und Straßenabrieb nach Abu-Allaban et al. (2002)**<sup>229</sup>

Abweichungen bei der Höhe der  $PM_{10}$ -Wiederaufwirbelungs-EFn kommen u. a. durch unterschiedliche Fahrleistungsanteile bei den Fahrzeugkategorien zustande bzw. berücksichtigt Abu-Allaban et al. (2002) nicht den Straßenzustand oder die Geschwindigkeit.<sup>230</sup>

Daneben gibt es Hinweise, dass die Wiederaufwirbelung saisonal unterschiedlich hoch ausfällt (z. B.  $PM_{10}/PM_{2,5}$ -Messungen in 8 schwedischen Städten mit den höchsten Feinstaubkonzentrationen in den Monaten Februar bis April; weiters siehe Abschnitt 3.1.1),

<sup>223</sup> Vgl. Düring et al. (2004), S. 27

<sup>224</sup> Vgl. UBA Österreich (2006b), S. 365 f.

<sup>225</sup> Vgl. UBA Österreich (2006b), S. 366; wobei der Wiederaufwirbelungs-EF durch die Anwendung der Berechnungsmethoden nach dem Emission Inventory Guidebook auf Reifen- und Bremsabriebsemissionsfaktoren hergeleitet worden ist. In der Tabelle wird a als Korrekturfaktor für die Anwendung auf Straßen in Deutschland; sL (= Silt Load), die  $PM_{75}$ -Staubbiladung auf der Straße ( $g/m^2$ ) und W (= weight) als mittleres Gewicht der Fahrzeuge der Fahrzeugflotte (t) verwendet. Weiters basieren die Werte auf der Annahme von 100 Regentagen/Jahr.

<sup>226</sup> EMPA/PSI (= Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt/Paul Scherrer Institut)

<sup>227</sup> Vgl. UBA Österreich (2006b), S. 369 und EMPA; PSI (2003), S. 33

<sup>228</sup> Vgl. UBA Österreich (2006b), 367 ff.

<sup>229</sup> Vgl. UBA Österreich (2006b), S. 367

<sup>230</sup> Vgl. UBA Österreich (2006b), S. 368

bei ansteigender Niederschlagsmenge gesenkt wird (Dies ist an allen Wiener Messstellen für die  $PM_{10}$ -Konzentration im Untersuchungszeitraum 2002-2003 beobachtet worden; siehe dazu ebenso Abschnitt 3.1.1) und an Straßen mit hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten (ca. 90 km/h) gegenüber Straßen mit niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten (ca. 40 km/h) geringer<sup>231</sup> entfällt.<sup>232</sup>

Neben der vorher erwähnten Staubbeladung sind vermutlich auch der Straßenzustand bzw. das Straßenbelagmaterial an der Höhe des Wiederaufwirbelungsanteils der nicht motorbedingten Feinstaubemissionen beteiligt. Das Ingenieurbüro Lohmeyer verwendet bei der Bewertung des Straßenzustandes das modifizierte EPA- $PM_{10}$ -Modell und nimmt anhand dessen eine subjektive Einteilung in die Straßenkategorien gut und schlecht<sup>233</sup> vor; wobei es von Lohmeyer Bestrebungen zur Objektivierung gibt, dh. einen Vorschlag zu einem Abfrage- und Bewertungsschema nach Straßenzustandsklassen anhand von Parametern wie Art des Fahrbahnmaterials (Beton, Asphalt und Pflaster), Zustand der Fahrbahnoberfläche und Beschaffenheit, der die Straße umgebenden Gehsteige und Parkflächen (mögliche Verfrachtung von Staub auf die Straße). Diese Parameter werden zu einem Schadenswert TWRIO ( $PM_{10}$ -adäquate Beurteilung des Straßenzustandes) zusammengefasst, welcher einen Schwellenwert darstellt, dh. ab dessen Überschreitung Straßenoberflächen-Sanierungsmaßnahmen zur  $PM_{10}$ -Emissionsminderung eingeleitet werden. Friedrich et al. (2004) konnten solch einen  $PM_{10}$ -Minderungseffekt infolge einer Straßensanierung beobachten, bei dem die  $PM_{10}$ -Zusatzbelastung auf dem sanierten Straßenstück um 70 % gesunken ist.<sup>234</sup>

Hinsichtlich des Straßenbelagmaterials haben Sieker et al. (1988) beobachtet, dass der Abrieb bei Zementbetonfahrbahnen ca. ein Drittel des Abriebs bei Asphaltfahrbahnen beträgt bzw. Dannis (1974) hat herausgefunden, dass Reifenabrieb bei Asphaltbeläge im Vergleich zu Betonbelägen kleinere Partikel hervorruft. Ebenso gibt es Hinweise, dass die Wiederaufwirbelung vom gewählten Straßenbelagmaterial abhängig ist. Baum et al. haben beobachtet, dass an einer Straße mit OPA (= offenporiger Asphalt) die durchschnittliche Feinstaubbelastung um  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Regentage:  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und Tage ohne Regen:  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) gesunken ist.<sup>235</sup>

Wie schon eingangs bemerkt, gibt es aktuell in der Wissenschaft noch keine fundierten Erkenntnisse zu den nicht motorbedingten Emissionen. Es werden daher zur Darstellung der nicht auspuffbedingten  $PM_{10}$ -Emissionen verschiedene Modelle wie z. B. das modifizierte EPA-Modell nach Lohmeyer, das US-EPA-Modell, das SMHI-Modell (= schwedisches meteorologisches und hydrologisches Institut), das VLUFT-Modell (in Norwegen) oder das Schweizer Vorgehen, der sogenannte EF-Ansatz nach Gehrig angewendet. Der EF-Ansatz

<sup>231</sup> Dieser scheinbare Widerspruch, lässt sich dadurch begründen, dass auf Schnellstraßen i. A. die  $PM_{10}$ -Menge, welche zur Wiederaufwirbelung bereit steht, geringer ist und damit auch weniger Staub aufgewirbelt werden kann; vgl. Düring et al. (2004), S. 69.

<sup>232</sup> Vgl. Düring et al. (2004), S. 44, 69 und UBA Österreich (2004), S. 127

<sup>233</sup> Lohmeyer geht aufgrund von sehr hohen  $PM_{10}$ -Messungen an der Lützener Straße in Leipzig (2001), welche über eine mehrfach ausgebesserte, schlechte Asphalt-Fahrbahnoberfläche verfügt, von einem Einfluss eines schlechten Straßenbelags auf die Abriebemissionen aus; vgl. Düring et al. (2003), S. 17.

<sup>234</sup> Vgl. Düring et al. (2003), S. 17-19 und 23 und Düring et al. (2004), S. 72

<sup>235</sup> Die Wirkung von OPA wird dabei durch folgende Idee erklärt: Die sedimentierten Feinstaubpartikel gelangen in die Poren (Hohlräume) des OPA und werden dort vor weiterer Aufwirbelung bewahrt bzw. durch eine Drainagewirkung des OPA bei Niederschlägen ausgespült und damit entfernt; vgl. open PR.de (2007), Baum et al. (2009) und Düring et al. (2004), S. 72.

wird vom Ingenieurbüro Lohmeyer als der zurzeit beste Ansatz (mittels EF-Ansatz berechnete Werte entsprechen am ehesten den real gemessenen Immissionswerten) eingestuft; da er für nicht motorbedingte EFn eine Differenzierung nach Verkehrssituationen (bessere Kompatibilität zum HBEFA) vornimmt und nicht über Schwächen bei der Staubbeladung wie beim bisher verwendeten, für mitteleuropäische Verhältnisse repräsentativen, modifizierten EPA-Modell verfügt. Der EF-Ansatz wird daher zur genaueren Bestimmung des möglichen Gesamt-Partikelemissions-Reduktionspotenzials der UWZ (siehe Abschnitt 5.2) verwendet.<sup>236</sup>

## 3.2 Kommunale verkehrspolitische Instrumente zur Feinstaubminderung

### 3.2.1 Einteilung verkehrspolitischer Instrumente zur Feinstaubminderung nach politischen Ebenen (Umsetzungsebenen)

Mögliche Instrumente zur Reduzierung der Feinstaubbelastung lassen sich innerhalb der Verkehrspolitik anhand ihrer politischen Ebenen (behördliche Umsetzungsebenen)<sup>237</sup> wie folgt zuordnen (siehe Tab. 20):

---

<sup>236</sup> Vgl. Düring et al. (2004), S.1, 21-31 und 91 f.

<sup>237</sup> Zu den hier angeführten politischen Ebenen (EU, Bund und Länder/Kommunen) kann als zusätzliche darüber stehende Ebene jene der UN/ECE mit ihre Konvention CLTRAP vom 2.7.2002 (siehe auch Abschnitt 2.5.1.1), welche im weiteren nicht näher behandelt wird, angesehen werden; vgl. UBA Österreich (2004), S. 10.

| Europäische Union bzw. UN/ECE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Bund (Republik Österreich)                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Länder/Kommunen <sup>238</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 6. Umweltaktionsprogramm (2002): Entwicklung einer spezifischen Strategie für die Bekämpfung der Luftverschmutzung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Lobbying auf EU-Ebene für die Festlegung strengerer PM-Emissionsgrenzwerte (Euro-Normen) und deren für PKW und LKW                                                                                                                                                                                                                    | Maßnahmen für den Verkehr im Zuge des IG-Luft § 14 (z. B. Verkehrsbeschränkungen hinsichtlich Raum, Zeit und Geschwindigkeit)                                                                                                                                                                                                |
| Definition des rechtlichen Rahmens (z. B. Luftqualitäts-Rahmenrichtlinie mit ihren Tochterrichtlinien oder Euro-Normen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Verkehrsreduzierung durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>steuerliche Maßnahmen (z. B. Straßenmaut oder Treibstoffbesteuerung)</li> <li>strategische Umweltprüfung des Generalverkehrsplanes bzgl. lufthygienischer Tauglichkeit</li> </ul>                                                                                   | fahrzeugtechnische Maßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrolle zur Erfassung abgastechnisch nicht einwandfreier Kfz im Verkehr</li> <li>Bereitstellung von emissionsarmen kommunalen Fahrzeugen</li> </ul>                                                                                                   |
| CAFE (= Clean Air for Europe, Strategie der Europäischen Kommission zur Luftreinhaltung in Europa): Eine thematische Strategie der Europäischen Kommission zur Bekämpfung der Luftverschmutzung im Zuge des sechsten Umweltaktionsprogramms, wobei die WHO im Zuge ihres Forschungsprojekts 'Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe' relevante Daten zur Verfügung gestellt hat <sup>239</sup>                                                        | rechtliche Rahmenbedingungen für Ausschluss von abgasstarken Kfz („Superemitter“) aus dem Verkehr                                                                                                                                                                                                                                     | Maßnahmen zur Reduzierung der Staubresuspension: <ul style="list-style-type: none"> <li>optimierte Streumittelverwendung im Winterdienst</li> <li>Vorkehrungen auf Baustellen (z. B. Nassreinigung der Reifen von Baumaschinen)</li> <li>Straßenreinigung an feinstaubintensiven Tagen</li> </ul>                            |
| Göteborg-Protokoll (NEC (= National Emission Ceilings, nationale Emissionshöchstmenge)-Richtlinie): EU (mit USA und Kanada) werden voraussichtlich im Jahre 2010 neben den Schadstoffen SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , NH <sub>3</sub> und NMVOC (Vorläufersubstanzen von Feinstaub; siehe Abschnitt 2.2.1) nun auch nationale Emissionsmengen für PM <sub>2,5</sub> definieren. <sup>240</sup> EMEP-Protokoll im Rahmen der Genfer Luftreinhaltekonvention (der CLTRAP) | monetäre Maßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Justizierung der Mineralölsteuer/NoVa (= Normverbrauchsabgabe)</li> <li>Kontrolle des Kilometergeldes</li> <li>Anpassung der Pendlerpauschale</li> </ul>                                                                                                                   | systembezogene Maßnahmen zur Senkung der Straßenverkehrsleistung: <ul style="list-style-type: none"> <li>kompakte Siedlungsstrukturen zur Wegevermeidung</li> <li>Ausbau und Förderung des öffentlichen (Pendler-)Verkehrs</li> <li>optimierte Parkraumbewirtschaftung (mit Querfinanzierung des Umweltverbundes)</li> </ul> |
| EURAD (= Europäisches Ausbreitungs- und Depositionsmodell): Darstellung der physikalisch-chemisch-dynamischen Prozesse der atmosphärischen Spurenstoffe <sup>241</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Förderungen und Schaffung der rechtlichen Rahmenbedingungen für: <ul style="list-style-type: none"> <li>Entwicklung und Verwendung alternativer Fahrzeug- und Antriebskonzepte (Hybridkonzepte, alternative Kraftstoffe, usw.)</li> <li>Partikelfilter (über NoVa für Neu- (Gebraucht-)Fahrzeuge (inkl. Off-Road-Bereich))</li> </ul> | bewusstseinsbildende Maßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Fahrverhalten</li> <li>Verkehrsmittel</li> </ul>                                                                                                                                                                                                      |

**Tab. 20: Zuordnung von möglichen Feinstaubminderungsmaßnahmen nach Umsetzungsebenen<sup>242</sup>**

<sup>238</sup> Wien ist ein Spezialfall, da es gleichzeitig Bundesland und Kommune (Bundeshauptstadt) ist.

<sup>239</sup> Vgl. WHO Europe (2004), S. 1

<sup>240</sup> Vgl. UBA Deutschland (2010a)

<sup>241</sup> Vgl. Rheinisches Institut für Umweltforschung (2011)

<sup>242</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 18, 259 f., 272 und 274; Lahl (2005), S. 47; BKA RIS (2010), § 14; UBA Österreich (2006b), S. 242, 278 und 281; UBA Deutschland (2009b); UBA Deutschland (2010b) und UBA Deutschland (2010 d)

### 3.2.2 Gegenüberstellung kommunaler, straßenverkehrsrechtlicher Instrumente (Verkehrsbeschränkungen und Straßenreinigung) zur Reduzierung der Feinstaubbelastung

Da die UWZ ein kommunales, ordnungsrechtliches Instrument zur Reduzierung der lokalen PM-Belastung ist, wird nur auf den kommunalen Bereich eingegangen.<sup>243</sup> Neben der UWZ werden noch andere verkehrsbeschränkende, räumliche (City-Maut, Parkraummanagement), (räumlich-)zeitliche (LKW-Durchfahrtsverbot)<sup>244</sup>, geschwindigkeitsbezogene (Tempolimit) Instrumente bzw. die Straßenreinigung (siehe Tab. 21 bis Tab. 26),<sup>245</sup> die ebenfalls einen Beitrag zur Reduzierung der verkehrsbedingten Feinstaubbelastung leisten könnten und direkt beim Verursacher (beim MV) ansetzen, kurz vorgestellt. Der Focus bei der Auswahl der Maßnahmen ist bewusst auf den verkehrsbeschränkenden/-lenkenden Bereich (Ausweisung mittels Verkehrsschildern), gelegt worden, damit eine bessere Vergleichbarkeit derer gegeben ist.<sup>246</sup> Andere Bereiche (Modal-Split, Stadtentwicklung, Straßen- und Tunnelbau, usw.) und dazugehörige Instrumente (z. B. Verlagerung des Modal-Splits hin zu schadstoffarmen Fortbewegungsmitteln des Umweltverbundes (Förderung alternativer Verkehrsträger)), welche bei der Reduzierung der externen Kosten nicht direkt am Verursacher ansetzen und daher nach Einschätzung von Andreas Brenck et al. eine geringere Treffsicherheit und Effizienz gegenüber verkehrslenkenden Instrumenten besitzen,<sup>247</sup> sind nicht Gegenstand dieser Arbeit (siehe dazu ebenso Tab. 20).<sup>248</sup> Des Weiteren handelt es sich bei den in dieser Arbeit diskutierten Instrumenten um ordnungsrechtliche<sup>249</sup>, die einen kurz- (Einsatz bei kurzfristiger Grenzwertüberschreitung möglich) bis mittelfristigen (Implementierung der Instrumente dauert einige Monate bis Jahre) Zeithorizont für die Umsetzung bzw. Entfaltung ihres möglichen Wirkungspotenzials benötigen.<sup>250</sup> Damit wird auf der einen Seite ein Maßnahmenkatalog zur Verfügung gestellt, welcher im Bedarfsfall (bei Grenzwertüberschreitungen) Lösungsansätze anbietet, um möglichst rasch die Feinstaub-Spitzenkonzentration der Luft zu senken (siehe Abschnitt 2.5.1.2) und auf der anderen Seite mit ihrer Hilfe langfristig (im Zuge eines Luftreinhaltekonzeptes) zukünftigen PM-Überschreitungen vorgebeugt (siehe Abschnitt 5.1.2).<sup>251</sup>

<sup>243</sup> Ordnungsrechtliche Instrumente wie die UWZ kommen als ultima ratio (letztanzuwendendes Mittel) zum Tragen, wenn bereits der Einsatz verkehrsplanerischer Maßnahmen bei der Feinstaubsenkung nicht zielführend war; vgl. Lahl; Steven (2005), S. 135.

<sup>244</sup> Das LKW-Durchfahrtsverbot gehört wie die UWZ zu den selektiven Zufahrtsbeschränkungen; vgl. dena (2011).

<sup>245</sup> Diese Instrumente sind Gegenstand bzw. fallen in den Bereich des § 14 des IG-Luft (siehe Tab. 16).

<sup>246</sup> Vgl. UBA Österreich (2001), S. 478

<sup>247</sup> Vgl. Schöller et al. (2007), S. 442

<sup>248</sup> Vgl. SRU (2005), S. 381

<sup>249</sup> Ihr räumlicher Wirkungsbereich wird mittels Verkehrsschildern (für UWZ, City-Maut, Parkraummanagement und Tempolimit; Ausnahme: Straßenreinigung) ausgewiesen.

<sup>250</sup> Vgl. Diegmann (2007), S. 82 und 98; Scholz et al. (2005), S. 28; SRU (2005), S. 407 ff. und Scholz et al. (2005), S. 28

<sup>251</sup> Vgl. Scholz et al. (2005), S. 28 f.

| Instrument                                 | UWZ <sup>252</sup> (gebietsbezogene Nutzervorteile)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definition                                 | „(...) an ‘environmental zone’ has been defined as a geographically delimited area, covering more than just a very local area, that due to problems with air pollution, noise, urban quality-of-life, congestion and/or road safety is subject to specific restrictions in either the volume or the nature – or both – of the traffic within the zone.“ <sup>253</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Kurzbeschreibung                           | Fahrzeugbetrieb in räumlich definiertem Gebiet ist bestimmten Fahrzeuggruppen (Differenzierung nach Fahrzeugkategorien (inkl. Ausnahmeregelungen) und Emissionsverhalten (Euro-Normen, Partikelfilterausstattung, usw.) erlaubt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Strategie                                  | Erhöhung des städtischen Kfz-Bestands an feinstaubarmen Fahrzeugen bzw. Beschleunigung des Flottenerneuerungsprozesses                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| derzeitige Implementierungsorte            | in Städten in folgenden europäischen Ländern: Norwegen, Schweden, Dänemark, Großbritannien, Niederlande, Deutschland, Tschechien, Österreich und Italien (siehe Abschnitt 4.1)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| mögliche Wirkungseffekte                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftschadstoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feinstaub</li> <li>- Stickstoffdioxid</li> <li>- Benzol</li> </ul> </li> <li>• in Abhängigkeit von Straßencharakteristika: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verkehrsmenge</li> <li>- Schwerverkehrsanteil</li> </ul> </li> <li>• Nebenwirkungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- positiv: Großflächig gestaltete UWZ induziert einen Anreiz zur Anschaffung schadstoffarmer Kfz.</li> <li>- negativ: mögliche Kfz-Verlagerung in naheliegende Straßen</li> </ul> </li> <li>• räumlich: lokaler Straßenraum (erfasster Maßnahmenbereich)</li> <li>• zeitlich: kurzfristig mit Maßnahmenstart, langfristig sinkende Wirkung zu erwarten, da PM-Reduktionspotenzial höherer Stufen (Plaketten) geringeres Emissionspotenzial nach sich zieht (Fahrzeugflottenänderung)</li> </ul> |
| Umsetzung (Voraussetzungen/Hemmnisse)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kennzeichnung der Fahrzeuge nach definierten Schadstoffgruppen erforderlich</li> <li>• steuerliche Partikelförderung (auf Bundesebene) kann soziale Verträglichkeit der Maßnahme (verbesserte Akzeptanz) erhöhen</li> <li>• Ausnahmeregelungen können Emissionsminderungspotenzial senken</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ansatzpunkt zur Kostenschätzung            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrolle: wahrscheinlich höherer Personalaufwand für Befolgung notwendig</li> <li>• Administration: voraussichtlich geringe Kosten (für Schilderaufstellung, Plaketten, Aufklärungsarbeit der Bürger, usw.)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Berechenbarkeit                            | teilweise (primäre PM <sub>10</sub> -Auspuffemissionen mittels HBEFA)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Bewertung des Nutzen-Aufwand-Verhältnisses | hoch                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

Tab. 21: Charakterisierung der UWZ anhand verschiedener Kriterien<sup>254</sup><sup>252</sup> Auf Englisch wird der Begriff UWZ als LEZ (= Low Emission Zone) bezeichnet.<sup>253</sup> Schrefel; Hajszan (2005), S. 79<sup>254</sup> Vgl. Birgelen; Roszkopf (2008), S. 76; Diegmann (2007), S. 135 und 140 f.; Schrefel; Hajszan (2005), S. 79 ff.; Scholz et al. (2005), S. 65 und VCÖ (2006), S. 3

| Instrument                                 | City-Maut <sup>255</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definition                                 | Der Begriff City-Maut wird für „Straßennutzungsgebühren mit einer expliziten Finanzierungsfunktion“ <sup>256</sup> im innerstädtischen Bereich benützt.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Kurzbeschreibung                           | Gebührenerhebung für Straßen des innerstädtischen Bereichs nach Kordon- oder Gebietspreissystem <sup>258</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Strategie                                  | Senkung der Kfz-Verkehrsanteile bei Personenfahrten (Wohnbevölkerung und Pendler) auf ein umweltverträgliches Maß und gleichzeitiger Steigerung des Umweltverbundanteils (Modal-Split-Änderung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| derzeitige Implementierungsorte            | Großbritannien, Italien, Norwegen und Schweden, außerhalb Europas: Singapur (seit 1975, weltweit älteste City-Maut)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| mögliche Wirkungseffekte                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Luftschadstoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>Feinstaub</li> <li>Stickstoffdioxid</li> <li>Benzol</li> <li>CO<sub>2</sub>,</li> </ul> wobei die Höhe der erzielten Minderung von Randbedingungen und Gestaltung der Maßnahme abhängig sind </li> <li>in Abhängigkeit von Straßencharakteristika: höhere Minderungspotenziale bei höherem PKW-Anteil (mehr von Maßnahme erfasste Kfz) und hohen Anteilen an Binnen-, Quell- und Zielverkehr</li> <li>Nebenwirkungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>positiv: Senkung der Verkehrsbelastung (Unfallgefahr und Flächenverbrauch), Steigerung der Handlungsspielräume im Straßenraum und der Durchschnittsgeschwindigkeit</li> <li>negativ: Parkdruck und Suchverkehr steigt evtl. an Grenzen der City-Maut-Zone</li> </ul> </li> <li>räumlich: unterschiedlich je nach Straßenfunktion; Minderung der Luftschadstoffe im Maßnahmenbereich wirkt sich aufgrund des Luftaustausches voraussichtlich auf gesamten Stadtbereich aus</li> <li>zeitlich: langfristig, da Beeinflussung der Verkehrsmittelwahl</li> </ul> |
| Umsetzung (Voraussetzungen/Hemmnisse)      | sehr große Bemühungen zur Umverteilung des PKW-Verkehrs zum Umweltverbund (Verkehrswende) notwendig                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Ansatzpunkt zur Kostenschätzung            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrolle: i. A. per Videoüberwachung</li> <li>Administration: hoher Anteil der Mauteinnahmen sind für den Betrieb des Systems (Gebühreneinhebung: per DSRC (= Dedicated Short Range Communication, europäisches System zur elektronischen Mauterhebung) oder ANPR (= Automated Number Plate Recognition, automatisierte Kennzeichenerfassung)<sup>259</sup> aufzubringen</li> <li>Reduzierung der volkswirtschaftlichen Kosten (weniger Staus)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Berechenbarkeit                            | nicht mittels HBEFA berechenbar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Bewertung des Nutzen-Aufwand-Verhältnisses | mittel (Grund: umfassende integrierter Maßnahmen-Mix, um angestrebte Modal-Split-Änderung zu realisieren)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Tab. 22: Charakterisierung der City-Maut anhand verschiedener Kriterien<sup>260</sup>

<sup>255</sup> Neben dem Begriff City-Maut wird ebenso das deutsche Pendant Innenstadtmaut verwendet oder von Congestion Pricing (Gebühreneinhebung zur Stauminderung; Anwendung z. B. in London) gesprochen, um die Entlastungsfunktion zu betonen.

<sup>256</sup> Zwischen der Finanzierungs- und Lenkungsfunktion der City-Maut besteht ein Zielkonflikt, da hohe Gebühren zwar die Effektivität der Maßnahme steigern, jedoch gleichzeitig das Absinken der Verkehrsteilnehmer die lukrierten Einnahmen senkt, die in weiterer Folge für das Betreiben des Systems und Förderung des ÖPNV (= öffentlicher Personennahverkehr) verwendet worden wären; vgl. Gehlert (2009), S. 28 f..

<sup>257</sup> Gehlert (2009), S. 28

<sup>258</sup> Bei einer City-Maut nach Kordonpreissystem wird bei der Stadteinfahrt und/oder Stadtausfahrt eine Gebühr für die Traversierung des Kordons (Ring, der das Gebiet der City-Maut begrenzt) entrichtet. Beim Gebietspreissystem sind zusätzliche Fahrten innerhalb des City-Maut-Gebiets kostenpflichtig; vgl. Gehlert (2009), S. 29.

<sup>259</sup> Bei der DSRC fallen für die Errichtung der Baken (Mautportale) hohe Kosten an; bei der ANPR hingegen für die manuelle Nachbearbeitung von nicht einwandfrei automatisch identifizierten Nummernschildern; vgl. Kroiss (2008), S. 59.

<sup>260</sup> Vgl. Birgelen; Roszkopf (2008), S. 79; Schrefel; Hajszan (2005), S. 18; Scholz et al. (2005), S. 65; Diegmann et al. (2006), S. 12; Kroiss (2008), S. 63 und IWD (2010a)

| Instrument                                 | Parkraummanagement <sup>261</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definition                                 | „Das Parkraummanagement dient der Erfassung, Bewertung und ggf. Beeinflussung der Parkraumnachfrage [...].“ <sup>262</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Kurzbeschreibung                           | Verminderung des Parkplatzsuchverkehrs durch preisliche Steuerung des Parkplatzangebots (inkl. Telematik) in Gebieten mit hohem Parkdruck und damit verbundener Fahrleistung und Schadstoffemissionen.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Strategie                                  | Versuch der Beeinflussung der Parkraumnachfrage durch Steuerung des Stellplatzangebots (inkl. Informationsvisualisierung per Telematik), Einhebung von Parkgebühren, Definition der Parkhöchstdauer, Zutritt für bestimmte Nutzergruppen, Parkvorschriften, usw.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| derzeitige Implementierungsorte            | in jeder Stadt möglich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| mögliche Wirkungseffekte                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Luftschadstoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feinstaub</li> <li>- Stickstoffdioxid</li> <li>- Benzol</li> <li>- CO<sub>2</sub></li> </ul> </li> <li>in Abhängigkeit von Straßencharakteristika: Parkraummanagement besonders wichtig bei innerstädtischen Straßen aufgrund von geringem Stellplatzangebot</li> <li>Nebenwirkungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- positiv: Attraktivierung des Umweltverbundes, wenn z. B. gratis ÖPNV-Ticket durch Entrichtung der Park &amp; Ride-Gebühr erworben</li> <li>- negativ: Parkhäuser können Verkehr anlocken -&gt; Schadstoffanstieg denkbar</li> </ul> </li> <li>räumlich: effektives Parkraummanagement kann zu einem geringeren Verbrauch öffentlicher Flächen führen</li> <li>zeitlich: Möglichkeit zur Schaffung von freien Parkplatzkapazitäten mittels Kurzparkzonen (induzierte erhöhte Parkplatzrotation) zur Senkung der durchschnittlichen Dauer bei der Parkplatzsuche</li> </ul> |
| Umsetzung (Voraussetzungen/Hemmnisse)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bereitstellung, der zum Betrieb von Parkraummanagement-Systemen notwendigen Infrastruktur (Automaten, Parkleitsystemen, Park &amp; Ride-Angeboten,...)</li> <li>geringe Berücksichtigung von LKW-Verkehr (v. a. i. A. nicht bei Parkhäusern)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Ansatzpunkt zur Kostenschätzung            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrolle: hoher Personalaufwand, da Gelegenheit für ordnungswidriges Verhalten (keine Entgeltentrichtung, unerlaubtes Parken) gegeben</li> <li>Administration: je nach Ausgestaltung geringe bis mittlere Kosten für Schilder, Parkticket-Automaten und Parkleitsysteme</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Berechenbarkeit                            | bedingt durchführbar bei Vorlage genauer Fahrzeugzahlen und Fahrtstrecken (Verkehr- und Ausbreitungsmodellierung)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Bewertung des Nutzen-Aufwand-Verhältnisses | gering                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

**Tab. 23: Charakterisierung des Parkraummanagements anhand verschiedener Kriterien<sup>263</sup>**

<sup>261</sup> Neben Parkraummanagement ist ebenso der Begriff Parkraumbewirtschaftung gebräuchlich.

<sup>262</sup> Böhnke (2005), S. 12

<sup>263</sup> Vgl. Scholz et al. (2005), S. 48 f.; Diegmann (2007), S. 172 und Böhnke (2005), S. 12 f.

| Instrument                                 | Tempolimit (Tempo-30) aus immissionsschutzrechtlichen Gründen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definition                                 | „Ein Tempolimit (auch Geschwindigkeitsbegrenzung) ist die zulässige Höchstgeschwindigkeit mit der man eine Straße befahren darf um die Sicherheit der Verkehrsteilnehmer zu gewährleisten.“ <sup>264</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Kurzbeschreibung                           | Senkung der erlaubten Höchstgeschwindigkeit von 50 km/h auf 30 km/h aus immissionsrechtlichen Schutzgründen <sup>265</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Strategie                                  | Geschwindigkeitsbeschränkung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| derzeitige Implementierungsorte            | in jeder Stadt durchführbar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| mögliche Wirkungseffekte                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Luftschadstoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>Feinstaub</li> <li>NOx mit jeweils neutralem bis geringfügigem Minderungspotenzial laut empirischen Untersuchungen</li> </ul> </li> <li>in Abhängigkeit von Straßencharakteristika: bei höherem LKW-Anteil ist höheres Minderungspotenzial zu erwarten</li> <li>Nebenwirkungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>positiv: sehr hohes Lärminderungspotenzial, Erhöhung der Verkehrssicherheit und mögliche Minderungspotenziale bei Abrieb, Aufwirbelung durch Verstetigung des Verkehrsflusses</li> <li>negativ: gültig für alle Kfz (keine Berücksichtigung von Kfz mit umweltfreundlichen alternativen Antrieben; Minderung des Feinstaubsenkungseffekts bedingt durch mangelnde Einhaltung der Maßnahme denkbar<sup>266</sup>)</li> </ul> </li> <li>räumlich: lokaler Straßenraum</li> <li>zeitlich: bei Maßnahmenumsetzung sofortige Wirkung</li> </ul> |
| Umsetzung (Voraussetzungen/Hemmnisse)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ausweisung von Tempolimits mittels (Wechsel-)Verkehrszeichen</li> <li>eventuelles Aufstellen und Warten von Radarstationen zur Geschwindigkeitsüberprüfung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Ansatzpunkt zur Kostenschätzung            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrolle: hoher Personalaufwand, wenn keine automatisierte Kontrolle mittels fester Radarstation</li> <li>Administration: gering für (Wechsel-)Verkehrszeichen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Berechenbarkeit                            | nicht direkt anhand HBEFA, sondern über Verkehrssituationsänderung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Bewertung des Nutzen-Aufwand-Verhältnisses | gering bis mittel                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Tab. 24: Charakterisierung des Tempolimits anhand verschiedener Kriterien<sup>267</sup><sup>264</sup> Uni-Protokolle (2011)<sup>265</sup> Ein Tempolimit auf Stadtautobahnen (z. B. für Wien) wird an dieser Stelle, da dort einerseits bereits eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h gilt und andererseits aus Gründen der Vergleichbarkeit mit UWZn, welche i. A. nicht auf Autobahnen ausgewiesen werden, nicht behandelt; vgl. MA 22 (2005), S. 4.<sup>266</sup> Bei einer Berliner Untersuchung (Lutz, 2004) ist beobachtet worden, dass bei einem angeordneten Tempolimit nur durch eine sichtbare Polizeikontrolle die Geschwindigkeit um 10 km/h gesunken ist, ohne Kontrolle lediglich im Mittel um 5 km/h; vgl. UBA Österreich (2004), S. 277.<sup>267</sup> Vgl. Scholz et al. (2005), S. 31 f. und 65 und Diegmann (2007), S. 161

| Instrument                                 | LKW-Durchfahrtsverbot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definition                                 | Unter einem LKW-Durchfahrtsverbot versteht man die „[...] Ableitung des LKW-Durchgangsverkehrs, d.h. aller LKW, die nur Durchfahrtsverkehr darstellen und kein Ziel im Stadtgebiet haben, erfolgt soweit möglich auf kürzestem Wege zurück auf die Autobahnen.“ <sup>268</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Kurzbeschreibung                           | Minderung des LKW-Verkehrs durch Anwendung von verkehrsorganisatorischen Maßnahmen wie (zeitweise) Verkehrsverbote oder Verkehrslenkung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Strategie                                  | teilräumliche Senkung des LKW-Verkehrs im Straßenraum zur Reduzierung von Abgasen (Ausschluss hochemittierender Kfz) und Lärm zum Schutz der Bevölkerung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| derzeitige Implementierungsorte            | in jeder Kommune möglich                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| mögliche Wirkungseffekte                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Luftschadstoffe: <ul style="list-style-type: none"> <li>sehr hohe Einsparungen bei Feinstaub möglich</li> <li>hohes Minderungspotenzial bei NO<sub>2</sub> gegeben</li> </ul> </li> <li>in Abhängigkeit von Straßencharakteristika: hohes Schadstoff-Senkungspotenzial bei hohem Anteil des LKW-Verkehrs am DTV</li> <li>Nebenwirkungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>positiv: Abbau von Lärmbelastungsspitzen bzw. bei zeitweisen Sperrungen mit deutlicher LKW-Verkehrsentlastung mittleres Lärmsenkungspotenzial vorhanden<sup>269</sup></li> <li>negativ: Steigerung des LKW-Verkehrsaufkommens auf Umleitungsstrecken und eventuell möglicher Gesamtemissionsanstieg durch verlängerte Wege (zu befürchtende negative Auswirkungen auf die städtische Hintergrundbelastung)</li> </ul> </li> <li>räumlich: lokaler Straßenraum</li> <li>zeitlich: mit Inkrafttreten der Maßnahme wirksam</li> </ul> |
| Umsetzung (Voraussetzungen/Hemmnisse)      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bei einer differentiellen Gestaltungsvariante: Schaffung einer einheitlichen Emissionsklassifizierung für Schwerverkehr</li> <li>Vorhandensein von Ausweichstrecken</li> <li>Ausnahmeregelungen können zu einer Minderung des Schadstoffsenkungspotenzials führen</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Ansatzpunkt zur Kostenschätzung            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Kontrolle: hoher Personalaufwand, damit Einhaltung der Maßnahme sichergestellt</li> <li>Administration: voraussichtlich geringe Kosten für Schilderbereitstellung</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Berechenbarkeit                            | gut, wobei die gewonnen Ergebnisse je nach zeitlicher Lage des Verbotszeitraums differieren                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Bewertung des Nutzen-Aufwand-Verhältnisses | gering bis mittel (je nach Gestaltung und damit verbundenen Erfassungsgrad des Schwerverkehrsanteils der Fahrzeuge)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

**Tab. 25: Charakterisierung des LKW-Durchfahrtsverbots anhand verschiedener Kriterien**<sup>270</sup>

<sup>268</sup> Polizei Bayern Präsidium München (2010)

<sup>269</sup> Beispielsweise gibt es auf österreichischen Straßen (ausgenommen Straßen des TEN-T (= Trans-European Network-Transport, transeuropäisches Verkehrsnetz), welche den lockeren LKW-Fahrbestimmungen der EU unterliegen) ein Nachtfahrverbot für nicht lärmarme LKWs (Voraussetzung: Spezialbereifung) und ein Wochenend- und Feiertags-LKW-Fahrverbot; vgl. UBA Österreich (2001), S. 482 und VRÖ (2006), Kapitel: Gesetzliche Bestimmungen.

<sup>270</sup> Vgl. Birgelen; Roskopf (2008), S. 81 und 83; Diegmann (2007), S. 142, 146; Scholz et al. (2005), S. 65 und UBA Österreich (2001), S. 482

| Instrument                                 | Straßenreinigung (an feinstaubreichen Tagen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Definition                                 | Die allgemeine Straßenreinigung ist wie folgt charakterisiert: „Die Straßenreinigung dient der Sauberhaltung und Gewährleistung der Befahrbarkeit sowie Begehbarkeit des Verkehrswegenetzes von Städten und Gemeinden.“ <sup>271</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Kurzbeschreibung                           | Nassreinigung <sup>272</sup> (z. B. mittels MgCl-Lösung) der Straße (durch Befeuchtung und synchrones Abspülen/Absaugen)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Strategie                                  | Verringerung der Staubbelastung der Straße (geringeres vorhandenes Feinstaub-Aufwirbelungspotenzial) an feinstaubintensiven Tagen zur Vorbeugung einer Feinstaub-Grenzwertüberschreitung                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| derzeitige Implementierungsorte            | in jeder Kommune durchführbar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| mögliche Wirkungseffekte                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Luftschadstoffe: Feinstaub</li> <li>• in Abhängigkeit von Straßencharakteristika: hoher Baustellenverkehrsanteil -&gt; Gefahr der Feinstaubanreicherung der Luft</li> <li>• Nebenwirkungen: <ul style="list-style-type: none"> <li>- positiv: Feinstaubminderung durch Einsatz von OPA möglich (siehe Abschnitt 3.1.2.2)</li> <li>- negativ: eventuelle Lärmzunahme durch nasse Straßenoberfläche</li> </ul> </li> <li>• räumlich: lokale, streckenbezogene Wirkung</li> <li>• zeitlich: sofort; abnehmende Wirkung mit Feuchtigkeitsverlust der Straße</li> </ul> |
| Umsetzung (Voraussetzungen/Hemmnisse)      | Falls bestehende Fahrzeugflotte für Nassreinigung der Straße an feinstaubreichen Tagen nicht ausreichend, Anschaffung zusätzlicher Fahrzeuge nötig.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Ansatzpunkt zur Kostenschätzung            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kontrolle: Feinstaubwerte mittels stationärem Messnetz, daher keine zusätzlichen Kosten</li> <li>• Administration: hoch, da Fahrzeugflotte für Reinigung zu finanzieren (Anschaffung, Betrieb und Instandhaltung)</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Berechenbarkeit                            | nicht mittels HBEFA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Bewertung des Nutzen-Aufwand-Verhältnisses | eher gering, da Kosten hoch und Experten von einem geringen Feinstaub-Minderungspotenzial ausgehen                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

**Tab. 26: Charakterisierung der Straßenreinigung anhand verschiedener Kriterien<sup>273</sup>**

Wie aus der Beschreibung der Instrumente zur Feinstaubminderung in den Tab. 21 bis Tab. 26 hervorgeht, wird zurzeit das erzielbare Nutzen-Aufwand-Verhältnis der UWZ als hoch eingestuft. Ferner ist die UWZ die einzige Maßnahme die direkt, technisch (mittels DPF) bei der Reduzierung der primären Kfz-Partikelemissionen ansetzt; die anderen Instrumente wirken indirekt, indem sie den Kraftstoffverbrauch zu senken (City-Maut und Parkraummanagement: Reduzierung über Verminderung der Verkehrsleistung (PKW-Personenkilometer), Tempolimit: Reduzierung über Kraftstoffverbrennung bei optimaler Geschwindigkeit), die Partikelemissionen räumlich-zeitlich (LKW-Durchfahrtsverbot) verlagern versuchen oder eine Symptombeseitigung (Straßenreinigung) anstreben. Ein

<sup>271</sup> Bayerischer Behördenwegweiser (2010)

<sup>272</sup> In Wien hat die MA 48 (= Magistratsabteilung für Abfallwirtschaft, Straßenreinigung und Fuhrpark der Stadt Wien) im Winter 2005/05 eine Kehrmaschine konzipiert und danach eingesetzt, welche auch bei Minustemperaturen (mit Salzsole) die Straße (v. a. bei der Splitteinkehrung notwendig) nassreinigen kann; vgl. MA 22 (2005), S. 5.

<sup>273</sup> Vgl. Diegmann (2007), S. 159 ff., Schrefel; Hajszan (2005), S. 19, Diegmann et al. (2006), S. 11 und Scholz et al. (2005), S. 67

zusätzlicher möglicher Vorteil der UWZ gegenüber den anderen Instrumenten bei der Feinstaub-Reduzierung ist laut Aussage der Berliner Senatsverwaltung, dass sie nicht nur lokal (z. B. wie ein Tempolimit nur in der ausgewiesenen Straße) wirkt, sondern netzweit (beim Kfz-Betrieb im gesamten städtischen Straßennetz).<sup>274</sup> Weiters ist laut Thorsten Beckers et al. eine UWZ eine lokale schadstoffbezogene Verkehrslenkung, welche ein nach Emissionsklassen differenziertes UWZn-System darstellt und wohlfahrtstheoretisch besser ist als undifferenzierte Fahrverbote, da ein stärkerer Anreiz besteht schadstoffärmere Fahrzeuge anzuschaffen.<sup>275</sup> Aufgrund dieser Umstände werden im Folgenden UWZn, i. B. ihre Gestaltung und ihr dadurch erzielbarer möglicher Beitrag, genauer betrachtet.

---

<sup>274</sup> Vgl. Lutz-Rauterberg-Wulff (2009), S. 2 und 11

<sup>275</sup> Vgl. Beckers et al. (2007), S. 105 und 107

## 4 Gestaltung und Feinstaub-Beitrag (aus der Sicht verschiedener Akteure) von Umweltzonen in Europa

### 4.1 Gestaltung(sfaktoren) von Umweltzonen in Europa

Das Instrument UWZ ist bereits in Tab. 21 definiert worden. Bereits eingerichtete bzw. geplante UWZn in Europa (Stand: April 2010) sind in Abb. 13 ersichtlich.



Abb. 13: Eingerichtete (grüne Punkte) und geplante (schwarze Punkte) UWZn in Europa<sup>276</sup>

<sup>276</sup> LEEZEN (2010b)

Wie aus der Abb. 13 (ebenso Tab. 21) hervorgeht sind zurzeit (Stand: April 2010) in Europa UWZn in folgenden Ländern eingerichtet bzw. geplant: Norwegen (3 in Planung), Schweden (5), Dänemark (5, davon 2 in Planung), Großbritannien (3, davon 1 in Planung), Niederlande (20, davon 8 in Planung), Deutschland (44, davon 2 in Planung), Tschechien (1), Österreich (2, davon 1 in Planung), Ungarn (1 in Planung) und Italien (8 Regionen mit insgesamt mindestens 270 UWZn).<sup>277</sup>

Im nachfolgenden werden die verschiedenen implementierten bzw. geplanten Modelle von UWZn in Europa hinsichtlich ihrer Gestaltungsfaktoren (siehe für zusätzliche Detailinformationen Tab. Tab. 27 bis Tab. 38) analysiert. Diese Gestaltungsfaktoren werden im Anschluss (siehe Abschnitt 4.2) qualitativ bzgl. ihres möglichen Beitrag zur Senkung der Feinstaubbelastung diskutiert.

Zu diesen Gestaltungsfaktoren gehören:

- Arten der Zufahrtsbeschränkung
- räumlicher Geltungsbereich
- Betriebsdauer
- Emissionsstandards (inkl. eventuell gestatteter Erlaubnis zur Nachrüstung)
- betroffene Fahrzeugkategorien
- Berücksichtigung ausländischer Kfz
- Ausnahmeregelungen
- gesetzliche Grundlage
- Kontrolle
- Verwendung der Einnahmen (Plaketten und (Straf-)Gebühren)<sup>278</sup>

Hinsichtlich der **Art der Zufahrtsbeschränkung** wird i. A. bei UWZn ein Verbot für feinstaubreiche Kfz angewendet, dh. es ist ihnen untersagt, das ausgewiesene Gebiet zu queren. In manchen Städten ist die Fahrt, für aus der UWZ ausgeschlossene Fahrzeuge, nach Entrichtung einer Gebühr gestattet (z. B. norwegische Städte (siehe Tab. 31), London (siehe Tab. 34 und Tab. 35) oder Mailand (siehe Tab. 29); zusätzlich siehe weiter unten unter dem Punkt Verwendung der Einnahmen). Daneben gibt es zeitliche Limitierungen, v. a. in Italien (siehe weiter unten unter Gestaltungsfaktor Betriebsdauer) und Beschränkungen auf Autobahnen (z. B. Brennerautobahn A 13: von Österreich nach Italien oder Inntalautobahn A 12) für feinstaubreiche LKWs, welche nicht genauer betrachtet werden, da in dieser Arbeit wie an früherer Stelle bereits erwähnt, nur auf den kommunalen Bereich eingegangen wird.<sup>279</sup>

Der Großteil der UWZn hat als **räumlichen Geltungsbereich** den innerstädtischen Bereich (UWZn in: Schweden, Dänemark, Großbritannien, Deutschland, teilweise Italien,...), wobei in einigen Städten Straßen zur Traversierung der UWZ (häufig Autobahnen: z. B. London oder Bochum, eine gewöhnliche Straße: z. B. in Aalborg oder Verbindungsstraßen: zwischen den Inseln in Stockholm) oder deren Begrenzung (München und Aalborg) bzw. spezielle Infrastruktureinrichtungen (z. B. Tunnel oder Autofahren in Göteborg oder Parkplatzzufahren

<sup>277</sup> Vgl. LEEZEN (2010c)

<sup>278</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

<sup>279</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

in UWZn der Region Emilia Romagna) ausgenommen sind. Neben der Ausweisung eines (fast) durchgängigen UWZn-Gebietes (durchgängiges UWZn-Gebiet ohne Ausnahmen z. B. in Bra in der Region Piemont) gibt es auch die Gestaltungsvariante eine Namensliste aller ausgenommenen Straßen von der UWZ (z. B. bei UWZn in der Region Lombardei) bzw. nur eine Namensliste aller Straßen in denen die UWZ gilt (z. B. in Levico Terme in der Region Trentino). Weiters gibt es als eine Sonderform eines Kfz-Verboten z. B. eine Fußgängerzone in der Altstadt von Rom, welche von einer UWZ umgeben wird; eine separate Ausweisung von Fußgänger und UWZn in Städten der Region Südtirol, wobei eine Fußgängerzone ein allgemeines Kfz-Fahrverbot (i. A. mit definierten, gestatteten Zeiten für den Lieferverkehr), hingegen eine UWZ ein selektives Fahrverbot (v. a. nach festgelegten Fahrzeugkategorien und Euro-Normen) darstellt. Auf Fußgängerzonen wird im weiteren Verlauf der Arbeit nicht näher eingegangen. Ein weiterer Sonderfall der räumlichen UWZn-Gestaltung ist jener der Stadt Ferrara (Region Emilia Romagna (Italien)), bei welcher die UWZn-Fläche vom 8.1.2009-31.3.2009 größer als vom 1.10.2008-7.1.2009 ausgefallen ist und eine gemeinsam eingerichtete UWZ zwischen Lodi und Dovera (siehe Tab. 28).<sup>280</sup>

Neben einer räumlichen Definition von UWZn, sind sie auch zeitlich in Form ihrer **Betriebsdauer** festgelegt. Die meisten UWZn sind permanent (365 Tage im Jahr/24 Stunden pro Tag) in Betrieb. Lediglich in Tschechien (in Prag für Kfz < 3,5 t) und mehreren Regionen in Italien, in denen es verschiedene zeitliche Modelle gibt, sind die UWZn nur zu bestimmten Uhrzeiten in Kraft. In Italien reichen die zeitlichen Regelungen von täglich gleichen Uhrzeiten (exkl. Anrainer) in Tortona (Region Piemont), werktags gleichen Zeiten in Monferrato (Region Piemont), eigenen Wochend-/Ferienzeiten in Mondovi (Region Piemont), winterspezifischen Regelungen (z. B. jeden Donnerstag in Ferrara (Region Emilia-Romagna) oder der Region Trentino), Freizeiten während der Bankferien in der Region Lombardei und Palermo (Sizilien), zeitlichen Nummerntafelregelungen (in Palermo sind an geraden Montagstagen gerade Nummerntafeln und an ungeraden Montagstagen ungerade Nummerntafeln erlaubt) über eigene Regelungen für UWZn, welche zu Zeiten hoher Feinstaubbelastung eintreten z. B. in Südtirol (bei Überschreitung (Erreichung) des EU-PM<sub>10</sub>-TMW (50 µg/m<sup>3</sup>) an mehr als 5 Tagen und im Vorjahr an mehr als 30 Tagen) und Palermo.<sup>281</sup>

Um diesen Feinstaubüberschreitungen mit Hilfe von UWZn entgegenwirken zu können, braucht man Informationen über die jeweiligen Feinstaubemissionen des betrachteten Kfz. Zur Klassifizierung der Kfz-Feinstaubemissionen eines bestimmten Fahrzeuges werden bei allen europäischen UWZn als **Emissionsstandards** die Euro-Normen verwendet (siehe Tab. 13; zurzeit haben die Kfz je nach betrachteter UWZ und Antriebsart zwischen Euro 1 und Euro 4-Standards zu erfüllen).<sup>282</sup> Viele Länder (Norwegen, Dänemark, Niederlande, Deutschland (siehe zusätzlich Tab. 38), teilweise Italien (Region Emilia Romagna und Südtirol)) schreiben stufenweise (alle paar Jahre) höhere Euro-Emissionsstandards für Kfz vor. Neben der Einhaltung der festgelegten Euro-Normen ist in manchen Ländern (Niederlande, Italien (Region Piemont) und Schweden) zusätzlich eine Altersbeschränkung

<sup>280</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

<sup>281</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

<sup>282</sup> Nur die Schweiz, die eine Einführung von UWZn anstrebt, plant eine eigenständige ökologische Klassifizierung (nach Luftschadstoffen, Lärm, Klima und Treibstoffherzeugung) der Fahrzeuge; vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen.

für Fahrzeuge vom Halter einzuhalten; wobei es in Schweden im Gegensatz zu den anderen beiden Ländern kein Maximalalter für Fahrzeuge gibt, sondern eine nach Registrierungsjahr und Euro-Normen gekoppelte Ausgestaltung (siehe Tab. 32). Meist (exkl. Norwegen, zukünftig Schweden, Tschechien, zum Teil Italien (Rom und Palermo)) ist ein nachträglicher Einbau eines Partikelfilters erlaubt.<sup>283</sup>

Betreffend der **Fahrzeugkategorie** sind i. A. in allen UWZn (ausgenommen in Italien (Rom, Piemont und Trentino)) Regelungen für Diesel-LKWs > 3,5 t vorhanden. Eine Sonderregelung stellt die UWZ von Rom dar, welche die Fußgängerzone der Altstadt umschließt und welche ein Verbot nur für alle Euro 1-Motorräder darstellt. Weiters berücksichtigt Italien als einziges Land in Europa bei der UWZn-Gestaltung Motorräder und Mopeds als Fahrzeugkategorie. Allerdings sind Motorräder und Mopeds im weiteren Verlauf der Arbeit nicht relevant, da für sie in den Euro-Normen keine einzuhaltenden Partikelgrenzwerte definiert sind (siehe Abschnitt 2.4.2) und sie daher bei der möglichen Senkung der verkehrsbedingten Feinstaubbelastung keinen nennenswerten Beitrag liefern. Die Fahrzeugkategorie PKW ist lediglich in deutschen und italienischen UWZn einbezogen. In Großbritannien werden bei UWZn neben gewöhnlichen LKWs auch große Lieferwagen, Minibusse und Spezial-Kfz berücksichtigt.<sup>284</sup>

Neben den Fahrzeugen, bei deren der Fahrzeughalten den ordentlichen Wohnsitz in der jeweiligen Kommune hat, werden ebenso i. A. **ausländische Kfz** bei UWZn berücksichtigt. Nur teilweise in Italien (Region Piemont (Casale Monferrato, Savigliano und Borgomanero) und Umbrien) bleiben ausländische Fahrzeuge von der UWZn-Regelung ausgenommen.<sup>285</sup>

Hinsichtlich der **Ausnahmengestaltung** bei UWZn sind Schweden, die Niederlande, Tschechien und in Italien Rom sehr restriktiv, da sie keine Abweichungen von UWZn-Regelung zulassen. Viele andere Länder (Norwegen, Dänemark, Deutschland und Italien (in mehreren Regionen; siehe Tab. 28) gestatten Fahrzeugen des öffentlichen Dienstes bzw. Oldtimern die Freifahrt in der UWZ; wobei Deutschland sehr viele unterschiedliche Ausnahmen gewährt (siehe Tab. 36). Nur in Großbritannien (London) sind ebenso öffentliche Fahrzeuge von der UWZn-Regelung erfasst. Daneben erhalten in manchen italienischen Regionen (Piemont, Lombardei (Mailand), Südtirol und Trentino) Kfz mit alternativen Antriebstechnologien (z. B. LPG (= Liquefied Petroleum Gas, Flüssiggas), bifuel (= Benzin-/Erdgas-Antrieb), Methanol, elektro oder hybrid (=Verbrennungs-/Elektroantrieb) freien Zugang zur UWZ. Des Weiteren wird nach Entrichtung einer Gebühr für Kfz in London, Mailand und Norwegen eine Ausnahme von den UWZn-Bestimmungen eingeräumt.<sup>286</sup>

Als **gesetzliche Grundlage** dient i. A. (Ausnahmen: Großbritannien (London, Norwich und Oxford und Italien) eine nationale Regelung der Umsetzung und Übersichtlichkeit von UWZn. In Italien hat jede Region ein eigenes Schema mit allgemeinen Regelungen, wobei viele Städte der jeweiligen Region davon eine eigene abweichende Gestaltung treffen. Dies kann zu einer schwereren Nachvollziehbarkeit der UWZn-Regelungen bzgl. der Bevölkerung

<sup>283</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

<sup>284</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

<sup>285</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

<sup>286</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

führen, als vom ACE (= Auto Club Europa) bei deutschen UWZn bemängelt,<sup>287</sup> bei welcher die jeweilige Kommune lediglich über den Zeitpunkt der Einführung bzw. die Farbe der Feinstaubplakette der deutschen Kfz-Klassifizierung entscheiden darf.<sup>288</sup> Darüber hinausgehend gibt es noch eine Vielzahl lokal-spezifischer (nur in einzelnen Städten), geltender Regelungen beim Fahrzeugbetrieb feinstaubarmer Kfz.<sup>289</sup>

Damit die UWZn-Regelungen eingehalten und auf diese Weise auch die möglichen Feinstaub-Reduktionspotenziale realisiert werden können, ist deren **Kontrolle** unumgänglich. Diese Kontrolle reicht von einer manuellen, der Überprüfung der Fahrzeugpapiere (in Schweden), der Überprüfung der auf der Windschutzscheibe angebrachten Plaketten, welche in vielen Länder (Dänemark, Deutschland, Tschechien und i. A. in Italien) üblich ist; einer Überwachung per Kameras (Großbritannien, Niederlande und zum Teil in Italien (Region Piemont (z. B. in Asti) und Region Emilia-Romagna (Bologna und Modena)) bis hin zu einer geplanten Erfassung der Fahrzeuge via Transponder (mit Hilfe installierter On-Board-Systeme) in Norwegen.<sup>290</sup>

Im Allgemeinen stellen die erzielten **Einnahmen** (aus dem Verkauf der Plaketten und Strafgebühren bei Regelverstoß) nur einen Unkostenbeitrag dar; da im Gegensatz zu einer City-Maut bei den UWZn nicht die Verkehrsreduktion, sondern die Einhaltung der Feinstaubgrenzwerte vorrangig ist (siehe Abschnitt 3.2.2). Lediglich bei der Implementierung einer UWZ, als kombinierte Maßnahme, also jene in Norwegen, London (Großbritannien) und Mailand (Italien), welche Kameras zur Überwachung wie eine City-Maut einsetzen und Gebühren für den Betrieb des Kontrollsystems einheben, können die eingehobenen Gelder, wie dies z. B. auch in Norwegen der Fall ist, für den Straßenunterhalt **verwendet** werden. In Mailand gibt es eine nach Euro-Norm und Fahrzeugkategorie (siehe Tab. 29), in Norwegen nach Euro-Norm und Fahrzeuggewicht (siehe Tab. 31) und in London nur nach Fahrzeugkategorie und –gewicht ohne Berücksichtigung der Kfz-Emissionen (siehe Tab. 34), wobei alle UWZn feinstaubarme Kfz (i. A. Euro 4 und darüber bzw. in Mailand Kfz mit alternativem Antrieb) von den Gebühren freistellen.<sup>291</sup>

<sup>287</sup> Vgl. auto.de (2008)

<sup>288</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

<sup>289</sup> Vgl. Climate Company (2011)

<sup>290</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

<sup>291</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

| Regelungen                                | Norwegen                                                                                     | Schweden        | Dänemark                                                                                                            | Großbritannien                                                                                                                                                                                                                                      | Niederlande                                                                                        | Deutschland                                                                                           | Tschechien                                                                 |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| <b>zeitliche Rahmenbedingungen</b>        | Noch kein genauer Termin für UWZ-Einführung; bis 30.6.2012: < Euro 4, ab 1.7.2012: < Euro 5. | siehe Tab. 32   | siehe (einheitliche) nationale Kfz-Klassifizierung                                                                  | Für London siehe Tab. 33; für die Städte Norwich und Oxford gelten eigene Bestimmungen für kommunale Busse.                                                                                                                                         | Bis 1.7.2013 Einlass von Euro 3-Kfz mit DPF und nicht älter als 8 Jahre; danach Euro 4 und darüber | Einführung in einzelnen Kommunen ab 1.1.2008, weitere folgten; Kfz müssen nationales Schema einhalten | k. A.                                                                      |
| <b>betroffene Kfz</b>                     | Kfz > 3,5 t (z. B. LKW, Omni- oder Reisebusse)                                               | sNfz            | Kfz > 3,5 t                                                                                                         | Diesel-LKWs > 3,5 t, Omnibusse, Reisebusse, große Lieferwagen und Minibusse; weiters Spezial-Kfz (z. B. Pferdetransporter, Abschlepp-, Müllwagen, Schneepflug, Splittstreufahrzeug, Leichen-, Betonmisch-, Kipp-, Feuer-, Wohn- oder Rettungswagen) | Diesel-Kfz > 3,5 t                                                                                 | alle Kfz, welche von den Regelungen in Tab. 37 und Tab. 38 erfasst werden                             | Zentrum: Kfz > 3,5 t; größeres Gebiet: Kfz > 6 t; jeweils Euro 2 und höher |
| <b>ausgenommene Kfz</b>                   | Rettungs-, Diplomaten- und Behindertenfahrzeuge)                                             | keine           | Militär-, Polizei- und Rettungsfahrzeuge; Oldtimer (Registrierung in Dänemark und Ausland vor mindestens 30 Jahren) | Off-road-Fahrzeuge, Oldtimer (Herstellung vor 1.1.1973), Militär- und Ausstellungsfahrzeuge                                                                                                                                                         | keine                                                                                              | ja (siehe Tab. 36)                                                                                    | keine                                                                      |
| <b>Berücksichtigung ausländischer Kfz</b> | ja                                                                                           | ja              | ja <sup>292</sup>                                                                                                   | ja (siehe Erlaubnis zur Nachrüstung)                                                                                                                                                                                                                | im Laufe 2011                                                                                      | ja (siehe Tab. 37)                                                                                    | ja                                                                         |
| <b>Registrierung</b>                      | Abwicklung durch On-Board-Systeme                                                            | Anmeldeformular | ja (Plakette)                                                                                                       | i. A. nicht erforderlich <sup>293</sup>                                                                                                                                                                                                             | nein                                                                                               | ja (Plakette nach Nachweis des erforderlichen Emissionsstandards mittels Fahrzeugpapieren)            | ja                                                                         |

**Tab. 27: Regelungen implementierter bzw. vorgesehener UWZn in verschiedenen europäischen Staaten (Tabellen-Beginn)<sup>294</sup>**

<sup>292</sup> Bis 1.7.2010 (Kfz muss mindestens die Euro 3-Norm erfüllen): Kfz-Zulassung ab 1.10.2001, dabei nur Vorlage des Zulassungsschein notwendig, davor Nachweis über Euro 3-Tauglichkeit des Kfz bzw. Zertifikat für DPF; ab 1.7.2010 (Kfz muss mindestens Euro 4 konform sein): Kfz-Zulassung ab 1.10.2006, dabei nur Vorlage des Zulassungsschein notwendig, davor Nachweis über Euro 3-Tauglichkeit des Kfz bzw. Zertifikat für DPF; vgl. LEEZEN (2010d).

<sup>293</sup> TfL (= Transport for London, Dachorganisation zur Koordinierung des Londoner Verkehrssystems) verwendet für die Prüfung der Kfz auf Emissionsnormen folgende Quellen: DVLA (= Driver and Vehicle Licensing Agency, Kraftfahrzeugzulassungsstelle in Großbritannien) VOSA (= Vehicle and Operator Services Agency, Amt für Verkehrssicherheit von Fahrzeugen und Fahrzeugführern) und SMMT (= Society of Motor Manufacturers and Traders, Verein der Kfz-Hersteller und -Händler); vgl. LEEZEN (2010e).

| Regelungen (Forts.)                                 | Norwegen (Forts.)                                                                              | Schweden (Forts.)                                                                                                             | Dänemark (Forts.)                                                                                                                            | Großbritannien (Forts.)                                                                                                                                                                                          | Niederlande (Forts.)                                                     | Deutschland (Forts.)                                                                                | Tschechien (Forts.)                                                                                     |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>(einheitliche) nationale Kfz-Klassifizierung</b> | ja (siehe Tab. 31)                                                                             | ja (siehe Tab. 32)                                                                                                            | ab 1.9.2008 Kfz $\geq$ Euro 3 oder zertifizierter DPF; ab 1.7.2010 Kfz $\geq$ Euro 4 oderertif. DPF                                          | keine UK-weite (Londoner Regelung, siehe Tab. 33)                                                                                                                                                                | ja (siehe zeitliche Rahmenbedingungen)                                   | ja (siehe Tab. 38), wobei Abfolge der Feinstaubgruppen (Plaketten) jeder Kommune obliegt            | keine                                                                                                   |
| <b>Erlaubnis zur Nachrüstung (z. B. DPF)</b>        | nein                                                                                           | nein, künftig nicht mehr erlaubt (Ausnahme: Kfz mit bereits ausgestellter Genehmigung für DPF)                                | ja (laut EU-Regelungen bzw. genehmigt von dänischen Behörden)                                                                                | ja (einige Euro 1 oder 2 Kfz erfüllen die Zertifizierungskriterien; Kfz innerhalb GB durch VOSA; Kfz außerhalb GB: Nachweis mittels Dokumenten von ausländ. Behörden (Zulassungsland); andernfalls tägl. Gebühr) | ja                                                                       | ja (von Regierung zugelassene DPF)                                                                  | nein                                                                                                    |
| <b>räumlicher Geltungsbereich</b>                   | noch nicht festgelegt                                                                          | i. A. Innenstadtbereich (Ausnahmen: Göteborg (exkl. definierte Tunnel + Autofahren; Stockholm: Verbindungsstraßen zw. Inseln) | Innenstadtbereich; Abweichungen: Definition einer ausgenommenen Straße zur Traversierung in Aalborg und Grenzstraßen + Fähre in Aarhus exkl. | i. A. Innenstadtbereich (Ausnahme: z. B. London eine Autobahn von UWZ ausgenommen)                                                                                                                               | oft kleinere ausgewiesene UWZn im Stadtbereich; in Rotterdam: Innenstadt | Innenstadtbereich (manchmal Autobahnen ausgenommen z. B. Bochum oder Begrenzungsring z. B. München) | UWZ im Innenstadtbereich für Kfz > 3,5, welche von einer größeren gültig für Kfz > 6 t umschlossen wird |
| <b>Betriebsdauer</b>                                | permanent                                                                                      | permanent                                                                                                                     | permanent                                                                                                                                    | permanent                                                                                                                                                                                                        | permanent                                                                | permanent                                                                                           | 3,5 t: Mo–Fr, 08:00–18:00; 6 t: immer                                                                   |
| <b>Kontrolle auf Einhaltung</b>                     | derzeitiger Plan: elektronische On-Board-Systeme (z. B. AutoPASS, automatisches Zahlverfahren) | manuell (Fahrzeugpapiere durch Polizei)                                                                                       | manuell                                                                                                                                      | Kamera (Vergleich fotografiertes Nummernschild mit Datenbankeinträgen)                                                                                                                                           | Kameras; wo noch keine installiert Anwendung von manueller Kontrolle     | manuell auf Vorhandensein erlaubter Plakette auf Windschutzscheibe                                  | manuell                                                                                                 |
| <b>Gebühr</b>                                       | ja (siehe Tab. 31)                                                                             | nein                                                                                                                          | nein                                                                                                                                         | ja (siehe Tab. 34)                                                                                                                                                                                               | nein                                                                     | 12,50 € für Plaketten-Erwerb via Internet                                                           | nein                                                                                                    |
| <b>Strafe bei Verstoß</b>                           | monatliche Gebühr (siehe (einheitliche) nationale Kfz-Klassifizierung)                         | ja (k. A.)                                                                                                                    | gerichtliche Festsetzung (voraussichtlich) in Höhe der Kosten für DPF (bis 10.000 €)                                                         | ja (siehe Tab. 35)                                                                                                                                                                                               | 160 € + 8 € Verwaltungskosten                                            | 40 € und ein Punkt im nationalen Verkehrsstrafenregister                                            | ja (k. A.)                                                                                              |

Tab. 27: Regelungen implementierter bzw. vorgesehener UWZn in verschiedenen europäischen Staaten (Tabellen-Ende)<sup>295</sup><sup>294</sup> Vgl. LEEZEN (2010c)<sup>295</sup> Vgl. LEEZEN (2010c)

| Regelungen                         | Rom                    | Piemont                                                                                                                                                                                                                                                         | Emilia-Romagna                                                                                                                                                                                                                                                                       | Lombardei                                                                                                                                                                             | Südtirol                                                                                                                                         | Trentino                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Umbrien                                                                                                                                                                             | Sizilien <sup>296</sup>              |
|------------------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>zeitliche Rahmenbedingungen</b> | siehe Betriebsdauer    | stadtbezogen; z. B. in Acqui Terme: Fußgängerzonen-Bestimmungen für alle Kfz ohne genehmigte Ladetätigkeit; Alessandria: Benzin: Euro 1, Diesel: Euro 2, 2-Takt-Motorräder/Mopeds (Alter jeweils < 10 Jahre) Euro 1; Tortona (alle Kfz): Euro 3 (Ausnahme: DPF) | 1.11.2009-7.1.2010: Diesel: Euro 2, Benzin: Euro 1, 2-Takt-Motorräder/Mopeds: Euro 1; 7.1.2010-31.3.2010: Diesel: Euro 3 (Euro 2 nur mit DPF), Benzin Euro 1, 2-Takt-Motorräder/Mopeds Euro 1 (Ausnahmen: Bologna (nur Elektro-/Hybrid-Kfz – Motorräder/Mopeds zulässt) und Ferrara) | Diesel: Euro 2 (inkl. DPF) oder Diesel: Euro 3, vierrädrige Benzin: Euro 1, 2-Takt-Motorräder/Mopeds: Euro 1; für alle Kfz gelten die UWZn zu bestimmten Zeiten (siehe Betriebsdauer) | 1.11.2009-31.3.2010 (für UWZ und Fußgängerzone): Benzin: Euro 2, Diesel: Euro 2 (inkl. DPF), 2-Takt-Motorräder und Mopeds (mit/ohne Katalysator) | 16.11.2009-31.3.2010 und 1.1.2010-31.3.2010: Benzin: Euro 1, Diesel: Euro 2 (inkl. DPF), keine 2-Takt-Motorräder/Mopeds (in manchen Städten Berücksichtigung der Euro-Norm); in Ala und Levico Terme gelten diese Regelungen nur nach 6 aufeinanderfolgenden Tagen mit hoher Feinstaub-Belastung im Winter | Für Benzin/Diesel: Euro 1, 2-Takt-Motorräder/Mopeds: Euro 1 gelten bestimmte zeitliche Regelungen (siehe Betriebsdauer).                                                            | siehe Betriebsdauer                  |
| <b>Anzahl erfasster Städte</b>     | 1                      | 34                                                                                                                                                                                                                                                              | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                    | über 1500 <sup>297</sup>                                                                                                                                                              | 16                                                                                                                                               | 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 3                                                                                                                                                                                   | 1                                    |
| <b>betroffene Kfz</b>              | alle Euro 1-Motorräder | Kfz < 3,5 t (inkl. Motorräder)                                                                                                                                                                                                                                  | alle Kfz (inkl. Motorräder) während des Winters                                                                                                                                                                                                                                      | alle Kfz (inkl. Motorräder); zuerst zeitweise, danach permanent                                                                                                                       | alle Kfz (inkl. 2-Takt-Motorräder) während des Winters                                                                                           | Kfz < 3,5 t                                                                                                                                                                                                                                                                                                | alle Kfz (inkl. Motorräder)                                                                                                                                                         | alle Kfz (inkl. Motorräder + Mopeds) |
| <b>ausgenommene Kfz</b>            | keine                  | Oldtimer, Behinderten-, LPG-/Methanol-(inkl. bifuel)-Kfz; vor Euro 1, Kfz > 3,5 t; Rettungs-/Sicherheits-Kfz; exkl. Streiktag; weitere individuelle, stadtbezogene Regelungen (z. B. Ausnahme: Elektro-/Hybrid-Kfz in Alessandria) <sup>298</sup>               | ja (k. A.)                                                                                                                                                                                                                                                                           | ja (k. A.; ausgenommen Mailand: siehe Tab. 29)                                                                                                                                        | Behinderten-, Rettungs-Kfz, Kfz des öffentlichen Dienstes, Taxis,... <sup>299</sup>                                                              | Kfz mit mindestens 3 Insassen (Fahrgemeinschaften); für 2 Insassen zugelassen Kfz mit Vollbelegung; Kfz mit alternativen Antriebstechnologien (z. B. LPG, bifuel, Methanol, elektro oder hybrid); diverse öffentliche Kfz                                                                                  | Kfz mit LPG- oder Methanol-Antrieb; Kfz mit mindestens 3 Insassen (inkl. Fahrgemeinschaften); diverse Kfz öffentlicher Bediensteter; <sup>300</sup> weitere Kfz siehe Betriebsdauer | siehe Betriebsdauer                  |

Tab. 28: Regelungen implementierter bzw. vorgesehener UWZn in Italien (italienische Regionen; Tabellen-Beginn)<sup>301</sup><sup>296</sup> Vgl. ÖAMTC (2010)<sup>297</sup> Vgl. LEEZEN (2010f), S. 2-35. Der ÖAMTC (= Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club) geht von 210 Städten und Gemeinden in der Umgebung von Mailand, die vom Lombardei-Schema erfasst werden, aus (Stand: September 2009); vgl. ÖAMTC (2009)<sup>298</sup> Vgl. LEEZEN (2010g)<sup>299</sup> Vgl. LEEZEN (2010h)<sup>300</sup> Vgl. LEEZEN (2010i)<sup>301</sup> Vgl. LEEZEN (2010j)

| Regelungen (Forts.)                                 | Rom (Forts.)                              | Piemont (Forts.)                                                                                                                                                            | Emilia-Romagna (Forts.)                                                                                                                                                        | Lombardei (Forts.)                                                                                                                                              | Südtirol (Forts.)                                                                                                                                                                          | Trentino (Forts.)                                                                                                         | Umbrien (Forts.)                                                                   | Sizilien (Forts.)                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Berücksichtigung ausländischer Kfz</b>           | ja                                        | ja (Ausnahme: Casale Monferrato, Savigliano und Borgomanero <sup>302</sup> )                                                                                                | ja                                                                                                                                                                             | ja                                                                                                                                                              | ja                                                                                                                                                                                         | ja                                                                                                                        | nein                                                                               | ja                                                                                                                                           |
| <b>Registrierung</b>                                | nein                                      | nein                                                                                                                                                                        | nein                                                                                                                                                                           | keine bis 15.10.2010, danach Plakette (Aus-Oldtimer)                                                                                                            | ja (siehe Tab)                                                                                                                                                                             | nein                                                                                                                      | nein                                                                               | nein                                                                                                                                         |
| <b>(einheitliche) regionale Kfz-Klassifizierung</b> | Rom-Schema                                | Piemont-Schema                                                                                                                                                              | Emilia-Romagna-Schema                                                                                                                                                          | Lombardei-Schema                                                                                                                                                | Südtirol-Schema                                                                                                                                                                            | Trentino-Schema                                                                                                           | Umbrien-Schema                                                                     | Sizilien-Schema                                                                                                                              |
| <b>Erlaubnis zur Nachrüstung (z. B. DPF)</b>        | nein                                      | ja                                                                                                                                                                          | ja                                                                                                                                                                             | ja                                                                                                                                                              | ja                                                                                                                                                                                         | ja                                                                                                                        | ja                                                                                 | nein                                                                                                                                         |
| <b>räumlicher Geltungsbereich</b>                   | UWZ umgibt die Fußgängerzone der Altstadt | verschiedene Gestaltungsformen wie in Trentino; weiters in Bra: gesamtes Stadtgebiet exkl. höher-rangige Straßen (Autobahnen und Hauptstraßen) und Zufahrten zu Parkplätzen | i. A. Innenstadtbereich mit oftmals Ausnahmen (für Straßen, Parkplatz-zufahrten,...); Sonderfall Ferrara: UWZn-Fläche von 8.1.2009-31.3.2009 größer als von 1.10.2008-7.1.2009 | i. A. ausgewiesene innerstädtische UWZn mit definierten ausgenommenen Straßen; Spezialfall: gemeinsam eingerichtete UWZ zwischen Lodi und Dovera <sup>303</sup> | ähnliche Gestaltungsvarianten wie in Trentino (i. A. stimmen die UWZn mit den Wohngebieten überein) <sup>304</sup> und zusätzlich meist Fußgängerzonen (z. B. in Eppan, Bozen oder Brixen) | verschieden; Levico Terme: Straßenliste, Lavis: gesamtes Stadtgebiet mit ausgenommenen Straßen, Ala: gesamtes Stadtgebiet | i. A. innerstädtisch mit Umfahrungen (z. B. Perugia)                               | durchgängige innerstädtische UWZ in Palermo                                                                                                  |
| <b>Betriebsdauer</b>                                | permanent                                 | i. A. permanent (Ausnahmen z. B. in Acqui Terme: täglich von 8:00-12:30; Casale Monferrato: Mo-Fr: 13:00-16:00 oder Tortona: täglich von 8:00-11:00 für                     | je nach Stadt unterschiedliche winterspezifische Regelung (z. B. in Ferrara jeden Do (zwischen 8.1.2009-31.3.2009): 14:00-18:30) generelles                                    | alle UWZn in A1-Gebiet: 15.10.2009-15.4.2010, 7:30-19:30 (exkl. Bankferien), ab 15.10.2010 permanent; alle UWZn in A2, B, C1                                    | UWZ: 1.11.2009-31.3.2010, werktags (exkl. Bankferien), 7:00-10:00 und 16:00-19:00; Fußgängerzone: permanent; weiters Aktionsplan: Bei Überschreitung                                       | je nach Stadt unterschiedliche zeitliche Regelungen für den Winterzeitraum (siehe auch zeitliche Rahmenbedingungen)       | 10.12.2009-31.3.2010 von Mo-Fr je nach Stadt unterschiedliche zeitliche Regelungen | Mo-Fr (exkl. Bankferien): 9:00-18:30; gerade Monatstage sind Nummertafel mit gerader letzter Ziffer erlaubt und umgekehrt; während Tagen mit |

Tab. 28: Regelungen implementierter bzw. vorgesehener UWZn in Italien (italienische Regionen; Tabellen-Forts.)<sup>305</sup><sup>302</sup> Kfz mit ausländischem Nummernschild, welche von einem nicht ortsansässigen Italiener gefahren werden, sind ausgenommen; vgl. LEEZEN (2010k).<sup>303</sup> Vgl. LEEZEN (2010l)<sup>304</sup> Vgl. Autonome Provinz Bozen (2009a)<sup>305</sup> Vgl. LEEZEN (2010j)

| Regelungen (Forts.)             | Rom (Forts.)                                               | Piemont (Forts.)                                                                                            | Emilia-Romagna (Forts.)                            | Lombardei (Forts.)                                                                            | Südtirol (Forts.)                                                                                                                                                                             | Trentino (Forts.)                   | Umbrien (Forts.)  | Sizilien (Forts.)                                                                            |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Betriebsdauer (Forts.)</b>   |                                                            | alle Kfz (Ausnahme: Anrainer); Werktagsregelung (ausgenommen Ferien); Mondovi: eigene Wochend-/Ferienzeiten | Kfz-Verbot); Ausnahme: permanent in Bologna        | und C2-Gebieten: 15.10.2010-15.4.2011 (exkl. Bankferien), 7:30-17:30, ab 15.10.2011 permanent | (Erreichung) des EU-PM <sub>10</sub> -TMW (50 µg/m <sup>3</sup> ) an mehr als 5 Tagen und im Vorjahr an mehr als 30 Tagen gelten im betreffenden Gebiet die Emissionsstandards von 7:00-19:00 |                                     |                   | hoher Feinstaubbelastung dürfen Kfz < Euro 4 zwischen 8:00-9:30 und 18:30-20:30 nicht fahren |
| <b>Kontrolle auf Einhaltung</b> | manuell                                                    | i. A. manuell (Ausnahme z. B. in Asti per Kamera)                                                           | manuell (Ausnahmen: Kameras in Bologna und Modena) | manuell                                                                                       | manuell                                                                                                                                                                                       | manuell                             | manuell           | manuell                                                                                      |
| <b>Gebühr</b>                   | nein                                                       | nein                                                                                                        | nein                                               | nein (Ausnahme: Mailand; siehe Tab. 29)                                                       | nein                                                                                                                                                                                          | nein                                | nein              | nein                                                                                         |
| <b>Strafe bei Verstoß</b>       | 70 € + weitere 70 € bei Fehlen jährliche Emissionsplakette | i. A. nach Verkehrsstrafengesetz (Ausnahme: z. B. Asti)                                                     | 75-450 € (regionale Verordnung)                    | 75-450 €                                                                                      | StVo (= Straßenverkehrsordnung)                                                                                                                                                               | StVO (Trento hat eigene Regelungen) | Perugia: 25-210 € | StVO                                                                                         |

Tab. 28: Regelungen implementierter bzw. vorhergesehener UWZn in Italien (italienische Regionen; Tabellen-Ende)<sup>306</sup><sup>306</sup> Vgl. LEEZEN (2010j)

| Ecopass-Klasse    | Emissionsklasse                                                                                                                     | Minimumstandard                       | Ecopass Kosten |                         |                             |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------|-----------------------------|
|                   |                                                                                                                                     |                                       | täglich        | mehrfach <sup>307</sup> | jährlich (nur für Anrainer) |
| <b>Klasse I</b>   | LPG, Erdgas, elektro, hybrid                                                                                                        | alternativer Treibstoff               | gratis Zugang  |                         |                             |
| <b>Klasse II</b>  | Benzin-PKWs/-LKW: Euro 3                                                                                                            | Benzin-PKWs/-LKW: Euro 3              | gratis Zugang  |                         |                             |
|                   | Diesel-PKWs/-LKW mit DPF                                                                                                            | Diesel-PKWs/-LKW mit DPF              |                |                         |                             |
|                   | Diesel-PKWs mit DPF: Euro 5<br>Diesel-PKWs ohne DPF: Euro 4 (bis 31.12.2009)<br>Diesel-LKWs ohne DPF: Euro 4 und 5 (bis 31.12.2009) | bis 2010:<br>Diesel-PKWs/-LKW: Euro 4 |                |                         |                             |
| <b>Klasse III</b> | Benzin-PKWs/-LKW: Euro 1 und 2                                                                                                      | Benzin-PKWs/-LKW: Euro 1              | 2 €            | 50 €/60 €               | 50 €                        |
| <b>Klasse IV</b>  | Benzin-PKWs/-LKW: vor Euro-Norm-Klassifizierung                                                                                     | Benzin-PKWs/-LKW: Euro 0              | 5 €            | 125 €/150 €             | 125 €                       |
|                   | Diesel-PKWs: Euro 1, 2 und 3                                                                                                        | Diesel-PKWs: Euro 1                   |                |                         |                             |
|                   | Diesel-LKWs: Euro 3                                                                                                                 | Diesel-LKWs: Euro 3                   |                |                         |                             |
|                   | Diesel-Reisebusse: Euro 4 und 5                                                                                                     | Diesel-RBusse: Euro 4                 |                |                         |                             |
| <b>Klasse V</b>   | Diesel-PKWs: prä-Euro                                                                                                               | Diesel-PKWs: Euro 0                   | 10 €           | 250 €/ 300 €            | 250 €                       |
|                   | Diesel-LKWs: prä-Euro, Euro 1 und 2                                                                                                 | Diesel-LKWs: Euro 0                   |                |                         |                             |
|                   | Diesel-Reisebusse: prä-Euro, Euro 1, 2 und 3                                                                                        | Diesel-RBusse: Euro 0                 |                |                         |                             |
|                   | Motorräder und Mopeds <sup>308</sup>                                                                                                | 2-rädrig                              |                |                         |                             |

Tab. 29: Mailänder Ecopass<sup>309</sup>

| Farbe                                                                               | Schadstoffklasse                                                                                    | Verkehrsbeschränkungen                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>keine Plakette</b>                                                               | hohen Emissionswerte (Feinstaub und andere); Euro 0 und 1-Kfz, Motorräder <sup>310</sup> und Mopeds | Vorsorge- und Sondermaß-nahmen ab November 2007                       |
|  | beträchtliche Feinstaubemissionen; Euro 2 und 3-Diesel-Kfz ohne DPF, alle Euro 4-PKWs ohne DPF      | Sondermaßnahmen ab November 2007, reguläre Maßnahmen ab November 2009 |

Tab. 30: Südtiroler UWZn-Plaketten-Regelung (Tabellen-Beginn)<sup>311</sup>

<sup>307</sup> Für geschäftliche Kfz gibt es keine preislichen Reduktionen. Der mehrfache Ecopass-Zugang erlaubt das Ecopass-Gebiet an 50 (nicht notwendigerweise aufeinanderfolgenden) Tagen mit einem 50 %igen Nachlass im Vergleich zur täglichen Ecopass-Entgelt und für weitere 50 Tage mit einem 40 %igen Nachlass zu betreten. Für den 101. und darauffolgende Tage werden keine zusätzlichen Mengen-Kosten-Rabatte gewährt; vgl. LEEZEN (2010m).

<sup>308</sup> Motorräder und Mopeds sind von den Ecopass-Benutzungsgebühren ausgenommen; vgl. LEEZEN (2010m).

<sup>309</sup> Vgl. LEEZEN (2010m)

<sup>310</sup> Für 4-Takt-Motorräder sind keine Verkehrsbeschränkungen vorgesehen; vgl. Autonome Provinz Bozen (2009b).

<sup>311</sup> Vgl. LEEZEN (2010n) und Autonome Provinz Bozen (2009b)

| Farbe (Forts.)                                                                    | Schadstoffklasse (Forts.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Verkehrsbeschränkungen (Forts.) |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
|  | teilweise reduzierte Feinstaubemissionen; Euro 2, 3 und 4-Diesel-PKWs mit nachgerüstetem DPF; Diesel-PKWs mit serienmäßig eingebautem DPF <sup>312</sup> , welche Euro 5-Partikel-Grenzwert überschreiten                                                                                                                            | Sondermaßnahmen ab 2009         |
|  | niedrige Feinstaubemissionen; Euro 2: Benzin-/LPG-Kfz (ebenso LKWs > 3,5 t mit hocheffizientem DPF), Euro 3: Benzin-/LPG-/Diesel-Kfz mit serienmäßigem DPF (auch LKWs mit hocheffizientem DPF), Euro 4: Benzin-/LPG-/Diesel-PKW mit serienmäßigem DPF und LKWs, Euro 5-Kfz; grüne Plakette mit Gas-Aufschrift: alle Euro 0 und 1-Kfz | keine Beschränkungen            |
|  | sehr niedrige Emissionen; LPG und Elektro-Kfz <sup>313</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                         | keine Beschränkungen            |

Tab. 30: Südtiroler UWZn-Plaketten-Regelung (Tabellen-Ende)<sup>314</sup>

| Gebühren (täglich/monatlich/jährlich): | 3,5 – 12 t                                 | > 12 t                     |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|
| Euro 1 und davor                       | 260 NOK <sup>315</sup> /2900 NOK/20000 NOK | 500 NOK/5700 NOK/40000 NOK |
| Euro 2 und 3                           | 150 NOK/1600 NOK/11000 NOK                 | 300 NOK/3300 NOK/23000 NOK |

Tab. 31: Norwegische Kfz-Klassifizierung nach Gebühren gestaffelt

| Registrierungsjahr | nach allgemeiner Regel | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4<br>(inkl. nachgerüstet) | Euro 5 + EEV <sup>316</sup><br>(inkl. nachger.) |
|--------------------|------------------------|--------|--------|--------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1998               | 2004                   | 2006   |        |                                |                                                 |
| 1999               | 2005                   | 2007   |        |                                |                                                 |
| 2000               | 2006                   | 2008   |        |                                |                                                 |
| 2001               | 2007                   | 2009   | 2009   |                                |                                                 |
| 2002               | 2008                   |        | 2010   |                                |                                                 |
| 2003               | 2009                   |        | 2011   |                                |                                                 |
| 2004               | 2010                   |        | 2012   |                                |                                                 |
| 2005               | 2011                   |        | 2013   | 2016                           |                                                 |
| 2006               | 2012                   |        | 2014   | 2016                           | 2020                                            |
| 2007               | 2013                   |        |        | 2016                           | 2020                                            |
| 2008               | 2014                   |        |        | 2016                           | 2020                                            |
| 2009               | 2015                   |        |        | 2016                           | 2020                                            |
| 2010               | 2016                   |        |        |                                | 2020                                            |

Tab. 32: Schwedische Kfz-Klassifizierung nach Registrierungsjahr und Euro-Klassen gestaffelt<sup>317</sup>

<sup>312</sup> Es wird zwischen nachgerüsteten und serienmäßigen DPF unterschieden, da letztere i. A. einen höheren Filtrationswirkungsgrad besitzen; vgl. LEEZEN (2010n).

<sup>313</sup> Erdgas-Kfz werden mit dem Buchstaben M und Elektro-Kfz mit dem Buchstaben E ausgewiesen; Autonome Provinz Bozen (2009b).

<sup>314</sup> Vgl. LEEZEN (2010n) und Autonome Provinz Bozen (2009b)

<sup>315</sup> NOK (= Norwegische Krone)

<sup>316</sup> EEV (= Enhanced Environmentally Friendly Vehicle; derzeit strengster Abgasstandard für LKW und Busse, übertrifft Anforderungen der Euro 5-Norm).

| Fahrzeugtyp (inkl. Beispiele)                                                                      | Einführungstermin | erforderliche Emissionsstandards                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Kfz > 12 t                                                                                         | 4.2.2008          | Euro 3; Einstufung von Kfz mit Registrierungsdatum 1.10.2001 und danach als Euro 3-Kfz; andere Kfz können nachgerüstet werden oder tägliche Gebühr zahlen |
|                                                                                                    | 3.1.2012          | Euro 4; Einstufung von Kfz mit Registrierungsdatum 1.10.2006 und danach als Euro 4-Kfz; andere Kfz können nachgerüstet werden oder tägliche Gebühr zahlen |
| 12 t < Kfz < 3,5 t                                                                                 | 7.7.2008          | Euro 3 (Details siehe Kfz > 12 t)                                                                                                                         |
| Omni-/Reisebusse > 5 t                                                                             | 3.1.2012          | Euro 4 (Details siehe Kfz > 12 t)                                                                                                                         |
| Kleintransporter: 1,205 t < Kfz < 3,5 t<br>und 2,5 < Wohn-/Rettungs-Kfz < 3,5 t<br>Minibusse < 5 t | 4.10.2010         | Euro 3; Einstufung von Kfz mit Registrierungsdatum 1.1.2002 und danach als Euro 3-Kfz; andere Kfz können nachgerüstet werden oder tägliche Gebühr zahlen  |

**Tab. 33: Londoner Kfz-Klassifizierung nach Einführungstermin und Euro-Stufen**<sup>318</sup>

| tägliche Gebühr | Einführungstermin | Fahrzeugtyp              | Fahrzeuggewicht |
|-----------------|-------------------|--------------------------|-----------------|
| £ 200           | 4.2.2008          | LKW, Wohn-/Pferdewagen   | > 12 t          |
|                 | 7.7.2008          | Omni-/Reisebus           | > 5 t           |
|                 |                   | LKW, Wohn-/Pferdewagen   | 3,5 – 12 t      |
| £ 100           | 4.10.2010         | Lieferwagen, Pferdewagen | 1,205 – 3,5 t   |
|                 |                   | Wohnwagen                | 2,5 – 3,5 t     |
|                 |                   | Minibusse                | < 5 t           |

**Tab. 34: Londoner UWZn-Benutzungsgebühren nach Einführungstermin, Fahrzeugtyp und –gewicht für Kfz-Klassifizierungs-inkonforme Fahrzeuge**<sup>319</sup>

| tägliche Strafgebühr                                                                                               | Fahrzeugtyp            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| £ 1000 (Reduzierung auf £ 500 bei Bezahlung innerhalb 14 Kalendertagen, nach 28 Kalendertagen Erhöhung auf £ 1500) | LKW, Omnib-/Reisebusse |
| £ 500 (Reduzierung auf £ 250 bei Bezahlung innerhalb 14 Kalendertagen, nach 28 Kalendertagen Erhöhung auf £ 750)   | Lieferwagen, Minibusse |

**Tab. 35: Londoner UWZn-Strafgebühren bei ordnungswidrigem Verhalten nach Fahrzeugtyp**<sup>320</sup>

<sup>317</sup> Vgl. LEEZEN (2010o)

<sup>318</sup> Vgl. LEEZEN (2010e)

<sup>319</sup> Vgl. LEEZEN (2010e)

<sup>320</sup> Vgl. LEEZEN (2010e)

| ausgenommene Kfz und Maschinen von deutschen UWZn                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| mobile Geräte und Ausrüstung                                                              |
| Arbeitsmaschinen                                                                          |
| land- und forstwirtschaftliche Traktoren                                                  |
| zwei- und dreirädrige Kfz (inkl. Quads)                                                   |
| Kranken-/Arztwagen (inkl. adäquater Kennzeichnung)                                        |
| Behinderten-Kfz (Vermerk im Behindertenausweis)                                           |
| Sonder-Kfz (Polizei, Feuerwehr, Katastrophenschutz, Müllabfuhr,...)                       |
| Militär- und NATO <sup>321</sup> -Kfz                                                     |
| Oldtimer (älter als 30 Jahre mit H-Kennzeichen) und Youngtimer (rotes 07er-Nummernschild) |

Tab. 36: Ausgenommene Kfz und Maschinen von deutschen UWZn<sup>322</sup>

| Kfz-Typ  | Euro-Norm        | Emissionsklasse | INfz (Erstzulassung)  | LKW (Erstzulassung)  | Plakette |
|----------|------------------|-----------------|-----------------------|----------------------|----------|
| Diesel   | 1 oder davor     | 1               | vor 1.1.1997          | vor 1.10.1996        | keine    |
|          | 2                | 2               | 1.1.1997- 31.12.2000  | 1.1.1996 - 1.10.2001 | rote     |
|          | 3                | 3               | 1.1.2001 - 31.12.2005 | 1.1.2001 - 30.9.2006 | gelbe    |
|          | 4                | 4               | ab 1.1.2006           | ab 1.1.2006          | grüne    |
| Benziner | vor 1 (ohne Kat) | 1               | vor 1.1.1993          |                      | keine    |
|          | 1 oder höher     | 4               | ab 1.1.1993           |                      | grüne    |

Tab. 37: Regelungen für den Betrieb ausländischer Kfz in deutschen UWZn<sup>323</sup>

| Feinstaubgruppe               | 1                      | 2                                                                                   | 3                                                                                    | 4 <sup>324</sup>                                                                      |
|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Plakette                      | keine                  |  |  |  |
| Diesel-Kfz<br>(Anforderungen) | Euro 1 oder schlechter | Euro 2 oder 1 mit DPF                                                               | Euro 3 oder 2 mit DPF                                                                | Euro 4 oder 3 mit DPF                                                                 |
| Benzin-Kfz<br>(Anforderungen) | ohne Katalysator       |                                                                                     |                                                                                      | Euro 1 mit Katalysator oder höher                                                     |

Tab. 38: Deutsche Kfz-Klassifizierung in Feinstaubgruppen nach Euro-Normen<sup>325</sup>

## 4.2 Klassifizierung und Diskussion umweltzonenbezogener Gestaltungsfaktoren hinsichtlich ihres möglichen Effekts der Feinstaubreduzierung

Die zuvor diskutierten derzeit anzutreffenden Ausprägungsvarianten der jeweiligen Gestaltungsfaktoren werden nachfolgend in Tab. 39 qualitativ nach ihrem möglichen Effekt auf die Feinstaubreduzierung klassifiziert (schwach, mittel und stark).

<sup>321</sup> NATO (= North Atlantic Treaty Organisation, Organisation des Nordatlantikvertrags)

<sup>322</sup> Vgl. LEEZEN (2010p)

<sup>323</sup> Vgl. LEEZEN (2010q); daneben gibt es zusätzlich lokale Abweichungen in einzelnen deutschen Städten, welche unter Climate Company (2011) einsehbar sind.

<sup>324</sup> Die Feinstaubgruppe 4 beinhaltet darüber hinaus Fahrzeuge mit alternativem Antrieb (Flüssiggas, Erdgas- oder Ethanol); vgl. Kfz Dienstleistungen GmbH Bernhard Velten (2011).

<sup>325</sup> Vgl. LEEZEN (2010q)

| UWZn-bezogener Gestaltungsfaktor                  | möglicher Effekt der Feinstaubreduzierung                                           |                                                                                |                                                                                      |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | schwach                                                                             | mittel                                                                         | stark                                                                                |
| <b>räumlicher Geltungsbereich</b>                 | einzelne Straßen, Straßenzüge                                                       | Gebiet im innerstädtischen Bereich                                             | ganzes Stadtgebiet                                                                   |
| <b>zeitlicher Geltungsbereich (Betriebsdauer)</b> | fixer Wochentag                                                                     | werktags; saisonal (Winter)                                                    | permanent                                                                            |
| <b>Euro-Norm</b> (evtl. inkl. DPF)                | Diesel-Euro 1 (inkl. DPF)/-Euro 2 (z. B. rote Plakette in Deutschland)              | Diesel-Euro 2 (inkl. DPF)/-Euro 3/-Euro 4                                      | Diesel-Euro 3/Euro 4-Norm (jeweils inkl. DPF) + Benziner                             |
| <b>betroffene Fahrzeugkategorien</b>              | nur LKWs > 6 t (z. B. in Tschechien)                                                | LKWs + diverse Busse                                                           | alle                                                                                 |
| Berücksichtigung ausländischer Kfz                | nein -> kein Effekt                                                                 | k. A.                                                                          | ja                                                                                   |
| <b>Ausnahmeregelungen</b>                         | Personengruppen (Anrainer, Gewerbebetriebe, Behinderte) + evtl. öffentliche Dienste | nur öffentliche Dienste                                                        | keine Ausnahmen                                                                      |
| <b>Kontrolle</b>                                  | manuelle (nur Euro-Norm in Zulassungsschein, z. B. in Schweden)                     | manuelle (Plakette)                                                            | Kameras (z. B. Großbritannien), On-Board-System                                      |
| <b>Benutzungsgebühr</b>                           | keine Benutzungsgebühr -> kein Effekt                                               | nach Fahrzeugkategorien und -gewicht gestaffelter Tarif (z. B. Großbritannien) | nach Euro-Normen und Fahrzeugkategorien/-gewicht gestaffelte Gebühr (z. B. Norwegen) |

**Tab. 39: Zusammenhang zwischen UWZn-bezogenen Gestaltungsfaktoren und möglichem Effekt der Feinstaubreduzierung<sup>326</sup>**

Wie aus der Tab. 39 ersichtlich ist, sollte eine ideale UWZ mit einem größtmöglich zu erwartendem Feinstaubreduzierungs-Potenzial für das ganze Stadtgebiet, permanent gelten<sup>327</sup> und sehr strenge Euro-Normen (mindestens Euro 4; inkl. DPF-Pflicht) für alle bewegten Fahrzeuge (ohne Ausnahmen) aufweisen. Da jedoch eine solch rigide gestaltete UWZ wahrscheinlich auf große Ablehnung in der Bevölkerung stieße, ist eine Anpassung der Gestaltung an die lokalen Gegebenheiten der jeweiligen Kommune vorzunehmen. Wichtig ist es hierbei klare, leicht nachvollziehbare Regeln bei der Gestaltung einer UWZ und damit eine möglichst hohe Akzeptanz der Maßnahme innerhalb der Bevölkerung (daraus resultierend eine möglichst geringe Anzahl an Regelverstößen) zu erreichen. In der Praxis hat es sich bisher bewährt zeitlich permanent geltende UWZn, für einen durchgängigen Stadtteil (sogenanntes Sanierungsgebiet), einzuführen. Dieses Sanierungsgebiet sollte eine gewisse Minimalgröße aufweisen (von der Fläche in etwa einem Bezirk) um die Gefahr von Umfahrvverkehr zu reduzieren.<sup>328</sup>

Fahrzeuge des öffentlichen Dienstes sollten von der UWZ erfasst werden (Vorbildfunktion). Ausnahmen für Personengruppen sollten nach Möglichkeit keine gewährt werden wie z. B. für den Geschäftsverkehr (Erlass für Ziel-Quell-Verkehr gegenüber Durchgangsverkehr), da damit einerseits ein erhöhter Kontrollaufwand verbunden ist und andererseits der

<sup>326</sup> Die zur Erstellung dieser Tabelle notwendigen Informationen sind aus den Tabellen des Abschnittes 4.1 bezogen worden.

<sup>327</sup> Laut VCS (= Verkehrs-Club der Schweiz) hat eine Studie für die Stadt Zürich gezeigt, dass zeitlich befristeten UWZn nur einen sehr geringen Nutzen aufweisen; vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen.

<sup>328</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen

Erfassungsgrad von der UWZ betroffener Fahrzeuge<sup>329</sup> und damit einhergehend das mögliche Feinstaub-Reduktionspotenzial und in weiterer Folge auch die Akzeptanz der Maßnahme bei zu geringer Feinstaub-Belastungsabnahme<sup>330</sup> sänke.

Weiters haben in der Vergangenheit (z. B. in Deutschland) schrittweise Verschärfungen der UWZn-Bestimmungen (i. B. die Kennzeichnungsverordnung emissionsarmer Kfz) zu einer Erhöhung der Akzeptanz der Maßnahme innerhalb der städtischen Bevölkerung geführt. Den Vorteilen eines solchen Vorgehens, nämlich erstens eine Bevölkerung mit i. A. ablehnender Haltung seitens der Maßnahme in kleinen, weniger drastischen Schritten an die Maßnahme bei der Zielverfolgung (Feinstaub-Reduzierung) zu gewöhnen (sogenannte Salami-Taktik) und zweitens Veränderungen bei der Verteilung der städtischen Fahrzeugflotte nach Euro-Normen im Laufe der Zeit Rechnung zu tragen; steht als Nachteil bei einem nicht national einheitlichen Vorgehen (z. B. in Deutschland führten die Kommunen nach eigenem Ermessen zeitlich unterschiedlich die jeweils gültigen Feinstaubgruppen ein) eine irritierte Bevölkerung und damit ein Akzeptanzverlust der Maßnahme gegenüber. Dieser Akzeptanzverlust kann zu einer möglichen Abnahme der Einhaltung der Maßnahme, eine Senkung des Feinstaubreduktionspotenzials bewirken. Daher ist, wenn machbar, die schwedische Lösung (Jede Stadt führt separat zeitlich die gleichen UWZn-Regelungen ein) anzustreben (siehe ebenso Tab. 32).

Des Weiteren wirkt sich bei der Einhaltung der Maßnahme die Kontrolle aus. Manuelle Kontrollen (von Fahrzeugpapieren, Plaketten auf Windschutzscheiben) sind i. A. günstiger als die Implementierung/der Betrieb von automatischen Kontrollsystemen (durch Kameras und/oder On-Bord-Units), weisen jedoch generell einen geringeren Kontrollgrad erfasster Fahrzeuge auf. Im Gegensatz zu einer City-Maut ist bei einer automatisch überwachten UWZ die Finanzierung des Kontrollsystems nicht so gut gewährleistet, da nicht alle in der Zone bewegten Fahrzeuge Gebühren entrichten, sondern nur jene die gegen die gültigen Feinstaub-Bestimmungen verstoßen. Jedoch besteht die Möglichkeit, dass eine automatisch kontrollierte UWZ gegenüber einer herkömmlichen neben einer fahrzeugseitigen Feinstaub-Emissionseinsparung (der motorbedingten Feinstaubemissionen) zu einer Senkung des Verkehrsaufkommens (der nicht motorbedingten Feinstaubemissionen) ähnlich einer City-Maut, wenngleich voraussichtlich in abgeschwächter Form, beiträgt. Bei der Konzeption einer automatisch kontrollierten UWZ müssten der Finanzierungsbedarf für das Kontrollsystem auf der Kostenseite und der mögliche Feinstaubreduzierungseffekt durch eine Minderung des Verkehrsaufkommens im Zuge einer Kosten-Nutzen-Analyse berücksichtigt werden.<sup>331</sup>

Nachdem in diesem Abschnitt die UWZn-bezogenen Gestaltungsfaktoren hinsichtlich ihrer möglichen Höhe der Feinstaub-Reduzierung kategorisiert worden sind, wird im folgenden ein wenig die derzeitige öffentliche Diskussion betreffend des möglichen Feinstaub-Beitrags von UWZn aus der Sicht verschiedener Akteure am Beispiel Deutschlands beleuchtet.

<sup>329</sup> Wenn nötig sind Ausnahmen von der UWZn-Regelung für Oldtimer oder Kfz für Behinderte zu erteilen.

<sup>330</sup> Beispielsweise wird in einem Artikel der Zürcher Zeitung kritisiert, dass es in vielen deutschen UWZn nur zu einer Abnahme der Feinstaub-Belastung um wenige Prozent gekommen ist, wobei dies auch auf den Umstand zurückzuführen ist, dass die meisten deutschen Städte lediglich Kfz der Feinstaubgruppe 2 (mit roter Plakette) aus der Zone ausgeschlossen haben; vgl. Lahrtz (2009).

<sup>331</sup> Als Diskussionsgrundlage in diesem Abschnitt dient VCS (2011), Kapitel: Modelle von Umweltzonen, S. 3.

### 4.3 Beispiele der Einschätzung des Feinstaub-(Minderungs-)Beitrags von deutschen Umweltzonen aus dem Blickwinkel verschiedener Akteure

Bei der Betrachtung des möglichen Feinstaub-(Minderungs-)Beitrags von deutschen UWZn aus dem Blickwinkel verschiedener Akteure werden die UWZn-bezogenen Gestaltungsfaktoren der vorangegangenen beiden Abschnitte (siehe Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2), welche eine Variation der Feinstaub-Reduzierungswirkung von UWZn bewirken können, um die Komplexität dieses Abschnittes nicht zusätzlich zu erhöhen bzw. eine einfache Gegenüberstellung der Ergebnisse zu gewährleisten, nicht berücksichtigt, dh. als gegeben angenommen.

Bei der Evaluierung der Wirkung der deutschen UWZn bezüglich des Luftschadstoffs Feinstaub wird im Folgenden der Ansatz der Berliner Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz angewendet, welcher die nachstehende, etwas modifizierte Gliederung aufweist:

- Wirkung auf den Verkehr:
  - Wirkung auf das/die Verkehrsaufkommen/-ströme:
    - Reduzierung der Verkehrsstärke innerhalb der UWZ?
    - Verlagerung auf Straßen außerhalb der UWZ?
    - Verzicht auf Kfz-Fahrten?
  - Beeinflussung der Flottenzusammensetzung (Ersatz/Nachrüstung (mittels DPF) von Kfz):
    - aktive Flotte (auf der Straße) innerhalb und außerhalb der UWZ
    - Flottenzusammensetzung bei Zulassungen
- Wirkung auf die Luftgüte:
  - Einfluss auf die Verkehrsemissionen (i. B. der Auspuffemissionen bzgl. PM<sub>10</sub> und Dieselruß)
  - Einfluss auf die PM<sub>10</sub>-Immissionssituation (Luftqualität (Grenzwerte: TMW und JMW) an Messstandorten)<sup>332</sup>

Eine exemplarische Darstellung der derzeitigen öffentlichen Feinstaub-Diskussion (Pro-/Kontra-Ansichten der verschiedenen Akteure) des möglichen Minderungspotenzials von deutschen UWZn nach dem zuvor beschriebenen Ansatz ist in Tab. 40 ersichtlich.

<sup>332</sup> Vgl. Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz (2011), S. 2

| Wirkung der UWZ auf:            | Veränderungen bei:        | Pro-Sichtweise                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Kontra-Sichtweise                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| V<br>e<br>r<br>k<br>e<br>h<br>r | Verkehrsaufkommen/-ströme | <ul style="list-style-type: none"> <li>Berliner Senatsverwaltung: „Die Umweltzone führt nicht zu einer Verlagerung von Verkehrsströmen und produziert keine messbaren Ausweichverkehre.“<sup>333</sup>; zugrundeliegende beobachtete UWZ-Daten in Berlin (zwischen den Jahren 2007 und 2008): <ul style="list-style-type: none"> <li>Kfz-Verkehrsaufkommen (gesamt): innerhalb der UWZ: -3,9 %, außerhalb: -6,3 %</li> <li>LKW-Verkehrsaufkommen: innerhalb der UWZ: -3,4 %, außerhalb: -4,1 %</li> </ul> </li> <li>Wichmann, H.-E. et al. (2009): „Durch Umweltzonen wird der Kfz-Verkehr in dicht bebauten Innenstadtbereichen reduziert.“<sup>334</sup></li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>IDW (= Institut der deutschen Wirtschaft Köln): „[...] da ein Großteil der Feinstaubbelastung auf Reifenabrieb und Aufwirbelung zurückzuführen ist, würde nur eine extreme Verringerung des Verkehrs etwas bewirken.“<sup>335</sup></li> <li>Stadt Linz – Rubrik Presse (Online-Version): Laut den Ergebnissen einer Untersuchung der Universität Duisburg-Essen konnte bei UWZn festgestellt werden, dass sie „weniger das Verkehrsaufkommen reduzieren, sondern ein Umfahren der Sperrgebiete zur Folge haben.“<sup>336</sup> Dadurch entstehen zusätzliche Wege, die sich auf die Luftqualität (auch beim Feinstaub) v. a. am Stadtrand negativ auswirken.</li> </ul> |
|                                 | Flottenzusammensetzung    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Berliner Senatsverwaltung: <ul style="list-style-type: none"> <li>Berliner UWZ Stufe 1 (Verkehrsverbot für Kfz ohne Plakette): Kfz-Bestand mit hohem Feinstaubausstoß: PKW: -71 % und Nfz: -53 % gegenüber Trendentwicklung (Entwicklung ohne UWZ)</li> <li>Daher Anstieg bei Neuzulassungen (z. B. im Jahr 2007 (vor der UWZ-Einführung) bei den LKWs um 26 % verglichen mit dem Vorjahr</li> <li>Modernisierung Berliner Fahrzeugflotte: Wirkung im gesamtem Straßennetz</li> <li>Keine Kfz-Verlagerung von feinstaubintensiven Kfz vom UWZ-Gebiet nach außerhalb<sup>337</sup></li> </ul> </li> <li>Glocalist (Online-Tageszeitung): Erfahrungen mit deutschen UWZn seit deren Einführung haben gezeigt, dass „[...] deutlich mehr Dieselstinker mit Partikelfilter nachgerüstet bzw. saubere Autos zugelassen werden, wo Einfahrverbote drohen.“<sup>338</sup></li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>IDW: Durch die Einrichtung von UWZn lassen sich nur „einige wenige Drecksschleudern aus der City fernhalten“<sup>339</sup>; es erhalten zu viele Kfz eine Ausnahme. In Zahlen bedeutet dies: „Von derzeit bundesweit 41,2 Millionen Pkws bekommen nur knapp 600.000 Fahrzeuge überhaupt keine Plakette mehr und gerade 1,3 Millionen eine rote – der Rest genießt vorerst überall freie Fahrt.“<sup>340</sup> Bei deutschlandweiter Betrachtung der Nfz erhalten von 4,5 Millionen Fahrzeugen 400.000 keine und 700.00 ein rotes Umweltabzeichen.</li> </ul>                                                                                                             |

Tab. 40: Einschätzung verschiedener Akteure der Wirkung von deutschen UWZn auf den Verkehr und die Luftgüte (Tabellen-Beginn)

<sup>333</sup> Lutz; Rauterberg-Wulff (2009), S. 5<sup>334</sup> Cyrus et al. (2009), S. 132<sup>335</sup> IWD (2011)<sup>336</sup> Stadt Linz (2010)<sup>337</sup> Dies ist im Zuge einer videobasierten Kennzeichenerfassung an 6 Berliner Hauptverkehrsstraßen im September 2008 beobachtet worden; vgl. Lutz; Rauterberg-Wulff (2009), S. 9.<sup>338</sup> Glocalist Daily News (2009)<sup>339</sup> IWD (2011)<sup>340</sup> IWD (2011)

| Wirkung der UWZ auf (Forts.):        | Veränderungen bei (Forts.): | Pro-Sichtweise (Forts.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Kontra-Sichtweise (Forts.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| L<br>u<br>f<br>t<br>g<br>ü<br>t<br>e | Verkehrsemissionen          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Berliner Senatsverwaltung: <ul style="list-style-type: none"> <li>UWZ-Effekt: -24 % (ca. 62 t) Dieselrußpartikel-Emissionen, wobei Verteilung der relativen Minderung auf Kfz-Flotte: PKW 26 %, Infz: 39 % und LKW: 13 %; absolut höchster Beitrag der Partikelminderung: Diesel-PKW mit 28 t Partikelemissionen</li> <li>prognostizierter UWZ-Effekt der Stufe 2: -47 % bei Dieselpartikel-Emissionen</li> </ul> </li> <li>Regierung von Oberbayern: Berechnungen des LfU (= Bayerisches Landesamt für Umwelt) haben für München UWZ-Stufe 1 für die Prinzregentenstraße eine Minderung der PM<sub>10</sub>-Auspuff-Emissionen um 47 % und der Ruß-Auspuff-Emissionen um 45 % ergeben.</li> <li>VCÖ (= Verkehrsclub Österreich): Im ersten Jahr der UWZ-Implementierung in Berlin ist die PM<sub>10</sub>-Belastung um 8 % gesunken.</li> <li>Glocalist (Online-Tageszeitung): Laut DUH (= Deutsche Umwelthilfe) ist die Behauptung von Gegnern, dass die UWZ unwirksam sein, nicht haltbar, da „[...] der große Einfluss wechselnder Wetterlagen einen solchen Vergleich mit Sicherheit erst nach einigen Jahren zulässt und weil die Zahl der bisher aus den Umweltzonen verbannten Fahrzeuge noch viel zu gering ist, um einen messbaren Effekt zu ergeben.“<sup>341</sup> Eine Änderung dieses Umstandes (der Wirksamkeit von UWZ) wird infolge der Verschärfung der UWZ-Regelungen (Stufe 2) erwartet.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auto-Presse (Online-Magazin): Der Straßenverkehr ist noch einer der Hauptverursacher des gesundheitsschädlichen Feinstaubes im Jahr 2000 gewesen (29 Kilotonnen Feinstaub, damals ca. 13 % der Gesamtfeinstaubemissionen Deutschlands aus dem Auspuff), heute trifft dies nicht mehr zu (durch Fortschritte der Motorentwickler bei der Senkung der Feinstaubemissionen von Kfz). Bis zum Jahr 2020 wird der Anteil des Autoverkehrs an den Feinstaubemissionen weiter auf 3,3 % (5,7 Kilotonnen Feinstaub) auch ohne UWZ abnehmen. Wichtiger als die Feinstaubemissionen aus dem Auspuff, sind jene aus Abrieb und Aufwirbelung, welche von 18,8 Kilotonnen (im Jahr 2000) auf 22,4 Kilotonnen (2020) ansteigen sollen und mit den UWZn nicht gemindert werden können.</li> <li>Möller, D. (2007): Die UWZ-Regelung „[...] betrifft nicht einmal 7 % der derzeit 1,2 Millionen in Berlin angemeldeten Fahrzeuge [...]“, daher „[...] wird der Bruttoeffekt so klein bleiben, dass er innerhalb der Fehlergrenze von Emissionsermittlungen bleibt bzw. messtechnisch nicht nachweisbar sein wird.“<sup>342</sup></li> <li>IHK (= Niederrheinische Industrie- und Handelskammer Duisburg): Die Einschätzung seitens der IHK der mit 1. Oktober 2008 eingerichteten UWZ in Duisburg lautet wie folgt: „[...] 50 % der Feinstaubbelastung sind Hintergrundbelastung, 47 % sind der Industrie zuzuordnen, aber nur 1,5 % dem Straßenverkehr, wovon wiederum nur ein Drittel aus dem Auspuff kommt. Die Umweltzone kann deshalb bei voller Wirkung lediglich 0,5 % des in Duisburg ausgestoßenen Feinstaubes reduzieren.“<sup>343</sup></li> </ul> |

Tab. 40: Einschätzung verschiedener Akteure der Wirkung von deutschen UWZn auf den Verkehr und die Luftgüte (Tabellen-Forts.)

<sup>341</sup> Glocalist Daily News (2009)<sup>342</sup> Möller (2007), S. 4<sup>343</sup> IHK (2010), S. 1

| Wirkung der UWZ auf (Forts.): | Veränderungen bei (Forts.):            | Pro-Sichtweise (Forts.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Kontra-Sichtweise (Forts.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Luftgüte (Forts.)             | PM <sub>10</sub> -Immissions-situation | <ul style="list-style-type: none"> <li>Berliner Senatsverwaltung:               <ul style="list-style-type: none"> <li>Feinstaubbelastung an Hauptverkehrsstraßen: -3 % für PM<sub>10</sub>, entspricht 4 Tagen mit Grenzwertüberschreitungen des TMW</li> <li>Verkehrsbedingte Rußpartikelbelastung der PM<sub>2,5</sub>-Fraktion: -14 bis -16 %</li> <li>Kohlenstoffhaltige PM<sub>1,0</sub>-Partikel haben im Jahr 2008 an der Frankfurter Allee um 16 % abgenommen</li> </ul> </li> <li>Regierung von Oberbayern: Der Verursacheranteil des lokalen Straßenverkehrs trägt bis zu 45 % (Landshuter Allee) an der PM<sub>10</sub>-Belastung bei.</li> <li>BUND (= Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland): Feinstaubbelastung in Städten:               <ul style="list-style-type: none"> <li>UWZ-Stufe 1: max. -10 % der gesamten Feinstaubemissionen für Berlin, ca. -20 % für Stuttgart aufgrund höheren Anteils von Kfz-Abgasen</li> <li>Höhere UWZ-Stufe: Zusätzliches Feinstaubreduktionspotenzial</li> </ul> </li> <li>Standard (Online-Tageszeitung): Laut VCÖ ist der Feinstaub-TMW in den ersten neun Monaten im Jahre 2008 bereits in Graz an 43, in Linz und Klagenfurt an 30 und in Leibnitz an 35 Tagen von insgesamt 30 erlaubten Tagen der Grenzwertübertretung (siehe Abschnitt 2.4.1) überschritten worden; daher fordert der VCÖ die Einrichtung von UWZn wie in Deutschland.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Möller, D. (2007): „An der Überschreitung des PM-Grenzwertes ist weder der Verkehr noch eine andere Berliner PM-Quelle beteiligt; stark erhöhte Schwebstaub-Werte sind ausschließlich durch Ferntransport bedingt.“<sup>344</sup> Daher werden UWZn „[...] keinerlei Einfluss auf die PM<sub>10</sub>-Belastung sowohl an verkehrsreichen Straßen als auch im städtischen Hintergrund haben. Der Beitrag des Verkehrs an der PM-Belastung ist insgesamt sehr gering [...]“.<sup>345</sup> Nach seiner Einschätzung beträgt der Beitrag des Straßenverkehrs an der Berliner PM<sub>10</sub>-Belastung weniger als 5 %.</li> <li>Neue Zürcher Zeitung (Online-Version): Laut niedersächsischem Umweltministerium, sei es infolge der UWZ nur zu einer Minderung der Feinstaubbelastung im UWZ-Gebiet um nur 1 % gekommen. Weiters sind laut Informationen des deutschen Umweltbundesamtes trotz dem Betrieb von UWZn in den Städten München, Stuttgart,... Grenzwertüberschreitungen über das von der EU erlaubte Ausmaß von 35 Tagen aufgetreten.</li> <li>IDW: „Bislang ist kein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Feinstaubbelastung und Umweltzonen festzustellen [...]“.<sup>346</sup></li> <li>Auto-Presse (Online-Magazin): Das Problem der Überschreitungen des TMWs ist eines der Vergangenheit, da die Zahl der Überschreitungstage von 187 (im Jahre 2005), auf 176 (2006) und schlussendlich auf 81 (2007) auch ohne UWZn in Deutschland zurück gegangen ist. Damit einhergehend ist auch die Zahl der Messstandorte mit Überschreitungen des Feinstaub-TMWs in Deutschland rückläufig gewesen.</li> </ul> |

Tab. 40: Einschätzung verschiedener Akteure der Wirkung von deutschen UWZn auf den Verkehr und die Luftgüte (Tabellen-Forts.)

<sup>344</sup> Möller (2007), S. 3<sup>345</sup> Möller (2007), S. 3<sup>346</sup> IWD (2011)

| Wirkung der UWZ auf (Forts.):                                        | Veränderungen bei (Forts.):                     | Pro-Sichtweise (Forts.) | Kontra-Sichtweise (Forts.)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| L<br>u<br>f<br>t<br>g<br>ü<br>t<br>e<br><br>(F<br>o<br>r<br>t<br>s.) | PM <sub>10</sub> -Immissions-situation (Forts.) |                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim: Messdatenauswertungen von PM<sub>10</sub> zur Beurteilung der positiven Wirkung der in Hannover zur Feinstaub-Reduzierung eingerichteten UWZ weisen am Verkehrs-Hotspot Göttinger Straße (HRSV) nur eine minimale Reduzierung für den Luftschadstoff im Jahr 2008 und 2009 verglichen mit dem langjährigen Durchschnitt zwischen 2004 und 2007 auf (ca. 3 – 4 %, entspricht 1 µg/m<sup>3</sup>), welcher sich Rahmen der Unsicherheit der angewendeten Methode bzw. Messverfahrens bewegt und daher nicht signifikant ist.</li> <li>ADAC (= Allgemeiner Deutscher Automobil-Club): „Wenn selbst die Aussperrung von Fahrzeugen mit hohem Schadstoffausstoß (ohne Feinstaubplakette) keine signifikant nachweisbare Wirkung zeigt, kann auch eine Ausweitung der Fahrverbote auf Pkw mit roter oder gelber Plakette nicht zu einer ausreichenden Minderung der Schadstoffkonzentration führen.“<sup>347</sup></li> </ul> |

Tab. 40: Einschätzung verschiedener Akteure der Wirkung von deutschen UWZn auf den Verkehr und die Luftgüte (Tabellen-Ende)<sup>348</sup><sup>347</sup> Niedermeier (2009), S. 2<sup>348</sup> Vgl. Lutz; Rauterberg-Wulff (2009), S. 5, 7, 9, 11, 20, 27 und 29; Cyrys et al. (2009), S. 132; IWD (2011), Stadt Linz (2010); Glocalist Daily News (2009), Regierung von Oberbayern (2010), S. 24 und 28; VCÖ (2009), S. 3; Von Dahlen (2008), Möller (2007), S. 3 f.; IHK (2010), S. 1; BUND (2009), S. 2; Standard Online (2008), Lahrtz (2009), Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim (2010), S. 12 f. und Niedermeier (2009), S. 2

Wie in der Tab. 40 ersichtlich ist wird die Wirkung von deutschen UWZn einerseits beim Bereich Verkehr und andererseits noch kontroverser beim Bereich Luftgüte diskutiert. Relevant bei der Vergleichbarkeit von Aussagen ist der Focus der Betrachtung, dh. z. B. bei den Feinstaubimmissionen, die Bedingungen unter denen sie zu Stande kommen:

- Zeitrahmen (mehrere Jahre, einzelnes Jahr, Monat, Tag)
- Ort der Ermittlung (einzelne Messstation (bzw. deren Lage (verkehrsnahe, Stadtrand, außerhalb/innerhalb des UWZn-Gebietes und geltende Schadstoffgruppe)), Durchschnitt über alle Messstationen einer Stadt, usw.)
- betrachtete Partikelfraktion (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> oder PM<sub>1</sub>)
- betrachtete Schadstoffkomponente (gesamt, also PM oder Teilmengen wie EC oder OC)
- zugrundeliegende Verkehrsdaten (DTV, Flottenzusammensetzung, usw.)
- bauliche Aspekte (Straßenschlucht, offene Bebauung, usw.)
- meteorologische und geographische Einflüsse
- usw.

Im Allgemeinen (siehe Beispiele in Tab. 40) sind Vertreter der Bereiche Politik und Umwelt eher Befürworter und jene der Bereiche Automobilindustrie und Autofahrerclubs bzw. Wirtschaft i. A. tendenziell Gegner von deutschen UWZn. Derzeit gibt es erst vereinzelt Untersuchungen über die Wirksamkeit von deutschen UWZn. Die ADAC-Untersuchung (siehe Tab. 40), welche eine ablehnende Haltung gegenüber deutschen UWZn aufweist, wird von Seiten des BUND kritisiert, u. a., dass sie keine Transparenz bei der Auswahl der Städte und der Messstandorte aufweist, teilweise Messwerte von mehreren Städten nicht nachvollziehbar akkumuliert werden, der zeitliche Betrachtungsrahmen für Feinstaub den feinstaubintensiven Winter nicht ausreichend berücksichtigt, meteorologische Schwankungen nicht rechnerisch eliminiert werden, usw.<sup>349</sup> Weiters werden dem Sachverständigengutachten für den ADAC von Möller, D. (2007, siehe Tab. 40) von Helmers, E. (2008b) finanzielle Interessen beim Studiendesign (fehlender Hinweis bzgl. der gesundheitlichen Relevanz bzw. deren Differenzierung (bei der Feinstaub-Bestandteils-Analyse) von Dieselrußpartikeln) nahegelegt; nämlich wie folgt *„eine rustikale Haltung gegenüber gesundheitlichen Folgen von Umweltbelastungen sehr lukrativ sein kann.“*<sup>350</sup> Daneben hat Brandenburgs Umweltminister Woidke, D. (2008) das Gutachten von Möller, D. (2007) als *„nicht nachvollziehbar“*<sup>351</sup> und *„alle wissenschaftlichen Erkenntnisse über die gesundheitsschädlichen Auswirkungen von Feinstaub“*<sup>352</sup> negierend genannt. Worauf Möller, D. (2008b) Stellung bezogen hat, dass es eine Gegenargumentation<sup>353</sup> zu seinem Gutachten von befreundeten wissenschaftlichen Kollegen gibt, welche *„eine etwas andere Sichtweise aufgreift, die aber mit keinem Fakt die Grundaussage des Gutachtens [...] in Frage stellt [...]“*<sup>354</sup> und das Vorgehen der Kritik-Übung bzgl. seiner Person als Diffamierung bezeichnet. Laut Aussage des BUND (4.11.2009) ist lediglich die Helmholtz-Studie für die Stadt

<sup>349</sup> Vgl. BUND (2009), S. 1

<sup>350</sup> Helmers (2008b), S. 159

<sup>351</sup> dpa (2008)

<sup>352</sup> dpa (2008)

<sup>353</sup> Einsehbar unter Möller (2008b)

<sup>354</sup> Möller (2008c)

München, welche eine befürwortende Position bzgl. der Wirksamkeit von deutschen UWZn einnimmt, wissenschaftlich fundiert.<sup>355</sup>

Da aktuell die Einschätzung der Wirksamkeit von deutschen UWZn bzgl. der Wirkungen auf den Verkehr und die Luftgüte noch nicht ausreichend geklärt (sehr unterschiedlich von den verschiedenen Akteuren beurteilt wird; siehe Tab. 40) ist, wird im folgenden Kapitel aufgezeigt, welche Faktoren bei einer quantitativen Abschätzung des möglichen Feinstaub-(Minderungs-)Beitrags für die Stadt Wien (i. B. einem Vorschlag für ein mögliches Vorgehen bei der Berechnung der voraussichtlichen Kfz-Feinstaubemissionen an der Taborstraße) zu berücksichtigen sind.

---

<sup>355</sup> Vgl. BUND (2009), S. 2

## 5 Quantitative Aspekte des möglichen Feinstaub-(Minderungs-)Beitrags von Umweltzonen am Beispiel Wien

### 5.1 Feinstaubsituation in Wien

#### 5.1.1 Emittenten und Herkunft des Wiener Feinstaubs

Im Allgemeinen weist die Stadt Wien bedingt durch ihre geografischen und klimatischen Voraussetzungen, geringem Anteil an Industriebetrieben mit hohen Schadstoffemissionen, usw. sehr günstige Rahmenbedingungen bzgl. einer guten Luftqualität auf. Dennoch haben in der Vergangenheit Feinstaubemissionen eine Beeinflussung der Qualität der Wiener Luft bewirkt.<sup>356</sup>

Nach Erkenntnissen des Wiener Umweltberichtes veröffentlicht von der MA 22 (= Magistratsabteilung für Natur- und Umweltschutz der Stadt Wien) im Jahre 2006/2007 ist die hauptsächliche Feinstaub-Quelle der Straßenverkehr (z. B. Auspuffabgase, Abriebe von Reifen-, Bremsen und Straße oder Aufwirbelung von Straßenstaub) in Wien; wobei daran u.a. der Anstieg von drei Faktoren<sup>357</sup> (Verkehrsleistung, Kfz-Bestand und Diesel-PKW-Anteil bzw. allgemein sehr hoher Diesel-LKW-Anteil) maßgebend daran beteiligt gewesen sind.<sup>358</sup>

Wie in anderen österreichischen Kommunen ist ebenfalls in Wien beim Personenverkehr der MIV (= motorisierte Individualverkehr) mit 53% (MIV-Lenker und –Mitfahrer) im Jahre 2005 das dominierende Verkehrsmittel gewesen. Diese Vorherrschaft lässt sich auch in der Entwicklung der Verkehrsleistung (PKW-Personenkilometer), welche von 32,9 Mrd. (1970) auf 82,149 Mrd. (2004) in Österreich gestiegen ist und im Kfz-Bestand, von 1971 bis 2005 hat sich der PKW-Kombi-Bestand von 345.000 auf 656.000 in Wien erhöht und damit fast verdoppelt, beobachten.<sup>359</sup> Daneben hat sich die Antriebsart von benzin- zu dieselbetriebenen PKWs österreichweit verlagert (31.10.1960: Diesel-PKW-Anteil: 2,5 %, Benzin-PKW-Anteil: 97,5 %; 31.12.2008: Diesel-PKW-Anteil: 54,2 % und Benzin-PKW-Anteil: 45,7 %). In Wien gibt es mittlerweile (PKW-Bestand am 31.12.2008) mit 333.477 Diesel-PKWs mehr Fahrzeuge gegenüber 322.707 Benzin-PKWs.<sup>360</sup>

Nicht nur im Personenverkehr, sondern ebenso im Güterverkehr ist es zu einem Anstieg der Verkehrsleistung in Österreich gekommen. Vergleicht man beispielsweise die Transportleistung im Inland (in 1.000 TKM (= Tonnenkilometer)) lässt sich eine Zunahme um ca. 18,6 % vom Jahr 2004 von 11.771.467 zu 13.965.331 im Jahr 2008 beobachten. Im gleichen Zeitraum ist der LKW-Bestand der Klasse N<sup>361</sup> in Österreich von 332.976 im Jahr

---

<sup>356</sup> Vgl. MA 22 (2006), S. 60

<sup>357</sup> Eine Veränderung anderer Faktoren (z. B. Wirtschaftswachstum, Demographie, Globalisierung oder Zersiedelung), die ebenfalls einen entscheidenden Einfluss auf die Verkehrsentwicklung i. A. hat, wird in dieser Arbeit als gegeben angenommen.

<sup>358</sup> Vgl. Kaminski (2006), S. 89 und UBA Österreich (2001), S. 456

<sup>359</sup> Vgl. BMVIT (2007), S. 77

<sup>360</sup> Vgl. Statistik Austria (2009a), Tabelle 2 und 3

<sup>361</sup> Die Klasse N für LKW unterteilt sich in die Klassen N1 (< 3500 kg Höchstmasse), N2 (3.500 kg < Höchstmasse < 12.000 kg) und N3 (> 12.000 kg Höchstmasse); vgl. EU (2008c), Punkt 3.2

2004 auf 362.990 im Jahr 2008 in etwa um 9 % gestiegen; wobei ein sehr hoher Diesel-LKW-Anteil in Österreich vorherrscht.<sup>362</sup> Von 338.888 LKWs (Klasse N1 bis N3) sind lediglich 15.881 Benzin-LKWs (Stand: 31.12.2005) vertreten, der restliche weit überwiegender Anteil, nämlich 95,3 % der LKWs in Österreich sind dieselmotortrieben.

Neben dem Straßenverkehr tragen zusätzlich zur Feinstaubbelastung Emissionen u. a. aus Gewerbe und Industrie bei.<sup>363</sup> Diese Einschätzung wird auch vom Umweltbundesamt in einem Bericht von 2002/2003 (basierend auf Untersuchungen von ARC systems research GmbH<sup>364</sup> im Auftrag der MA 22) vertreten. Danach entfallen bei Betrachtung der Quellgruppen im Emissionskataster<sup>365</sup> mehr als 60% (im Jahre 2000 sind es 64% gewesen, dh. 535 t von insgesamt 831 t) des PM<sub>10</sub>-Ausstoßes auf den Straßenverkehr, wobei davon in etwa je die Hälfte auf Abgasemissionen und Nicht-Abgasemissionen verteilt sind. Die Abgasemissionen sind ungefähr zu gleichen Teilen von PKW- und LKW-Verkehr verursacht worden. Auf den sonstigen Verkehr (v. a. mobile Industriegeräte (überwiegend Baumaschinen: 52%), Bahnverkehr: 22%, Schifffahrt: 16%, Land- und Forstwirtschaft: 7% und Rest: 3%) entfallen ungefähr 11% der PM<sub>10</sub>-Emissionen (im Jahr 2000 sind es 12%, dh. 97 t PM<sub>10</sub> gewesen). Allerdings ist die Bewertung der Feinstaubemissionen auf Basis des Umweltbundesamtes laut deren Einschätzungen mit gewissen Unsicherheiten behaftet, da keine diffusen Feinstaubemissionen der Bauwirtschaft sowie aus dem Schüttgutumschlag bei Industrie und Gewerbe und keine natürlichen PM<sub>10</sub>-Emissionen berücksichtigt werden.<sup>366</sup>

Aufgrund des Umstandes, dass das Emissionskataster der Stadt Wien beim Luftschadstoff Feinstaub (v. a. bei den primären Feinstaubemissionen) keine genaue Zuordnung zu den Verursacherquellen zulässt, ist beim Projekt Aquella Wien ein eigenes Aerosolquellen-Modell, das sogenannte Macrotracer-Modell (basierend auf dem CMB (= Chemisches Massenbilanzmodells)) entwickelt und angewendet worden, um bessere Erkenntnisse bei den Quellenbeiträgen des Feinstaubes zu gewinnen. Laut Beobachtungen aus dem Jahre 2004 hat Aquella herausgefunden, dass die Feinstaubemissionen des Kfz-Verkehrs 11% (davon 8% motorbedingte und 3% nicht motorbedingte) an der verkehrsexponierten Messstelle Rinnböckstraße und im Urban Impact sogar 15% (hiervon 11% motorbedingte und 4% nicht motorbedingte) ausmachen (siehe Tab. 41); wobei die motorbedingten Feinstaubemissionen in etwa jeweils zur Hälfte auf PKW und Liefer-/Lastfahrzeuge aufgeteilt sind. Unter dem Begriff Urban Impact wird an dieser Stelle der Stadteinfluss auf die Feinstaubbelastung verstanden, welcher durch Differenzbildung zwischen der verkehrsexponierten Messstelle Rinnböckstraße und der urbanen Hintergrund-Messstelle Schafberg gebildet wird (Quellenanteile der Messstelle Schafberg (regionale Vorbelastung) wirken sich dabei zu 65% auf die PM<sub>10</sub>-Partikel-Zusammensetzung der Messstelle Rinnböckstraße aus, dh. die restlichen 35%

<sup>362</sup> Vgl. Statistik Austria (2005a), S. 9; Statistik Austria (2009b), S. 9; Statistik Austria (2005b), S. 1; Statistik Austria (2009a) Tabelle 1 und BMVIT (2007), S. 74

<sup>363</sup> Vgl. MA 22 (2006), S. 61

<sup>364</sup> Die ARC systems research GmbH ist eine 100 %ige Tochter der Austrian Research Centers GmbH.

<sup>365</sup> Die Verkehrsemissionen des Wr. Emissionskatasters stellen eher einen unteren Grenzwert der tatsächlichen Verkehrsemissionen in Wien, da die Berechnungen auf durchschnittlichen Fahrgeschwindigkeiten und nicht auf vorherrschenden Fahrsituationen durchgeführt worden sind; vgl. UBA Österreich (2004), S. 52.

<sup>366</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 8 f.

entfallen auf lokale Belastung)<sup>367</sup>. Eine relativ hohe Vorbelastung hat zur Folge, dass lediglich ein geringes Inkrement für die Zusatzbelastung (die lokalen Emissionen) bei der Einhaltung des Feinstaub-Grenzwertes verbleibt.<sup>368</sup> Neben den motor- und nicht motorbedingten Feinstaubemissionen kann der Verkehr auch indirekt durch Aufwirbelung von Mineralstaub (Entstehung v. a. durch Abrieb von Splitt) und Streusalz (genaue Werte siehe Tab. 41) zur Feinstaubbelastung beitragen.

| Quellengruppe                                   | Rinnböckstraße<br>(in %) | Schafberg<br>(in %) | Urban Impact<br>(in %) |
|-------------------------------------------------|--------------------------|---------------------|------------------------|
| Sulfat, Nitrat, Ammonium (sekundär anorganisch) | 34                       | 45                  | 11                     |
| Mineralstaub durch Winterbedingungen            | 20                       | 13                  | 34                     |
| Streusalz                                       | 2                        | 1                   | 6                      |
| Holzrauch und organisch sekundär                | 13                       | 16                  | 7                      |
| sonstige organische Anteile                     | 8                        | 7                   | 10                     |
| Verkehr und andere fossile Quellen:             | 13                       | 10                  | 18                     |
| • Kfz-Abgas (v. a. Dieselruß)                   | 8                        | 6                   | 11                     |
| • Abrieb (v. a. Brems-, Reifenabrieb)           | 3                        | 2                   | 4                      |
| • Abgas sonstiger Quellen                       | 2                        | 2                   | 3                      |
| nicht erklärt                                   | 9                        | 7                   | 14                     |

**Tab. 41: Relative PM<sub>10</sub>-Anteile (%) von Quellen an Überschreitungstagen an den Messstellen Rinnböckstraße, Schafberg und im Urban Impact (Mittel über 2004)<sup>369</sup>**

Generell lässt sich der Feinstaub-Beitrag an städtischen (Mess-)Standorten bzgl. seiner Herkunft nach unterschiedlichen räumlichen Skalen aufschlüsseln:

- Ferntransport: mehrere 100 km
- regionale Hintergrundbelastung: mehrere 10 bis mehrere 100 km um Wien
- urbane Hintergrundbelastung: Gesamtemissionen der Stadt Wien und an Wien angrenzende, emissionsstarke niederösterreichische Gemeinden und
- lokale Emissionen: Belastungsschwerpunkte im Nahbereich starker Quellen,

wobei das/die jeweils übergeordnete(n) räumlichen Gebiete einen Einfluss hinsichtlich der Feinstaubbelastung auf das/die untergeordnete(n) ausübt/ausüben.<sup>370</sup>

Eine quantitative Beurteilung der Herkunft des PM<sub>10</sub>-Beitrags für den städtischen Hintergrund in Wien vom Umweltbundesamt für den Zeitraum Juni 1999 bis März 2004 ist in Tab. 42 bzw. deren graphische Aufbereitung (der Prozentangaben von PM<sub>10</sub> (gesamt)) in Abb. 14 angeführt. In dieser Arbeit sind, wie schon früher bemerkt, PM<sub>10</sub> (gesamt) bzw. die primären Partikel relevant.

<sup>367</sup> Diese Werte unterliegen jahreszeitlichen Schwankungen. Beispielweise variiert die Hintergrundbelastung während der Überschreitungsepisoden (in den Monaten Oktober bis April) zwischen 63% und 79%, das bedeutet, dass der lokale Anteil in etwa zwischen 20% und 40% beträgt; vgl. Bauer et al. (2006), S. 75.

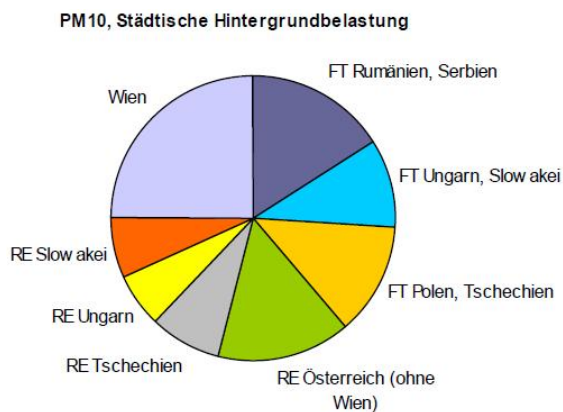
<sup>368</sup> Vgl. Bauer et al. (2006), S. 6 f., 66, 68, 106 und 111

<sup>369</sup> Vgl. Bauer et al. (2006), S. 68

<sup>370</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 207 und 235

| räumliche Skala der Herkunftszuordnung                                          | Quellregion                           | PM <sub>10</sub> (gesamt) | primäre Partikel | Ammonium-sulfat | Ammonium-nitrat |
|---------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Ferntransport (39%)</b>                                                      | Serbien und Rumänien                  | 16%                       | 8%               | 6%              | 2%              |
|                                                                                 | Ungarn und Slowakei                   | 10%                       | 5%               | 3%              | 2%              |
|                                                                                 | Tschechien und Polen                  | 13%                       | 6%               | 4%              | 3%              |
| <b>regionale Schadstoffanreicherung (36%)</b>                                   | Österreich (ohne Ballungsgebiet Wien) | 15%                       | 9%               | 2%              | 4%              |
|                                                                                 | Tschechien                            | 8%                        | 5%               | 1%              | 2%              |
|                                                                                 | Ungarn                                | 6%                        | 2%               | 3%              | 1%              |
|                                                                                 | Slowakei                              | 7%                        | 4%               | 2%              | 1%              |
| <b>Ballungsgebiet Wien (inkl. Beitrag zu regionaler Schadstoffanreicherung)</b> |                                       | 25%                       | 14%              | 5%              | 6%              |
| <b>insgesamt</b>                                                                |                                       | 100%                      | 53%              | 26%             | 21%             |

**Tab. 42: PM<sub>10</sub>-Beiträge (gesamt, primär und sekundär (Ammoniumsulfat/-nitrat)) von unterschiedlichen Quellregionen an der städtischen Hintergrundbelastung (TMW  $\geq 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in Wien (in Prozent), Juni 1999 – März 2004<sup>371</sup>**



**Abb. 14: Anteile unterschiedlicher Quellregionen an der städtischen Hintergrundbelastung in Wien (basierend auf Prozentangaben für PM<sub>10</sub> (gesamt) aus Tab. 42; FT = Ferntransport und RE = regionale Emissionen)<sup>372</sup>**

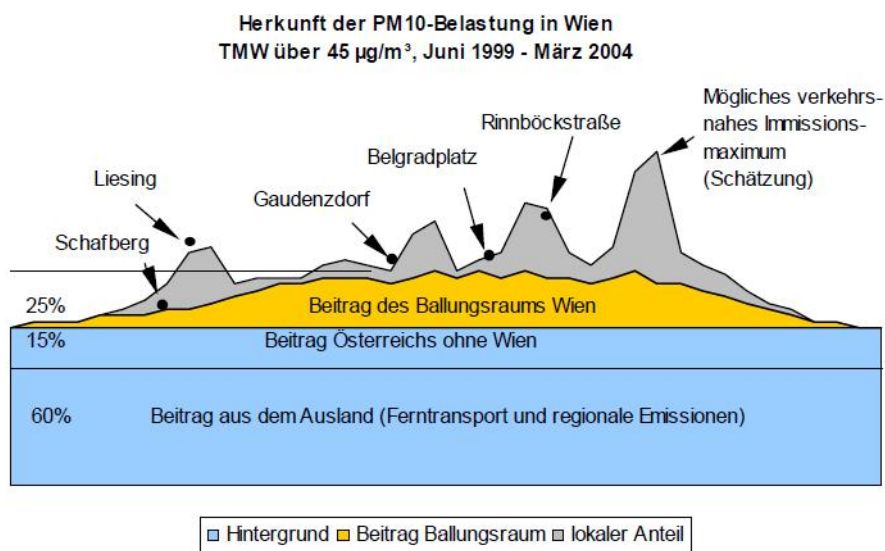
Wie aus Tab. 42 hervorgeht, sind etwas mehr als die Hälfte, nämlich 53 % der PM<sub>10</sub>-Belastung in Wien (bei Betrachtung des städtischen Hintergrundes) primärer Herkunft; die restlichen 47% sekundärer (Bildung sekundärer Partikel aus den Vorläufersubstanzen SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> und NH<sub>3</sub>).

<sup>371</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 14. Die Angabe von konkreten Zahlenwerten für die unterschiedlichen Beitragsarten dienen lediglich als Richtwerte, da sie auf ungenügenden PM<sub>10</sub>-Messreihen bzw. Analysemethoden basieren. Weiters unterliegen sie je nach Wetterkonstellation (Südost- gegenüber Nordwestwetterlagen) jährlichen Schwankungen; vgl. UBA Österreich (2004), S. 14 f..

<sup>372</sup> UBA Österreich (2004), S. 14

### 5.1.2 Feinstaubbelastung an Wiener Messstandorten und aufgetretene Grenzwertüberschreitungen

Eine graphische Aufbereitung der verschiedenen Beiträge aus Tab. 42 zur  $PM_{10}$ -Belastung an Messstandorten ist in Abb. 15 schematisch dargestellt. Relevant bei der Ausweisung von UWZn sind v. a. lokale Feinstaubemissionen, welche zur allgemeinen Feinstaubbelastung von Wien dazukommen; wobei bei einer großflächig implementierten UWZ (z. B. Ausdehnung über mehrere Bezirksteile) ein Feinstaub-Beitrag hinreichend über die lokalen Emissionen auf der Ebene des gesamten Stadtgebiets Wiens vorstellbar ist.<sup>373</sup> Im Gegensatz, zum eingangs angeführten, Aquella-Projekt, welches von 35% lokalen Feinstaubemissionen an der Messstelle Rinnböckstraße ausgeht, schätzt das Umweltbundesamt den lokalen Beitrag an diesem Standort nur mit 20% ein. Hingegen geht das UBA an der Spittelauer Lände von ungefähr 35% lokalen Feinstaubemissionen aus; insgesamt bedeutet dies einen Beitrag Wiens zur  $PM_{10}$ -Belastung an Belastungsschwerpunkte (Wiener Beitrag von ca. 25 % ist in Abb. 15 sichtbar) von ca. 40 bis 55% (unter Berücksichtigung der Einschätzung des Aquella-Projekt, dass der lokale Anteil an einer verkehrsexponierten Stelle bis zu 40% (siehe ebenso Abb. 15, mögliches verkehrsnahes Immissionsmaximum) der gesamten Feinstaubbelastung ausmachen kann, ist daher auch ein höherer Beitrag möglich). Weiters ist in der Abb. 15 ersichtlich, dass bei einem TMW über  $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (nahe dem Immissionsgrenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) im Beobachtungszeitraum Juni 1999 – März 2004 bei Betrachtung der Herkunft der  $PM_{10}$ -Belastung in Wien die restlichen Anteile mit ca. 60 % aus dem Ausland (40 % Ferntransport und 20 % regionale Emissionen aus den Nachbarstaaten) und 15 % aus Österreich (ohne Wien, dh. hauptsächlich aus Niederösterreich) ausfallen. Wie im vorigen Abschnitt bereits erwähnt, bleibt somit für die lokalen Feinstaubemissionen, i. B. an verkehrsexponierten Straßen, nur noch ein geringes Inkrement übrig den Grenzwert einzuhalten.<sup>374</sup>



**Abb. 15: Schematische Darstellung der verschiedenen Beiträge zur  $PM_{10}$ -Belastung in Wien**<sup>375</sup>

<sup>373</sup> Vgl. VCS (2011), Kapitel: Nutzen und Kosten von Umweltzonen

<sup>374</sup> Vgl. Bauer et al. (2006), S. 75 und UBA Österreich (2004), S. 15

<sup>375</sup> UBA Österreich (2004), S. 15

Beim Anblick der gesamten PM<sub>10</sub>-Belastung an verschiedenen Messstandorten in Wien sind primär Grenzwertüberschreitungen des TMW (Ausnahme: z. B. Rinnböckstraße 2003) überwiegend an verkehrsexponierten Standorten bzw. zum Teil an Standorten des äußeren Stadtgebiets (siehe Tab. 14) aufgetreten (siehe Tab. 43); wobei die beobachteten TMW im Jahr 2003 (i. B. Februar und März) aufgrund sehr ungünstiger Ausbreitungsbedingungen, öfters als im Jahre 2009, das Grenzwertkriterium für den PM<sub>10</sub>-TMW überschritten haben.<sup>376</sup>

| Beobachtungsjahr | Messstelle     | TMW-Überschreitungen<br>(> 50 µg/m <sup>3</sup> ) | max. TMW<br>(µg/m <sup>3</sup> ) | JMW<br>(µg/m <sup>3</sup> ) |
|------------------|----------------|---------------------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| 2003             | Belgradplatz   | 65                                                | 183                              | 35                          |
|                  | Gaudenzdorf    | 58                                                | 148                              | 33                          |
|                  | Liesing        | 66                                                | 174                              | 38                          |
|                  | Rinnböckstraße | 95                                                | 187                              | 43                          |
|                  | Schafbergbad   | 40                                                | 118                              | 26                          |
| 2009             | Rinnböckstraße | 40                                                | 119                              | max.30                      |
|                  | Taborstraße    | 36                                                | 108                              | max.30                      |
|                  | Liesing        | 36                                                | 128                              | max.30                      |

**Tab. 43: PM<sub>10</sub>-Grenzwertüberschreitungen an Messstandorten in den Beobachtungsjahren 2003 und 2009 in Wien<sup>377</sup>**

Jeder PM<sub>10</sub>-TMW-Grenzwertüberschreitungstag könnte neben den bereits erwähnten möglichen negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt (siehe Abschnitt 2.3), bei einer Überschreitung der Anzahl zulässiger Überschreitungstage (siehe Abschnitt 2.4.1) zu Strafzahlungen der Republik Österreich an die EU von bis zu 400.000 €/Tag führen und in weiterer Folge auf das jeweilige Verursacherbundesland überwältzt werden.<sup>378</sup>

<sup>376</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 23, 230 und Augustyn et al. (2010)

<sup>377</sup> Vgl. UBA Österreich (2004), S. 23 und Augustyn et al. (2010), S. 4

<sup>378</sup> Vgl. Die Grünen Graz (2011) und steiermark.ORF.at (2010)

## 5.2 Vorschlag für ein mögliches Vorgehen bei der Quantifizierung der voraussichtlichen Kfz-Feinstaubemissionen mittels HBEFA 3.1 und des Emissionsfaktorenansatzes nach Gehrig nach Ausweisung einer Umweltzone an der Wiener Taborstraße

In diesem Abschnitt wird ein Vorschlag für ein mögliches Vorgehen bei der Quantifizierung der voraussichtlichen Kfz-Feinstaubemissionen mittels HBEFA 3.1 und des Emissionsfaktorenansatzes nach Gehrig nach Ausweisung einer UWZ am Standort Taborstraße skizziert. Dabei werden die notwendigen Rahmenbedingungen und das Vorgehen lediglich im Überblick ausgeführt, da eine konkrete, detaillierte Berechnung der UWZ (inkl. der 3 Implementierungsstufen: rot, gelb und grün) den Rahmen dieser Arbeit „sprengen“ würde.

Die Wahl des Standortes Taborstraße ist aufgrund folgender Gegebenheiten getroffen worden:

- Überschreitungen des PM<sub>10</sub>-Grenzwertes in der Vergangenheit (siehe Tab. 43) über das von der EU erlaubte Ausmaß von 35 Tagen bzw. 30 Tagen nach österreichischer Gesetzgebung (siehe jeweils Abschnitt 2.4.1)
- Standort im innerstädtischen Bereich: Schutz der Gesundheit der Menschen (Wohnbevölkerung) vor möglichen Gefahren aufgrund erhöhter Feinstaubwerte (siehe Abschnitt 2.3.1) ist relevant
- Verkehrsexponierter Standort:
  - Hohes Verkehrsaufkommen repräsentativ für andere Hauptverkehrsstraßen im innerstädtischen Bereich
  - Im Gegensatz zum Standort Rinnböckstraße (räumliche Lage: in der Nähe der A4 und A23) keine Autobahnnähe bzw. zum Standort Liesing (Industriegebiet) kein wesentlich erhöhter Schwerverkehrsanteil bedingt durch Lieferverkehr (Speditionen), welche/r jeweils zu einer Verfälschung der lokalen, straßenbezogenen Feinstaubemissionen führen könnte

Bei einer Kfz-Feinstaub-Emissionsmodellierung mittels des HBEFA 3.1 müssten die nachstehend angeführten Prämissen für den Standort Taborstraße einbezogen werden:

- Keine Berücksichtigung der meteorologischen Situation
- Einbeziehung von UWZn-bezogener Gestaltungsfaktoren (siehe Abschnitt 4.1 und Abschnitt 4.2) wie folgt:
  - Räumlicher Geltungsbereich: Taborstraße
  - Zeitlicher Geltungsbereich: permanent
  - Auswahl einer Verkehrssituation aus dem HBEFA 3.1, welche der real beobachteten Verkehrssituation der Taborstraße möglichst ähnlich ist (Erhebung der Straßencharakteristika (z. B. Geschwindigkeit oder Auswirkungen von geregelten Kreuzungen und öffentlichen Verkehrsmitteln auf den Verkehrsfluss) durch Lokalaugenschein), zur Generierung der EFn (der jeweiligen Fahrzeugkategorie)
  - Euro-Normen:

- Verteilung der Kfz-Flotte an der Taborstraße nach HBEFA 3.1 (österreichische Kfz-Flotte)
- Kfz-Flotte muss Kriterien der deutschen Kennzeichnungsverordnung (siehe Tab. 38) einhalten
  - Anteilmäßige Berücksichtigung von ausgenommenen Kfz (nach deutschem UWZ-Regulativ) und ausländischen Kfz
- Befolgungsgrad der Maßnahme: 100 %
- Alle Kfz durchfahren die Taborstraße auf ihrer gesamten Länge, dh. es wird lediglich der Durchfahrtsverkehr beachtet (z. B. kein Fahrtantritt von parkenden Kfz mit erhöhten Kaltstartemissionen)
- Keine Berücksichtigung von Klimaanlage (möglicher gesteigerter Kraftstoffverbrauch) und umweltfreundlichen Kraftstoffen (mögliche geringere Feinstaubemissionen gegenüber konventionellen Kraftstoffen, siehe dazu jeweils Abschnitt 3.1.2.1)

Alle zuvor angeführten Prämissen werden auf den DTV (Erhebung für Betrachtungsjahr) angewendet, welcher für jeden Tag (Werktag sowie Tag am Wochenende) als konstant angenommen wird. Dabei wird der Kfz-Bestand für Wien des Vorjahres des Berechnungsjahres zugrundegelegt (laut Statistik Austria) und nach den für österreichische Verhältnisse im HBEFA 3.1 vorliegenden Fahrleistungsanteilen für die jeweiligen Kfz-Kategorien (innerhalb derer für die jeweiligen Euro-Normen) gewichtet. Die daraus erhaltene Aufschlüsselung der Anzahl der Kfz nach Euro-Normen ist mit den im HBEFA 3.1 angeführten EFn zu multiplizieren und auf die Länge der Taborstraße umzulegen. Der aus diesen Berechnungen resultierende prototypische Tag der Kfz-Feinstaubemissionen auf der Taborstraße ohne implementierte UWZ ist auf das gesamte Jahr hochzurechnen.

Im Anschluss kann eine Abschätzung für die Kfz-Feinstaubemissionen auf der Taborstraße, jeweils für eine Einführung der UMW-Stufen (rot, grün oder gelb) erfolgen, wobei zur Prognose des größtmöglich zu erwartenden UWZ-induzierten Reduzierungseffekts zugrundegelegt werden kann, dass alle UWZ-inkonformen Kfz der UWZ fernbleiben (DTV sinkt um diese Anzahl an Kfz). Ein durchschnittliches Szenario (Feinstaub-Reduktionseffekt wird zwischen ohne UWZ (gleichbleibender DTV) und Abnahme des DTV um UWZ-inkonforme-Kfz erwartet) wäre ein jenes, welches das Umstiegsverhalten der Kfz-Lenker auf UWZ-konforme Kfz nach Berliner Erfahrungen<sup>379</sup> berücksichtigt. Abschließend können die Kfz-Feinstaubemissions-Verhältnisse vor/nach Einführung der jeweiligen UWZ-Stufe gegenübergestellt werden und die prozentuelle Kfz-Feinstaubemissions-Veränderung abgeleitet werden.<sup>380</sup>

Zur Abschätzung des Gesamt-Feinstaub-Reduktionspotenzials der Umweltzone müssten nicht nur die motorbedingten Feinstaubemissionen mittels des HBEFA 3.1 quantifiziert werden, sondern auch die nicht motorbedingten Feinstaubemissionen mittels des EF-Ansatzes

---

<sup>379</sup> Dieses Vorgehen, Einbeziehung der Berliner Erfahrungen, vgl. Lutz; Rauterberg-Wulff (2009), S. 7-9, ist z. B. von der TU Graz bei der Analyse der Grazer UWZ gewählt worden; vgl. Rexeis et al. (2009), S. 16-18.

<sup>380</sup> Ähnliche Überlegungen über den möglichen UWZ-Reduzierungseffekt sind vom Ingenieurbüro Rau in Deutschland für die Stadt Mühlacker angestellt worden; vgl. Ingenieurbüro Rau (2006), S. 15-17

nach Gehrig (nach Auswahl der EF<sub>n</sub>, welche mit jenen der vorher im HBEFA 3.1 ausgesuchten übereinstimmen;<sup>381</sup> siehe Abschnitt 3.1.2.2).

Generell lässt sich bei der vorher beschriebenen, vorgeschlagenen Kfz-Feinstaub-Emissionsmodellierung festhalten, dass die berechneten Werte von zukünftig in der Realität gemessenen (z. B. Erhebung via Messstelle an der Taborstraße) abweichen können; dies kann aus Abweichungen bzw. Schwankungen der Rahmenbedingungen (Verkehrssituation, Flottenzusammensetzung,...) sowie Schwächen des Modells an sich resultieren.

---

<sup>381</sup> Vgl. Düring et al. (2004), S. 149

## 6 Conclusio

### 6.1 Zusammenfassung

Im Zuge der Erstellung dieser Arbeit hat sich gezeigt, dass beim Feinstaub v. a. die UFP aufgrund ihrer geringen Größe (hohen Eindringtiefe in den menschlichen Organismus, lange Verweildauer und weite Transportdistanz in der Atmosphäre), ihrer großen Anzahl (über 90 % des Feinstaubes) und ihrer damit einhergehenden großen Oberfläche, ihrer Eigenschaft andere schädliche Stoffe (z. B. Schwermetalle, PAK oder Dioxine) anheften zu lassen, als besonders gefährlich für die menschliche Gesundheit (Begünstigung bei der Entstehung von Allergien, Asthma, COPD, Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Krebs) eingestuft werden. Die derzeitige Messung vom Feinstaub-Gewicht wird von Experten nicht als sinnvoll erachtet, da deren Masse nur einen geringen Teil bei den  $PM_{10}$ -Grenzwerten ausmacht; besser wäre eine Partikel-Anzahl-Messung (Berücksichtigung z. B. bei Euro 5/6-PKW bzw. im neuen HBEFA 3.1) bzw. zumindest bei der Messung der Feinstaubimmissionen die Fraktion  $PM_{2,5}$  bzw.  $PM_1$  als Referenz heranzuziehen, da laut zurzeit herrschender wissenschaftlicher Meinung 100 % der motorbedingten Emissionen aus Partikeln kleiner 1  $\mu m$  bestehen.

In den letzten Jahren hat sich herausgestellt, dass für Feinstaub keine gesundheitlich unschädliche Konzentration in der Außenluft existiert (kein unterer Schwellenwert), sondern eine lineare Dosis-Wirkungs-Funktion, dh. Feinstaubreduzierungsmaßnahmen sind unterhalb von Grenzwerten mindestens so effektiv wie darüber. Beispielsweise haben Berechnungen des UBA (2003/2004) für die  $PM_{2,5}$ -Belastung der Außenluft (im Vergleich zu einem Referenzniveau von 8  $\mu g/m^3$ ) eine Verkürzung der durchschnittlichen Lebenserwartung einer in Wien lebenden Person um 12 Monate ergeben. Für europäische Großstädte wird von marginalen Schadenskosten je Tonne Feinstaubpartikel  $PM_{10}$  zwischen 69.766 € und 649.663 € bzw. in Berlin pro Diesel-PKW zwischen 0,37-1,75 Cent/km und Otto-Motor-PKW zwischen 0,14-0,33 Cent/km ausgegangen.

Weiters wird der Dieselruß als kanzerogen eingeschätzt, welcher bei den Kfz-Emissionen hauptsächlich von den Diesel-Kfz (geringer Teil bei Benzin-Kfz mit Direkteinspritzung) stammt. Derzeitige DPF haben einen Wirkungsgrad größer als 99,9 % bei der Eliminierung von Diesel-Partikel.

Die UWZ ist zurzeit das einzige kommunale, verkehrspolitische Instrument, welches direkt, technisch (mittels DPF) durch den Ausschluss von feinstaubreichen Kfz (laut Informationen der Stadt Wien verursachen 5 % der PKW und LKW mehr als 50 % der Kfz-Emissionen) bei der Reduzierung der primären Kfz-Partikelemissionen ansetzt. Als zusätzliche Vorteile von UWZn gegenüber anderen Instrumenten (Parkraummanagement, Tempolimit, Straßenreinigung, usw.) sei festzuhalten, dass sie nicht nur lokal, sondern netzweit wirken sollen bzw. wohlfahrtstheoretisch (Anreiz zur Anschaffung feinstaubarmer Kfz) besser als undifferenzierte Fahrverbote angesehen werden.

Bei der Analyse von europäischen UWZn im Rahmen dieser Arbeit sind die angetroffenen Ausprägungsvarianten der Gestaltungsfaktoren wie folgt qualitativ nach ihrem möglichen Effekt auf die Feinstaubreduzierung klassifiziert (schwach, mittel und stark) worden.

| UWZn-bezogener Gestaltungsfaktor                  | möglicher Effekt der Feinstaubreduzierung                                           |                                                                                |                                                                                      |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                   | schwach                                                                             | mittel                                                                         | stark                                                                                |
| <b>räumlicher Geltungsbereich</b>                 | einzelne Straßen, Straßenzüge                                                       | Gebiet im innerstädtischen Bereich                                             | ganzes Stadtgebiet                                                                   |
| <b>zeitlicher Geltungsbereich (Betriebsdauer)</b> | fixer Wochentag                                                                     | werktags; saisonal (Winter)                                                    | permanent                                                                            |
| <b>Euro-Norm</b> (evtl. inkl. DPF)                | Diesel-Euro 1 (inkl. DPF)/-Euro 2 (z. B. rote Plakette in Deutschland)              | Diesel-Euro 2 (inkl. DPF)/-Euro 3/-Euro 4                                      | Diesel-Euro 3/Euro 4-Norm (jeweils inkl. DPF) + Benziner                             |
| <b>betroffene Fahrzeugkategorien</b>              | nur LKWs > 6 t (z. B. in Tschechien)                                                | LKWs + diverse Busse                                                           | alle                                                                                 |
| Berücksichtigung ausländischer Kfz                | nein -> kein Effekt                                                                 | k. A.                                                                          | ja                                                                                   |
| <b>Ausnahmeregelungen</b>                         | Personengruppen (Anrainer, Gewerbebetriebe, Behinderte) + evtl. öffentliche Dienste | nur öffentliche Dienste                                                        | keine Ausnahmen                                                                      |
| <b>Kontrolle</b>                                  | manuelle (nur Euro-Norm in Zulassungsschein, z. B. in Schweden)                     | manuelle (Plakette)                                                            | Kameras (z. B. Großbritannien), On-Board-System                                      |
| <b>Benutzungsgebühr</b>                           | keine Benutzungsgebühr -> kein Effekt                                               | nach Fahrzeugkategorien und -gewicht gestaffelter Tarif (z. B. Großbritannien) | nach Euro-Normen und Fahrzeugkategorien/-gewicht gestaffelte Gebühr (z. B. Norwegen) |

Da eine ideal gestaltete UWZ (ganzes Stadtgebiet, permanent gültig, mindestens Euro 4 (inkl. DPF) für alle Kfz (ohne Ausnahmen) mit eventueller Benutzungsgebühr sehr wahrscheinlich auf Ablehnung in der Bevölkerung stoßen würde, sollte die Gestaltung auf die lokalen Gegebenheiten der jeweiligen Kommune abgestimmt werden. Auf Akzeptanz, bei gleichzeitig halbwegs hohem Feinstaubreduktionspotential, könnte eine eingerichtete UWZ, welche einfach gestaltete Regeln (national einheitliches Vorgehen schrittweise an die städtische Fahrzeugflotte angepasste, verschärfte Einführung) aufweist, permanent, möglichst ohne Ausnahmen gültig ist, einen durchgehenden Stadtteil (Sanierungsgebiet; um Risiko von Umfahrvverkehr zu minimieren) und effizienter Kontrolle umfasst, stoßen.

Aktuell wird die Wirkung von deutschen UWZn (v. a. im Bereich Luftgüte) kontrovers diskutiert, wobei Vertreter der Politik und Umwelt (i. B. die wissenschaftlich fundierte Helmholtz-Studie für die Stadt München) eher Befürworter und jene der Bereiche Automobilindustrie und Autofahrerklubs (i. B. ADAC-Studie) bzw. Wirtschaft i. A. tendenziell Gegner von deutschen UWZn sind.

Bei der Betrachtung der quantitativen Aspekte der Feinstaubsituation in Wien hat die MA 22 (2006/2007) als hauptsächliche Quelle den Straßenverkehr identifiziert; ebenso das UBA (2002/2003) mit mehr als 60 % des PM<sub>10</sub>-Ausstoßes (jeweils zur Hälfte Abgas/Nicht-Abgasemissionen, davon entfallen gleiche Teile auf PKW- und LKW-Verkehr). Die Aquella-Studie hat im Jahre 2004 die Feinstaubemissionen des Kfz-Verkehrs mit 11 % (8 % motorbedingte und 3 % nicht motorbedingte) an der verkehrsexponierten Messstelle Rinnböckstraße und im Urban Impact sogar mit 15 % (11 % motorbedingt und 4 % nicht motorbedingt), wobei die motorbedingten Feinstaubemissionen von PKW und LKW ungefähr

gleich hoch ausfallen. An verkehrsexponierten Belastungsschwerpunkten (z. B. Rinnböckstraße oder Spittelauer Lände) kann die lokale PM<sub>10</sub>-Belastung ca. 35 % der Gesamtbelastung betragen; bei Berücksichtigung der städtischen Hintergrundbelastung von Wien kann sich der Wiener Beitrag auf bis zu 55 % der Gesamtbelastung erhöhen. In der Vergangenheit sind in Wien an Messstellen primär Überschreitungen des PM<sub>10</sub>-TMW zu beobachten gewesen.

Damit es in Zukunft nach Möglichkeit zu keinen weiteren Grenzwertüberschreitungen von PM<sub>10</sub> mehr kommt, welche neben möglichen negativen Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und Umwelt auch Strafzahlungen der Republik Österreich an die EU von bis zu 400.000 €/Tag nach sich ziehen können, wäre ergänzend zu der Ausweisung von UWZn in Sanierungsgebieten der Einsatz von anderen verkehrspolitischen Instrumenten (Parkraummanagement, Tempolimit, Straßenreinigung, usw.) sinnvoll, sozusagen ein Maßnahmen-Mix anzustreben, um dadurch zusätzliches Feinstaub-Reduktionspotential zu verwirklichen.

## 6.2 Möglicher Forschungsbedarf für zukünftige Arbeiten

Abschließend wird an dieser Stelle möglicher Forschungsbedarf aufgezeigt, deren Behandlung im Zuge der Bearbeitung dieser Arbeit nahe gelegen ist (thematische Nähe zur Forschungsfrage), allerdings aufgrund des absehbaren hohen Aufwands unbeantwortet bleiben musste. Dazu zählen folgende Aufgabenstellungen für denkbare zukünftige Forschungsarbeiten:

- Bewertung des Beitrags von Umweltzonen bei der Reduzierung der Feinstaubemissionen mit Focus auf die Partikel-Anzahl mittels HBEFA 3.1
- Wirkung von Umweltzonen bei der Reduzierung der NO<sub>x</sub>-Belastung
- Quantifizierung des möglichen Feinstaubreduktionspotenzials von Umweltzonen an einer einzelnen Straße (z. B. Taborstraße) bzw. ganzer Stadtteile (Bezirke innerhalb der Wiener Ringstraße, des Wiener Gürtels)
- Machbarkeitsstudie zur Ausweisung von Umweltzonen in Wien (politische Akzeptanz/Durchsetzbarkeit in der Bevölkerung, notwendige Gesetzesänderungen, Abschätzung anfallender Kosten und Nutzen der Implementierung (Kosten-Nutzen-Analyse), usw.)
- Auswirkung von Umweltzonen auf Unternehmen (i. B. mit eigenem Fuhrpark) im Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit und Standortwahl zukünftiger Betriebsansiedlungen
- Abschätzung einer Umweltzonen-orientierten (nach Euro-Normen) Justierung der Kfz-Steuer bzw. der motorbezogenen Versicherungssteuer nach deutschem Vorbild in Österreich in Bezug auf eine mögliche beschleunigte, feinstaubärmere Kfz-Flotte bzw. damit verbundene Reduzierung der Feinstaubbelastung<sup>382</sup>

---

<sup>382</sup> Eine Beantwortung dieser Thematik wird vom österreichischen Umweltbundesamt gefordert; vgl. UBA Österreich (2006b), S. 255.

## 7 Verzeichnisse

### 7.1 Literatur

Die nachfolgenden, in dieser Arbeit verwendeten, Literaturbelege sind nach dem Anfangsbuchstaben der in den Fußnoten verwendeten Kurzbelege (des ersten genannten Autors bzw. der Institution) alphabetisch aufsteigend gereiht und werden zur besseren Übersichtlichkeit fett markiert.

- **3sat.de (2010)**: 3sat.de (2010): Umweltzonen. Viele Kommunen in Deutschland haben diese Gebiete, 16.6.2010, Zugriff am 13.6.2011;  
<http://www.3sat.de/page/?source=/nano/glossar/umweltzonen.html>
- **ACADEMIC (2011)**: Academic Dictionairies and Encyclopedias ACADEMIC (2011), Zugriff am 5.5.2011; <http://de.academic.ru/dic.nsf/dewiki/223028>
- **Augustyn et al. (2010)**: Augustyn, R. et al. (2010): Jahresbericht 2009. Luftgütemessungen der Umweltschutzabteilung der Stadt Wien gemäß Immissionsschutzgesetz – Luft, Amt der Wiener Landesregierung MA 22-Umweltschutz, S. 1-34, Zugriff am 6.5.2011;  
<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/luft/pdf/igljb2009.pdf>
- **auto.de (2008)**: auto.de (2008): ACE kritisiert Umweltzonen-Wirrwarr, 12.12.2008, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.auto.de/magazin/showArticle/article/19293/ACE-kritisiert-Umweltzonen-Wirrwarr>
- **Autonome Provinz Bozen (2009a)**: Autonome Provinz Bozen – Südtirol (2009): Fahrverbote vom 01.11.2010 bis 31.03.2011, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.provinz.bz.it/guteluft/>
- **Autonome Provinz Bozen (2009b)**: Autonome Provinz Bozen – Südtirol (2009): Vignetten zur Identifizierung der Schadstoffklasse, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.provincia.bz.it/guteluft/vignetten/index.asp>
- **BAFU (2007)**: Bundesamt für Umwelt BAFU (2007): Feinstaub (PM10), 6.3.2007, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.bafu.admin.ch/luft/00585/10761/index.html?lang=de>
- **BAFU (2009)**: Bundesamt für Umwelt BAFU (2009): Luftschadstoff- und Klimagas-Emissionen in der Schweiz 1990-2007, 15.4.2009, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.bafu.admin.ch/luft/00596/08399/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJCFfHx,fGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf>
- **Baltensperger (2008)**: Baltensperger, U. (2008): Feinstaub in der Schweiz – Zusammensetzung, Quellen, Auswirkungen, Labor für Atmosphärenchemie am Paul Scherrer Institut, Forum Medizin und Energie, Aarau, 6.3.2008, Zugriff am 6.5.2011, S. 1-15;  
[http://www.fme.ch/cms/fileadmin/Webmaster/Dateien/Baltensperger\\_Forum\\_M\\_E.pdf](http://www.fme.ch/cms/fileadmin/Webmaster/Dateien/Baltensperger_Forum_M_E.pdf)

- **Bauer et al. (2006):** Bauer, H. et al. (2006): Endbericht für das Projekt „Aquila Wien“ Bestimmung von Immissionsbeiträgen in Feinstaubproben MA 22 – 3869/03, Technische Universität Wien, Wien, S. 1-174, Zugriff am 6.5.2011; [http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat\\_173988.pdf](http://publik.tuwien.ac.at/files/PubDat_173988.pdf)
- **Baum et al. (2009):** Baum, A. et al. (2009): Einfluss von offenporigem Asphalt (OPA) auf die Feinstaubbelastung an Straßen, Zugriff am 6.5.2011; [http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:y-u5N53BfNQJ:www.lanuv.nrw.de/mtk/2009/Kurzfassungen/K19-MTK2009\\_Baum.pdf+%22einfluss+von+offenporigem+asphalt%22+filetype:pdf&hl=de&gl=at&pid=bl&srcid=ADGEESjkuaFNgDnze69G61pm9FaBtc6OG2w0k32KrOWLnZ-nhyia5YFELJHu7PlxfrLa4Hd0TXcPv9mtRpUwoIM1nZp8mfXtdxifpoZuwX7Yh6NNuxN7zXP\\_uAp0jWNCmgKKymsO389e&sig=AHIEtbTaN2zEfkiwHxEcoKdmB7n3ckSKvA](http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:y-u5N53BfNQJ:www.lanuv.nrw.de/mtk/2009/Kurzfassungen/K19-MTK2009_Baum.pdf+%22einfluss+von+offenporigem+asphalt%22+filetype:pdf&hl=de&gl=at&pid=bl&srcid=ADGEESjkuaFNgDnze69G61pm9FaBtc6OG2w0k32KrOWLnZ-nhyia5YFELJHu7PlxfrLa4Hd0TXcPv9mtRpUwoIM1nZp8mfXtdxifpoZuwX7Yh6NNuxN7zXP_uAp0jWNCmgKKymsO389e&sig=AHIEtbTaN2zEfkiwHxEcoKdmB7n3ckSKvA)
- **Bayerischer Behördenwegweiser (2010):** Bayerischer Behördenwegweiser (2010): Straßenreinigung, 11.3.2010, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.behoerdenwegweiser.bayern.de/dokumente/aufgabenbeschreibung/73774928614?plz=97688&behoerde=09442395442&gemeinde=509189841698>
- **Beckers et al. (2007):** Beckers, Th. et al. (2007): Effiziente Verkehrspolitik für den Straßensektor in Ballungsräumen. Kapazitätsauslastung, Umweltschutz, Finanzierung. Abschlussbericht zum FoPS-Forschungsvorhaben 73.326/2004: „Instrumente zur nachhaltigen Sicherung der Verkehrsinfrastruktur in Städten und Ballungsräumen“, S. 1-331, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.tu-dresden.de/wwbwleeg/publications/WP\\_TR\\_10\\_beckers\\_hirschhausen\\_klatt\\_winter\\_Verkehrspolitik.pdf](http://www.tu-dresden.de/wwbwleeg/publications/WP_TR_10_beckers_hirschhausen_klatt_winter_Verkehrspolitik.pdf)
- **Bendix (2011):** Bendix, F. (2011): Umweltzonen in Europa / Einführung, Zugriff am 5.5.2011, Umweltzone.net; <http://www.umweltzone.net/home/index.php?vlink=113>
- **Birgelen; Roskopf (2008):** Birgelen, A.; Roskopf, I. (2008): Wissensbasis Umwelt / Luft / Lärm, Zentrum für integrierte Verkehrssysteme an der Technischen Universität Darmstadt, S. 1-110, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.ivm-rheinmain.de/fileupload//dateien/wissensbasis\\_umweltluftlaerm\\_Febr08.pdf](http://www.ivm-rheinmain.de/fileupload//dateien/wissensbasis_umweltluftlaerm_Febr08.pdf)
- **Böhnke (2005):** Böhnke, B. (2005): Modellierung von Parkraumnachfrage und Parkraummanagement-Maßnahmen in einem makroskopischen Verkehrsmodell, Dissertation an der Universität Stuttgart, S. 1-88, Zugriff am 6.5.2011; [http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2005/2357/pdf/Modellierung\\_Parken\\_Kap\\_1\\_3.pdf](http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2005/2357/pdf/Modellierung_Parken_Kap_1_3.pdf)
- **Bretschneider; Düring (2009):** Bretschneider, D.; Düring, I. (2009): Sachstandbericht vom 20.10.2009. Verursacher, flächenhafte Belastung und Tendenzen für PM2.5 in Sachsen, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Dresden, S. 1-85, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.smul.sachsen.de/umwelt/download/Zwischenbericht\\_2009\\_1.pdf](http://www.smul.sachsen.de/umwelt/download/Zwischenbericht_2009_1.pdf)

- **BA R (2010):** Bundeskanzleramt Rechtsinformationssystem BA R (2010): 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 (Immissionsschutzgesetz – Luft, IG-L), Zugriff am 11.12.2010; <http://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetze snummer=10011027>
- **BMU (2002):** Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit BMU (2002): Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft – TA Luft), 24.7.2002, S. 1-239, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/taluft.pdf>
- **BMVIT (2007):** Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2007): Fahrzeugbestände – Motorisierung, Herry Verkehrsplanung/Consulting, Verkehr in Zahlen, S. 71-84, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz07\\_kap5.pdf](http://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/statistik/downloads/viz07_kap5.pdf)
- **BUND (2009):** BUND für Umwelt und Naturschutz Deutschland BUND (2009): Wirksamkeit von Umweltzonen. BUND-Hintergrund, BUND, Referat Verkehr, Berlin, 4.11.2009, S. 1-3, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/verkehr/schadstoffe/20091111\\_verkehr\\_schadstoffe\\_umweltzone\\_wirksamkeit.pdf](http://www.bund.net/fileadmin/bundnet/pdfs/verkehr/schadstoffe/20091111_verkehr_schadstoffe_umweltzone_wirksamkeit.pdf)
- **Chemie.DE (2010a):** Chemie.DE Information Service GmbH (2010):Staub, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.chemie.de/lexikon/d/Staub/>
- **Chemie.DE (2010b):** Chemie.DE Information Service GmbH (2010):Feinstaub, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.chemie.de/lexikon/d/Feinstaub/>
- **Chemie.DE (2010c):** Chemie.DE Information Service GmbH (2010): Aerosol, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.chemie.de/lexikon/d/Aerosol/>
- **Climate Company (2011):** Climate Company - Umweltplakette (2011): Ausnahmeregelungen zur Umweltplakette, Gesellschaft für Emissionsmanagement und Beratung GEMB mbH, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umwelt-plakette.de/ausnahmeregelung%20umweltplakette%20allgemein.php?SID=f8d691bad7b565185f80d560c4344181>
- **Cyrus et al. (2009):** Cyrus, J. et al. (2009): Umweltzone München – Eine erste Bilanz, Umweltmed Forsch Prax 14 (3), S. 127-132, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.ecomed-medizin.de/sj/ufp/Pdf/aId/10891>
- **dena (2011):** Deutsche Energie-Agentur GmbH dena (2011): Das Aktionsprogramm Mobilitätsmanagement. Regionale Netzwerke. Die Region München, Zugriff am 5.5.2011; <http://www.effizient-mobil.de/index.php?id=muenchen>
- **Die Grünen Graz (2011):** Die Grünen Graz (2011): Feinstaub – FAQs, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.graz.gruene.at/faqs\\_feinstaub](http://www.graz.gruene.at/faqs_feinstaub)
- **Diegmann et al. (2006):** Diegmann, V. et al. (2006): Verkehrliche Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub. Möglichkeiten und Minderungspotenziale, Teil

- des Projektes „Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid“ (FKZ 204 42 222), Umweltbundesamt Deutschland, S. 1-16, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-k/k3240.pdf>
- **Diegmann (2007):** Diegmann, V. et al. (2007): Maßnahmen zur Reduzierung von Feinstaub und Stickstoffdioxid, Umweltbundesamt Deutschland, S. 1-191, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3240.pdf>
  - **DieselNet (2011):** DieselNet (2011): Diesel Emissions Online. Emission Standards. European Union, Zugriff am 5.5.2011; <http://www.dieselnet.com/standards/eu/#regs>
  - **Dillinger (2010):** Dillinger, S. (2010): Das aktuelle Immissionsschutzgesetz-Luft und die Rolle des Immissionsschutzes bei Umweltverträglichkeitsprüfungen, Dissertation an der Universität Wien, S. 1-250, Zugriff am 26.6.2011; [http://othes.univie.ac.at/11879/1/2010-09-19\\_0202356.pdf](http://othes.univie.ac.at/11879/1/2010-09-19_0202356.pdf)
  - **DIN; KRdL (2006):** DIN Deutsches Institut für Normung e. V.; KRdL Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN (2006): Feinstaub und Stickstoffdioxid. Wirkung, Quellen, Luftreinhaltepläne, Minderungsmaßnahmen, Beuth, Berlin, Wien, Zürich, S. 1-303, Zugriff am 6.5.2011; [http://books.google.at/books?id=JZ5gq4LW8XAC&pg=PA198&lpg=PA198&dq=bodenerosion+%2B%221-150%22+%2Bfeinstaub&source=bl&ots=mui8zMIOqa&sig=gKiIW2Sq9zULcBpusGMmD3Ytwhw&hl=de&ei=CYO8Sr6vFJaJsAaEqYHCCw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false](http://books.google.at/books?id=JZ5gq4LW8XAC&pg=PA198&lpg=PA198&dq=bodenerosion+%2B%221-150%22+%2Bfeinstaub&source=bl&ots=mui8zMIOqa&sig=gKiIW2Sq9zULcBpusGMmD3Ytwhw&hl=de&ei=CYO8Sr6vFJaJsAaEqYHCCw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1#v=onepage&q=&f=false)
  - **Düring et al. (2003):** Düring, I. et al. (2003): Quantifizierung der PM10-Emissionen durch Staub-Aufwirbelung und Abrieb von Straßen auf Basis vorhandener Messdaten, Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer Karlsruhe und Dresden, Stuttgart, S. 1-63, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/werkstatt\\_feinstaub/download/abg/1772beri.pdf](http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/werkstatt_feinstaub/download/abg/1772beri.pdf)
  - **Düring et al. (2004):** Düring, I. et al. (2004): Endbericht. Berechnung der Kfz-bedingten Feinstaubemissionen infolge Aufwirbelung und Abrieb für das Emissionskataster Sachsen. Arbeitspakete 1 und 2, Ingenieurbüro Dr.-Ing. Achim Lohmeyer Karlsruhe und Dresden, Dresden, S. 1-246, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.landwirtschaft.sachsen.de/umwelt/download/luft/Abschlussbericht\\_Aufwirbelung\\_Abrieb.pdf](http://www.landwirtschaft.sachsen.de/umwelt/download/luft/Abschlussbericht_Aufwirbelung_Abrieb.pdf)
  - **Düring; Lohmeyer (2004):** Düring, I.; Lohmeyer, A. (2004): Modellierung nicht motorbedingter PM10-Emissionen von Straßen, KRdL-Expertenforum Staub und Staubinhaltsstoffe, 10./11.11.2004, Düsseldorf, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.lohmeyer.de/literatur/Manuskript\\_duering\\_KRdLExpertenforum.pdf](http://www.lohmeyer.de/literatur/Manuskript_duering_KRdLExpertenforum.pdf)
  - **dpa (2008):** Deutsche Presse-Agentur dpa (2008): BTU Wissenschaftler: Kaum weniger Feinstaub durch Umweltzonen, verkehrsRUNDschau.de, 25.1.2008, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.verkehrsrundschau.de/sixcms/detail.php?id=617367>
  - **EG (1999):** Europäische Gemeinschaft (1999): Richtlinie 1999/30/EG des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und

- Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft, L 163/41-L 163/60, Zugriff am 6.5.2011; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:163:0041:0060:DE:PDF>
- **EKL (2007):** Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL (2007): Feinstaub in der Schweiz. Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL), Bern, S. 1-141, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.ekl.admin.ch/fileadmin/ekl-dateien/dokumentation/d-bericht-feinstaub-2008.pdf>
  - **EMPA; PSI (2003):** Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA; Paul Scherrer Institut PSI (2003): Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, Forschungsprojekt ASTRA 2000/415, S. 1-203, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.empa.ch/plugin/template/empa/\\*/23158/--/l=1](http://www.empa.ch/plugin/template/empa/*/23158/--/l=1)
  - **Englert (2006):** Englert, N. (2006): Auswirkungen der Feinstaubbelastung auf Mortalität und Lebenserwartung, Springer Medizin Verlag, Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitsschutz 1, S. 112-118, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/0u664513h77v877r/fulltext.pdf>
  - **Epoch Times Europe (2007):** Epoch Times Europe GmbH (2007): Stichwort: EU-Feinstaubrichtlinie. Seit Januar 2005 in Kraft, 4.3.2007, Zugriff am 13.6.2011; [http://www.epochtimes.de/93049\\_stichwort\\_eu\\_feinstaubrichtlinie.html](http://www.epochtimes.de/93049_stichwort_eu_feinstaubrichtlinie.html)
  - **EU (2004):** Europäische Union (2004): Richtlinie 2004/107/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Dezember 2004 über Arsen, Kadmium, Quecksilber, Nickel und polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe in der Luft, L 23/3-L 23/16, Zugriff am 6.5.2011; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2005:023:0003:0016:DE:PDF>
  - **EU (2008a):** Europäische Union (2008): Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft in Europa, L 152/1-L 152/44, Zugriff am 6.5.2011; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:DE:PDF>
  - **EU (2008b):** Europäische Union (2008): Verordnung (EG) Nr. 692/2008 der Kommission vom 18. Juli 2008 zur Durchführung und Änderung der Verordnung (EG) Nr. 715/2007 des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Emissionen von leichten Personenkraftwagen und Nutzfahrzeugen (Euro 5 und Euro 6) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge, L 199/1-L 199/136; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:199:0001:0136:DE:PDF>
  - **EU (2008c):** Europäische Union (2008c): Stellungnahme des Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschusses zu dem „Vorschlag für eine Verordnung des Europäischen Parlaments und des Rates über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Motoren hinsichtlich der Emissionen von schweren Nutzfahrzeugen (Euro VI) und über den Zugang zu Reparatur- und Wartungsinformationen für Fahrzeuge“, C 211/12, Zugriff am 14.6.2011; <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:52008AE0754:DE:NOT>

- **Feinstaub ist Deinstaub (2005):** Feinstaub ist Deinstaub – Eine Initiative von Umweltstädträtin Ulli Sima (2005): 1. Maßnahmenpaket der Stadt Wien gegen Feinstaub, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.feinstaubistdeinstaub.at/mediafiles/documents/stadtWienGegen/Stadt%20Wien%20sagt%20Feinstaub%20den%20Kampf%20an.pdf>
- **Frey (2006):** Frey, T. (2006): Messung und Bewertung der Wirkung von umweltbedingten Partikelexpositionen (PM10 und PM2.5) auf die Lungenfunktion und Befindlichkeit von Kindern, Dissertation an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München, S. 1-66, Zugriff am 6.5.2011; [http://edoc.ub.uni-muenchen.de/5951/1/Frey\\_Tanja.pdf](http://edoc.ub.uni-muenchen.de/5951/1/Frey_Tanja.pdf)
- **Gazsó et al. (2007):** Gazsó, A. et al. (2007): Nano. Chancen und Risiken aktueller Technologien. Springer, Wien, S. 181-197, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.springerlink.com/content/t7t128548p02k4v7/fulltext.pdf>
- **Gehlert (2009):** Gehlert, T. (2009): Straßenbenutzungsgebühren in Städten. Akzeptanz und Mobilitätsverhalten, Vs Verlag, S. 1-99, Zugriff am 11.5.2011;  
<http://www.springerlink.com/content/978-3-531-16333-8/>
- **Gehr (2004):** Gehr, P. et al. (2004): Dieselpartikel Luftschadstoff Nr. 1. Wirkungen auf den menschlichen Organismus und technische Lösungen zur Eliminierung dieses Schadstoffs. Eine Dokumentation der Schweizerischen Krebsliga. Dem Bundesrat übergeben am 19.10.2004, Zugriff am 6.5.2011;  
[http://www.dieselryss.ch/download/dieselpartikel\\_luftschadstoff\\_nr1.pdf](http://www.dieselryss.ch/download/dieselpartikel_luftschadstoff_nr1.pdf)
- **Gerald van den Boogaart (2005):** Gerald van den Boogaart, K. (2005): Statistik für Geowissenschaftler. 2. Woche, Vorlesungsfolien, Institut für Mathematik und Informatik an der Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Zugriff am 23.11.2009; <http://www.math-inf.uni-greifswald.de/~boogaart/SG05/Folien2.pdf>
- **Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim (2010):** Staatliches Gewerbeaufsichtsamt Hildesheim, Zentrale Unterstützungsstelle Luftreinhaltung und Gefahrstoffe – Dezernat 42 (2010): Bewertung der Auswirkungen der Umweltzone Hannover auf Basis von Messdaten, S.1-13, Zugriff am 6.5.2011;  
[http://www.umwelt.niedersachsen.de/ps/tools/download.php?file=/live/institution/dms/mand\\_1/psfile/docfile/45/Auswirkung4c345a3857830.pdf&name=Auswirkungen\\_der\\_Umweltzone\\_Hannover\\_auf\\_die\\_Luftqualitaet\\_Stand\\_Juli\\_2010&disposition=attachment](http://www.umwelt.niedersachsen.de/ps/tools/download.php?file=/live/institution/dms/mand_1/psfile/docfile/45/Auswirkung4c345a3857830.pdf&name=Auswirkungen_der_Umweltzone_Hannover_auf_die_Luftqualitaet_Stand_Juli_2010&disposition=attachment)
- **Glocalist Daily News (2009):** Glocalist Daily News (2009): Positive Bilanz der Umweltzonen, 2.1.2009, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://glocalist.com/news/kategorie/oekologie/titel/positive-bilanz-der-umweltzonen/>
- **Götz et al. (2009):** Götz, T. et al. (2009): Abschätzung der Einträge von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen in deutsche Gewässer. Aktuelle Datengrundlage, Springer-Verlag, Umweltwiss Schadst Forsch 21, S. 433-442, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.springerlink.com/content/xu2523m110rt6573/fulltext.pdf>

- **Gruden (2008):** Gruden, D. (2008): Umweltschutz in der Automobilindustrie. Motor, Kraftstoffe, Recycling, Vieweg + Teubner, S. 29-87, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/g441664n812525j0/fulltext.pdf>
- **Heimbürger et al. (2008):** Heimbürger, G. et al. (2008): Feinstaub und Gesundheit, Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 12 – Sanitätswesen, UA Umweltmedizin und Gesundheitsförderung, Klagenfurt, S. 1-60, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.wolfsberg.at/wolfsberg/deutsch/umwelt/37919\\_DE-Dateien-Feinstaub\\_und\\_Gesundheit.pdf](http://www.wolfsberg.at/wolfsberg/deutsch/umwelt/37919_DE-Dateien-Feinstaub_und_Gesundheit.pdf)
- **Heinrich et al. (2002):** Heinrich, J. et al. (2002): Schwerpunktthema Feinstäube. Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub: Epidemiologie der Langzeiteffekte, ecomed, Umweltmed Forsch Prax 7 (2), S. 91-99, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Heinrich%20UFP%202002\\_%2091\\_99.pdf](http://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Heinrich%20UFP%202002_%2091_99.pdf)
- **Helmers (2008a):** Helmers, E. (2008): Partikelmessungen, Abgasgrenzwerte, Stickoxide, Toxikologie und Umweltzonen, Springer-Verlag, Umweltwiss Schadst Forsch, S. 118-123, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/6rv874258445h124/fulltext.pdf>
- **Helmers (2008b):** Helmers, E. (2008): Wie gefährlich ist Feinstaub?, Springer-Verlag, Umweltwiss Schadst Forsch 20, S. 159-160, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/u1nm1366362ppw7g/fulltext.pdf>
- **Hopp (2001):** Hopp, M. (2001): Untersuchung der Rußoxidation unter dieselmotorischen Randbedingungen, Dissertation an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, S. 1-144, Zugriff am 6.5.2011; [http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=96360662x&dok\\_var=d1&dok\\_ext=pdf&filename=96360662x.pdf](http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=96360662x&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=96360662x.pdf)
- **IHK (2010):** Niederrheinische Industrie- und Handelskammer IHK (2010): IHK fordert Aus für Umweltzonen Ende 2010. Neue Erkenntnisse zu Emissionen belegen: Experiment mit Fahrverboten ist fehlgeschlagen. Kritik auch an überzogenen Lärmaktionsplänen, Presseinformation, Duisburg, 14.4.2010, S. 1-3, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.weselihk.de/downloads/PI\\_Umweltzone\\_-\\_Laermkartierung.pdf](http://www.weselihk.de/downloads/PI_Umweltzone_-_Laermkartierung.pdf)
- **Ingenieurbüro Rau (2006):** Ingenieurbüro Matthias Rau (2006): Bestimmung der emissions- und immissionsseitigen Auswirkungen von Maßnahmen im Zusammenhang mit dem Luftreinhalte-/Aktionsplan des Regierungspräsidiums Karlsruhe – Teilplan Mühlacker, Heilbronn, 28.12.2006, S. 1-27, Zugriff am 27.6.2011; [http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232589/rpk54.1\\_ap\\_muehlacker\\_bewertung.pdf](http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/show/1232589/rpk54.1_ap_muehlacker_bewertung.pdf)
- **ISPM (2005):** Institut für Sozial- und Präventivmedizin ISPM (2005): Aussenluftverschmutzung und Gesundheit. Zusammenfassende Beurteilung, Universität Basel, Dokumentationsstelle Luftverschmutzung und Gesundheit, S. 1-34, Zugriff am 6.5.2011; <http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:ct7MpIVUyO4J:pages.unibas.ch/isp>

[mbs/LuG/Uebersicht05.pdf+%22aussenluftverschmutzung+und+gesundheit%22+%2Bpr%C3%A4ventivmedizin+%2Bbasel&hl=de&gl=at&pid=bl&srcid=ADGEE S jXeV3xKfIClrHTf8o-qm63xZwMKx0Zy88ghyhoid9PWkrqVvucPvoXZwS AgM5sXUE7RWBwxUQui2ct3OD82c5vtbrsbDXXiVbuq2z5sgNjcAfEkTJfS9iW5Hm1P9SX13zgGRVx&sig=AHIEtbQ2F3G5ZgfHaIzoslcZVrK4pkoChw](https://mbs.lu-g.de/uebersicht05.pdf+%22aussenluftverschmutzung+und+gesundheit%22+%2Bpr%C3%A4ventivmedizin+%2Bbasel&hl=de&gl=at&pid=bl&srcid=ADGEE S jXeV3xKfIClrHTf8o-qm63xZwMKx0Zy88ghyhoid9PWkrqVvucPvoXZwS AgM5sXUE7RWBwxUQui2ct3OD82c5vtbrsbDXXiVbuq2z5sgNjcAfEkTJfS9iW5Hm1P9SX13zgGRVx&sig=AHIEtbQ2F3G5ZgfHaIzoslcZVrK4pkoChw)

- **IWD (2010):** Institut der deutschen Wirtschaft Köln IWD (2010): Citymaut. Keine Lösung für Deutschland, Zugriff am 5.5.2011;  
<http://www.iwkoeln.de/tabID/184/ArticleID/22193/language/de-DE/Default.aspx>
- **IWD (2011):** Institut der deutschen Wirtschaft Köln IWD (2011): Umweltzonen. Enttäuschende Bilanz, Zugriff am 5.5.2011;  
<http://www.iwkoeln.de/tabID/122/ArticleID/22361/language/de-DE/Default.aspx>
- **Joos (2006):** Joos, F. (2006): Technische Verbrennung. Verbrennungstechnik, Verbrennungsmodellierung, Emissionen, Springer, Berlin, S. 841-866;  
<http://www.springerlink.com/content/k724324042x20588/fulltext.pdf>
- **Kaminski (2006):** Kaminski, U. (2006): Aktuelle Aerosoltrends an der GAW Globalstation Hohenpreißenberg und ihre Relevanz für Luftreinhaltung und das Klima, ecomed, UWSF – Z Umweltchem Ökotox 18 (2), S. 88-94, Zugriff am 11.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/j1285220316m627/fulltext.pdf>
- **Kammer et al. (2007):** Kammer, K. et al. (2007): Umweltmonitoring MFM-U. Jahresbericht 2005 der Luft- und Lärm-messungen, Bundesamt für Umwelt BAFU, Bern, 2007, S. 1-34, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.bafu.admin.ch/publikationen/publikation/00043/index.html?lang=de&download=NHZLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2Yuq2Z6gpJC Gdnt6gGym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf>
- **Kasper-Giebl (2008):** Kasper-Giebl, A. (2008): Aerosolmessungen – Chemische Analyse der PM10 Fraktion, ZAMG – Sonnblick Observatorium, 26.8.2008, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.sonnblick.net/portal/content/view/104/277/lang,de>
- **Kfz Dienstleistungs GmbH Bernhard Velten (2011):** Kfz Dienstleistungs GmbH Bernhard Velten (2011): Schadstoffgruppen, Zugriff am 5.5.2011;  
<http://www.umweltplakette-kaufen.de/schadstoffgruppen/>
- **Kommission der EG (2007):** Kommission der Europäischen Gemeinschaften (2007): Bericht der Kommission. Qualität von Otto- und Dieselmotoren im Straßenverkehr der Europäischen Union: Vierter Jahresbericht (Berichtsjahr 2005), Brüssel, 17.10.2007, S. 1-16, Zugriff am 6.5.2011;  
[http://www.parlament.gv.at/cgi-bin/eukp.pdf?P\\_EU=XXIII.pdf/EU/02/24/022418.pdf](http://www.parlament.gv.at/cgi-bin/eukp.pdf?P_EU=XXIII.pdf/EU/02/24/022418.pdf)
- **Krämer, U. (2004):** Krämer, U. (2004): Partikelbelastung und allergische Erkrankungen bei Kindern. Welche Zusammenhänge zeigen sich in epidemiologischen Studien?, Institut für Umweltmedizinische Forschung an der Universität Düsseldorf, Springer Medizin Verlag, S.1106-1116, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/tt9twktxbu6k6lgr/fulltext.pdf>

- **Kroiss (2008):** Kroiss, A. (2008): City-Maut-Systeme weltweit, Verkehrsjournal, Ausgabe 11, S. 54-70, Zugriff am 6.5.2011;  
[http://www.verkehrsjournal.at/upload/pdf/%C3%96VJ\\_Nov\\_08\\_Kroiss.pdf](http://www.verkehrsjournal.at/upload/pdf/%C3%96VJ_Nov_08_Kroiss.pdf)
- **Kühlwein et al. (1999):** Kühlwein, J. et al. (1999): Abschätzung und Bewertung der Unsicherheiten hochaufgelöster NO<sub>x</sub>- und NMVOC-Emissionsdaten, Universität Stuttgart, 1999, S. 1-15, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://bwplus.fzk.de/berichte/ZBer/99/ZBer296002.pdf>
- **Lahl (2005):** Lahl, U. (2005): Feinstaubrichtlinie – Luftreinhaltung auf allen Ebenen, S. 47-49, Zugriff am 6.5.2011;  
[http://www.bmu.de/files/luftreinhaltung/downloads/application/pdf/artikel\\_lahl\\_feinstaubrichtlinie\\_04\\_2005.pdf](http://www.bmu.de/files/luftreinhaltung/downloads/application/pdf/artikel_lahl_feinstaubrichtlinie_04_2005.pdf)
- **Lahl; Steven (2005):** Lahl, U.; Steven, W. (2005): Verkehrslenkung und –beschränkung. Rechtlich zulässige Handlungsmöglichkeiten der Luftreinhaltepolitik, Internationales Verkehrswesen (57), 4/2005, S. 131-135, Zugriff am 11.5.2011;  
[http://www.bzl.info/de/sites/default/files/lahl\\_iv\\_2005de.pdf](http://www.bzl.info/de/sites/default/files/lahl_iv_2005de.pdf)
- **Lahrtz (2009):** Lahrtz, St. (2009): Kaum Effekte der deutschen Umweltzonen. Andauernd schwieriger Kampf gegen Luftschadstoffe in vielen Städten, Neue Zürcher Zeitung NZZ Online, München, 3.12.2009, Zugriff am 6.5.2011;  
[http://www.nzz.ch/nachrichten/politik/international/kaum\\_effekte\\_der\\_deutschen\\_umweltzonen\\_1.4098804.html](http://www.nzz.ch/nachrichten/politik/international/kaum_effekte_der_deutschen_umweltzonen_1.4098804.html)
- **Land Vorarlberg (2011):** Land Vorarlberg (2011): Umwelt und Lebensmittel. Luft. Klima. Themenübersicht, Zugriff am 5.5.2011;  
[http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/umwelt\\_zukunft/umwelt/umweltundlebensmittel/weitereinformationen/luft\\_klima/uebersicht.htm](http://www.vorarlberg.at/vorarlberg/umwelt_zukunft/umwelt/umweltundlebensmittel/weitereinformationen/luft_klima/uebersicht.htm)
- **Landeshauptstadt Wiesbaden (2007):** Landeshauptstadt Wiesbaden (2007): Feinstaub-Präsentation, Vortragsfolien, Wiesbaden, Zugriff am 20.7.2009;  
[http://www.wiesbaden.de/die\\_stadt/umwelt/umweltdaten/Feinstaub-Praesentation05-20072.pdf](http://www.wiesbaden.de/die_stadt/umwelt/umweltdaten/Feinstaub-Praesentation05-20072.pdf)
- **LEEZEN (2010a):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Zeitliche Aufstellung der Einführung der Euro-Normen sortiert nach Fahrzeugkategorie, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/what-are-lezs--othermenu-32?start=4>
- **LEEZEN (2010b):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones, Zugriff am 16.4.2010;  
<http://www.lowemissionzones.eu/>
- **LEEZEN (2010c):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Länderübersicht europäischer Umweltzonen, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147>
- **LEEZEN (2010d):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Denmark, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/denmark-mainmenu-221>

- **LEEZEN (2010e):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Umweltzone in London, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/london>
- **LEEZEN (2010f):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Aufstellung von Umweltzonen italienischer Gemeinden, Zugriff am 16.4.2010; [http://www.lowemissionzones.eu/images/stories/pdf\\_jan2010/IT%20Lombardia%20all%20zones%20definition.pdf](http://www.lowemissionzones.eu/images/stories/pdf_jan2010/IT%20Lombardia%20all%20zones%20definition.pdf)
- **LEEZEN (2010g):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Ausnahmeregelungen der italienischen Region Piemont, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/piemonte-exemptions>
- **LEEZEN (2010h):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Ausnahmeregelungen südtiroler Umweltzonen, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/bolzano-exemptions>
- **LEEZEN (2010i):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Ausnahmeregelungen der italienischen Gemeinde Perugia, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/perugia-exemptions>
- **LEEZEN (2010j):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Umweltzonen in Italien, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/italy-mainmenu-81>
- **LEEZEN (2010k):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Umweltzone der italienischen Gemeinde Borgomanero, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/italy-mainmenu-81/piemonte-region/novara-province/borgomanero>
- **LEEZEN (2010l):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Umweltzone der italienischen Gemeinde Dovera, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/italy-mainmenu-81/lombardia/lodi/dovera>
- **LEEZEN (2010m):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Mailänder Ecopass, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/italy-mainmenu-81/lombardia/milan-ecopass>
- **LEEZEN (2010n):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Umweltzonen in Südtirol, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/italy-mainmenu-81/bolzano-province>

- **LEEZEN (2010o):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Umweltzonen in Schweden, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/sweden-mainmenu-248>
- **LEEZEN (2010p):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Ausnahmeregelungen deutscher Umweltzonen, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/germany-exemptions>
- **LEEZEN (2010q):** Low Emission Zone in Europe Network LEEZEN (2010): Europe-wide Information on Low Emission Zones. Umweltzonen in Deutschland, Zugriff am 16.4.2010; <http://www.lowemissionzones.eu/countries-mainmenu-147/germany-mainmenu-61>
- **LfU (2003):** Bayerisches Landesamt für Umweltschutz LfU (2003): Information über Abgase des Kraftfahrzeugverkehrs, S. 1-20, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.lfu.bayern.de/luft/fachinformationen/doc/abgase.pdf>
- **LGL (2011):** Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit LGL (2011): Tabelle: Ausgewählte Studien zu Langzeit- und Kurzzeiteffekten, Zugriff am 5.5.2011; [http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltmedizin/doc/feinstaub\\_studien.pdf](http://www.lgl.bayern.de/gesundheit/umweltmedizin/doc/feinstaub_studien.pdf)
- **Lutz; Rauterberg-Wulff (2009):** Lutz, M.; Rauterberg-Wulff, A. (2009): Ein Jahr Umweltzone Berlin: Wirkungsuntersuchungen, Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Abteilung Umweltpolitik, Referat Immissionsschutz, Berlin, S. 1-30, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/umweltzone\\_1jahr\\_bericht.pdf](http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/umweltzone_1jahr_bericht.pdf)
- **MA 22 (2005):** Wiener Umweltschutzabteilung MA 22 (2005): 2. Maßnahmenpaket der Stadt Wien gegen Feinstaub, S. 1-12, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/luft/pdf/feinstaub2.pdf>
- **MA 22 (2006):** Wiener Umweltschutzabteilung MA 22 (2006): Wiener Umweltbericht. Kapitel 7. Wiener Luft, S. 58-64, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltbericht/pdf/luft-06.pdf>
- **MA 22 (2010):** Wiener Umweltschutzabteilung MA 22 (2010): Messstellen des Wiener Luftmessnetzes, Zugriff am 30.11.2009; <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/luft/messnetz.html>
- **Mollenhauer et al. (2007):** Mollenhauer, K. et al. (2007): Handbuch Dieselmotoren, 3. Auflage, Springer, Berlin, S. 461-536, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/q0175200253663r5/fulltext.pdf>
- **Möller (2007):** Möller, D. (2007): Sachverständigengutachten zum möglichen Einfluss der in Berlin vorgesehenen Umweltzone auf die Luftqualität bezüglich PM<sub>10</sub> und NO<sub>x</sub>, Gutachten für den ADAC, S. 1-35, Zugriff am 6.5.2011; [http://www-docs.tu-cottbus.de/luft/public/pdf\\_files/ADAC\\_Gutachten\\_Moeller.pdf](http://www-docs.tu-cottbus.de/luft/public/pdf_files/ADAC_Gutachten_Moeller.pdf)

- **Möller (2008a):** Möller, D. (2008): Wie gefährlich ist Feinstaub?, Springer-Verlag, UWSF – Z Umweltchem Ökotox 20 (2), S. 90-91, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/97473517k0443r16/fulltext.pdf>
- **Möller (2008b):** Möller, D. (2008): Gegenargumentation zum Argumentationspapier der Kollegen Prof. Builtjes, Dr. Reimer, Dr. Stern und Dr. Kerschbaumer, BTU Cottbus, 17.1.2008, S. 1-5, Zugriff am 6.5.2011; [http://www-docs.tu-cottbus.de/luft/public/pdf\\_files/Gegenargumentation\\_Moe.pdf](http://www-docs.tu-cottbus.de/luft/public/pdf_files/Gegenargumentation_Moe.pdf)
- **Möller (2008c):** Möller, D. (2008): SPD-Politiker attackiert BTU Professor, Berlin, 29.1.2008, Zugriff am 6.5.2011; [http://www-docs.tu-cottbus.de/luft/public/pdf\\_files/Gegenmeinung\\_M2W.pdf](http://www-docs.tu-cottbus.de/luft/public/pdf_files/Gegenmeinung_M2W.pdf)
- **Neuberger et al. (2007):** Neuberger, M. et al. (2007): Österreichische Zeitreihenstudien zur Feinstaubbelastung, 109. Amtsärztefortbildung, Graz 2. – 4.5. 2007, S. 1-7, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10635512\\_9752/ac682b21/Neuberger.pdf](http://www.verwaltung.steiermark.at/cms/dokumente/10635512_9752/ac682b21/Neuberger.pdf)
- **Niedermeier (2009):** Niedermeier, M. (2009): ADAC-Untersuchung. Wirksamkeit von Umweltzonen, Allgemein Deutscher Automobil-Club ADAC e. V., Interessenvertretung Verkehr, S. 1-10, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.adac.de/mm/pdf/umweltzonen\\_wirksamkeit\\_bericht\\_0609\\_43574.pdf](http://www.adac.de/mm/pdf/umweltzonen_wirksamkeit_bericht_0609_43574.pdf)
- **MUNLV (2004):** Ministerium für Umwelt und Naturschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen MUNLV (2004): Vorbeugender Gesundheitsschutz durch Mobilisierung der Minderungspotenziale bei Straßenverkehrslärm und Luftschadstoffen. Kurzfassung. Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit Nordrhein-Westfalen APUG, S. 1-15, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.apug.nrw.de/pdf/vorbeugender\\_gesundheitsschutz\\_kurzfassung.pdf](http://www.apug.nrw.de/pdf/vorbeugender_gesundheitsschutz_kurzfassung.pdf)
- **ÖAMTC (2009):** ÖAMTC – Der Österreichische Automobil-, Motorrad- und Touring Club (2009): Italien: Fahrverbote Südtirol, Lombardei, Bologna, Florenz, Palermo & Rom. Inkl. einer italienischen Sprachhilfe, 27.7.2009, Zugriff am 26.7.2010; <http://www.oeamtc.at/netautor/pages/resshp/anwendg/1121443.html>
- **ÖAMTC (2010):** ÖAMTC – Der Österreichische Automobil-, Motorrad- und Touring Club (2010): Italien: City-Maut in Palermo abgeschafft, 2.4.2010, Zugriff am 26.7.2010; <http://www.oeamtc.at/a1131513/>
- **open PR.de (2007):** open PR.de – Das offene PR-Portal (2007): Müller-BBM: Forschungsvorhaben „Einfluss von offenporigem Asphalt auf die Feinstaubbelastung an Straßen“, 6.3.2007, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.openpr.de/news/123495/Mueller-BBM-Forschungsvorhaben-Einfluss-von-offenporigem-Asphalt-auf-die-Feinstaubbelastung-an-Strassen.html>
- **Peters et al. (2002):** Peters, A. et al. (2002): Schwerpunktthema Feinstäube. Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub – Epidemiologie der Kurzzeiteffekte, ecomed, Umweltmed Forsch Prax 7 (2), S. 101-115; [http://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Peters%20UFP%202002\\_%20101%20115.pdf](http://www.frankfurt.de/sixcms/media.php/738/Peters%20UFP%202002_%20101%20115.pdf)

- **Pischinger (1997):** Pischinger, R. (1997): Emissionskataster Graz. Bezugsjahr 1995, Graz, S. 3-53, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.feinstaubfrei.at/down/EMIKAT95.pdf>
- **Polizei Bayern Präsidium München (2010):** Polizei Bayern Präsidium München (2010): LKW-Durchfahrtsverbot in München seit 1. Februar 2008, München, 14.9.2010, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.polizei.bayern.de/muenchen/verkehr/index.html/61113>
- **presstext (2006):** presstext Nachrichtenagentur GmbH (2006): Feinstaub-Partikel als Umwelt- und Klimakiller. Experte kritisiert: Übliche Masse-Angaben entsprechen nicht der Realität, 7.12.2006, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://presstext.at/news/061207035/feinstaub-partikel-als-umwelt-und-klimakiller/>
- **PRO UMWELT (2006):** PRO UMWELT (2006): PM10 Feinstaub, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.pro-umwelt.at/PDF/PU\\_Hompage\\_1\\_2006/24\\_2006.pdf](http://www.pro-umwelt.at/PDF/PU_Hompage_1_2006/24_2006.pdf)
- **Regierung von Oberbayern (2010):** Regierung von Oberbayern (2010): Luftreinhalte-/Aktionsplan für die Stadt München. 4. Fortschreibung (Entwurf). Unterlagen für die Öffentlichkeitsbeteiligung, S. 1-37, Zugriff am 6.5.2011;  
[http://www.muenchen.de/cms/prod2/mde/de/rubriken/Rathaus/70\\_rgu/04\\_vorsorge\\_schutz/luft/luftqualitaet/feinstaub/umweltzone/pdf/LRP\\_Fortschreibung\\_4\\_oeb.pdf](http://www.muenchen.de/cms/prod2/mde/de/rubriken/Rathaus/70_rgu/04_vorsorge_schutz/luft/luftqualitaet/feinstaub/umweltzone/pdf/LRP_Fortschreibung_4_oeb.pdf)
- **Rexeis et al. (2009):** Rexeis, M. et al. (2009): Auswirkung der Umweltzone „Variante 3“ auf Verkehrsaufkommen und KFZ-Emissionen im Sanierungsgebiet Großraum Graz, Technische Universität Graz, S. 1-43, Zugriff am 8.6.2011;  
[http://app.luis.steiermark.at/berichte/Download/Fachberichte/Endbericht\\_Umweltzone\\_Graz\\_2009\\_frg.pdf](http://app.luis.steiermark.at/berichte/Download/Fachberichte/Endbericht_Umweltzone_Graz_2009_frg.pdf)
- **Rheinisches Institut für Umweltforschung (2011):** Rheinisches Institut für Umweltforschung (2011): Das EURAD-Projekt, Universität Köln, Zugriff am 5.5.2011; [http://www.eurad.uni-koeln.de/index.html?/modell/eurad\\_descr.html](http://www.eurad.uni-koeln.de/index.html?/modell/eurad_descr.html)
- **Sacherer (2004):** Sacherer, St. (2004): Grenzkostenrechnung im Straßenverkehr am Beispiel Feinstaub (PM10 [PM tief 10]) in Graz, Diplomarbeit, Technische Universität Graz, S. 1-112
- **Self-med.net (2011):** Self-med.net Gesundheitslexikon (2011): Lexikon Buchstabe M, Zugriff am 26.6.2011; <http://self-med.net/lexikon-buchstabe-m.htm>
- **Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz (2011):** Senatsverwaltung für Gesundheit, Umwelt und Verbraucherschutz, Referat III D (2011): Untersuchungen zur Wirkung der Umweltzone, Vortragsfolien, Berlin, S. 1-25, Zugriff am 5.5.2011;  
<http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/luftreinhalteplan/download/04-15-PK-Umweltzone.pdf>
- **Schmidt et al. (1998):** Schmidt, M. et al (1998): Evaluierung gängiger Datenmodelle zur Ermittlung verkehrlicher Umweltbelastungen, ifeu-Institut für Energie und Umweltforschung Heidelberg, S. 280-293, Zugriff am 6.5.2011;  
[http://enviroinfo.isep.at/UI%2098/PDF%20-%20UI-98/280-293%20Schmidt\\_Kn%F6rr.pdf](http://enviroinfo.isep.at/UI%2098/PDF%20-%20UI-98/280-293%20Schmidt_Kn%F6rr.pdf)

- **Schmierer (2009):** Schmierer, S. (2009): Neue Umweltzonen. Feinstaub ist nicht einziges Problem, Stuttgarter Nachrichten, 11.5.2009, Zugriff am 6.5.2011; <http://content.stuttgarter-nachrichten.de/stn/page/detail.php/2021946>
- **Schneider (2002):** Schneider, J.; Lorbeer, G. (2002): Inhaltsstoffe von PM 10- und PM 2,5- an zwei Messstationen, Umweltbundesamt, Wien, S. 1-69, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE208.pdf>
- **Schöller et al. (2007):** Schöller, O. et al. (2007): Handbuch Verkehrspolitik. Vs Verlag, S. 1- 963, Zugriff am 11.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/978-3-531-14548-8/>
- **Scholz et al. (2005):** Scholz, W. et al. (2005): Emissionsmindernde Maßnahmen im Straßenverkehr. Übersicht und Ansätze zur Bewertung (Aktualisierung März 2005), Landesanstalt für Umweltschutz, Baden-Württemberg, S. 1-67, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14243/emissionsmindernede\\_massnahmen\\_strassenverkehr\\_03.05.pdf?command=downloadContent&filename=emissionsmindernede\\_massnahmen\\_strassenverkehr\\_03.05.pdf](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/14243/emissionsmindernede_massnahmen_strassenverkehr_03.05.pdf?command=downloadContent&filename=emissionsmindernede_massnahmen_strassenverkehr_03.05.pdf)
- **Schrefel; Hajszan (2005):** Schrefel, Ch.; Hajszan, R. (2005): Erfahrungen mit PM10-Reduktionsmaßnahmen in Europa. Recherche von PM10-Aktionsplänen. Fragebogenerhebung, 17&4 Organisationsberatung GmbH, S. 1-135, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/werkstatt\\_feinstaub/download/ber/rp-AT-Erfahrung-PM-Minderung-Dec2005.pdf](http://www.berlin.de/sen/umwelt/luftqualitaet/de/werkstatt_feinstaub/download/ber/rp-AT-Erfahrung-PM-Minderung-Dec2005.pdf)
- **Schwarzer et al. (2004):** Schwarzer, G. et al. (2004): Das Odds Ratio in Interventionsstudien, Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 59, Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, S. 549-550, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.zahnheilkunde.de/beitragpdf/pdf\\_2253.pdf](http://www.zahnheilkunde.de/beitragpdf/pdf_2253.pdf)
- **science ORF.at (2011):** science ORF.at (2011): Zehn Jahre bleifreies Benzin: Erholung der Umwelt, Zugriff am 5.5.2011; <http://sciencev1.orf.at/science/news/67046>
- **Soentgen, Völzke (2006):** Soentgen, J.; Völzke, K. (2006): Stoffgeschichten, München, oekom-Verlag, S. 2-264, Zugriff am 6.5.2011; [http://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/volltexte/2006/377/pdf/Staub\\_Spiegel\\_der\\_Umwelt.pdf](http://opus.bibliothek.uni-augsburg.de/volltexte/2006/377/pdf/Staub_Spiegel_der_Umwelt.pdf)
- **SRU (2005):** Sachverständigenrat für Umweltfragen SRU (2005): Umwelt und Straßenverkehr. Hohe Mobilität – Umweltverträglicher Verkehr. Sondergutachten, S. 5-348; [http://www.umweltrat.de/cae/servlet/contentblob/530144/publicationFile/34326/2005\\_SG\\_Umwelt\\_und\\_Strassenverkehr.pdf](http://www.umweltrat.de/cae/servlet/contentblob/530144/publicationFile/34326/2005_SG_Umwelt_und_Strassenverkehr.pdf)
- **SRU (2008):** Sachverständigenrat für Umweltfragen SRU (2008): Umweltgutachten 2008. Umweltschutz im Zeichen des Klimawandels, Erich Schmidt Verlag, Berlin, S. 391-440, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltrat.de/cae/servlet/contentblob/465484/publicationFile/34313/20>

[08 Umweltgutachten HD Kap06.pdf;jsessionid=99E9C64B8C90C72115F0B86A978EBCDF](http://www.linz.at/presse/2010/201003_50580.asp)

- **Stadt Linz (2010):** Stadt Linz (2010): Umweltzonen und City-Maut, Presseaussendung, 18.3.2010, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.linz.at/presse/2010/201003\\_50580.asp](http://www.linz.at/presse/2010/201003_50580.asp)
- **Statistik Austria (2005a):** Statistik Austria (2005): Verkehrsstatistik 2004. Güterverkehr – Verkehrsleistungen, 22.9.2005, S. 1-25, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.statistik.at/web\\_de/static/verkehrsstatistik\\_2004brgueterverkehr\\_-\\_verkehrsleistungen\\_014147.pdf](http://www.statistik.at/web_de/static/verkehrsstatistik_2004brgueterverkehr_-_verkehrsleistungen_014147.pdf)
- **Statistik Austria (2005b):** Statistik Austria (2005): Ergebnisse. Kfz-Bestand 2004, 24.3.2005, S. 1-5, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.statistik.at/web\\_de/static/kfz-bestand\\_2004\\_020902.pdf](http://www.statistik.at/web_de/static/kfz-bestand_2004_020902.pdf)
- **Statistik Austria (2009a):** Statistik Austria (2009): Ergebnisse. Kfz-Bestand 2008, 24.2.2009, Zugriff am 6.5.2011; [www.statistik.at/web\\_de/static/kfz-bestand\\_2008\\_035580.pdf](http://www.statistik.at/web_de/static/kfz-bestand_2008_035580.pdf)
- **Statistik Austria (2009b):** Statistik Austria (2009): Verkehrsstatistik 2008. Güterverkehr – Verkehrsleistungen, 19.6.2009, S. 1-24, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.statistik.at/web\\_de/static/verkehrsstatistik\\_2008brgueterverkehr\\_-\\_verkehrsleistungen\\_036869.pdf](http://www.statistik.at/web_de/static/verkehrsstatistik_2008brgueterverkehr_-_verkehrsleistungen_036869.pdf)
- **Standard Online (2008):** Standard Online (2008): Feinstaub-Jahresgrenzwerte in Österreichs Hauptstädten am Limit, 1.10.2008, Zugriff am 6.5.2011; <http://derstandard.at/1220459605950/Feinstaub-Jahresgrenzwerte-in-Oesterreichs-Hauptstaedten-am-Limit>
- **Standard Online (2009):** Standard Online (2009): Zwischen Auto und Fahrbahn, 5.6.2009, Zugriff am 6.5.2011; <http://derstandard.at/1244116981054/Zwischen-Auto-und-Fahrbahn>
- **steiermark.ORF.at (2009):** steiermark.ORF.at (2009): Bund verweigert Umweltzonen Zustimmung, 8.7.2009, Zugriff am 13.6.2011; <http://steiermark.orf.at/stories/414089>
- **steiermark.ORF.at (2010):** steiermark.ORF.at (2010): Weniger Feinstaub: Keine Strafzahlung an EU?, 5.1.2010, Zugriff am 6.5.2011; <http://steiermark.orf.at/stories/414089>
- **Steierwald et al. (2005):** Steierwald, G. et al. (2005): Stadtverkehrsplanung. Grundlagen, Methoden, Ziele, 2. Auflage, Springer, Berlin, S. 140-226, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/j641565855t32q08/fulltext.pdf>
- **Stenzel (2011):** Stenzel, M. (2011): Umweltbewusst und sparsam Autofahren. Abgasnormen, Umweltauto, Zugriff am 11.5.2011; <http://www.umweltauto.at/6.html>
- **Stieß (2009):** Stieß, M. (2009): Mechanische Verfahrenstechnik - Partikeltechnik 1. Beschreibung und Erzeugung von dispersen Stoffen, Springer, S. 161-260, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.springerlink.com/content/m4x50nq338723732/fulltext.pdf>

- **Stricker (2002):** Stricker, P. (2002): Remote Sensing. Anwendung der Abgasfernmessung zur Identifizierung hochemittierender Kraftfahrzeuge im fließenden Verkehr, Dissertation an der Technischen Universität Wien, S. 1-129
- **UBA Deutschland (2009a):** Umweltbundesamt Deutschland UBA (2009): Verkehr. Rechtliche Rahmenbedingungen, 23.9.2009, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/index-rechtlich.htm>
- **UBA Deutschland (2009b):** Umweltbundesamt Deutschland UBA (2009): Luft und Luftreinhaltung. Clean Air for Europe (CAFE), Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltbundesamt.de/luft/reinhaltestrategien/cafe.htm>
- **UBA Deutschland (2009c):** Umweltbundesamt Deutschland UBA (2009): Grenzwerte für Schadstoffemissionen von PKW, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltbundesamt-umwelt-deutschland.de/umweltdaten/public/document/downloadImage.do?ident=18355>
- **UBA Deutschland (2010a):** Umweltbundesamt Deutschland UBA (2010): Luft und Luftreinhaltung. NEC-Richtlinie, 3.5.2010, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltbundesamt.de/luft/reinhaltestrategien/nec.htm>
- **UBA Deutschland (2010b):** Umweltbundesamt Deutschland UBA (2010): Luft und Luftreinhaltung. Genfer Luftreinhalteabkommen, 29.1.2010, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltbundesamt.de/luft/reinhaltestrategien/genf.htm>
- **UBA Deutschland (2010c):** Umweltbundesamt Deutschland UBA (2010): Luft und Luftreinhaltung. Luftreinhalterichtlinien der Europäischen Gemeinschaft, 23.4.2010, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltbundesamt.de/luft/reinhaltestrategien/luftreinhalterichtlinien.htm>
- **UBA Österreich (2001):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2001): Sechster Umweltkontrollbericht – 10. Verkehr, S. 437-507, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2001/10\\_verkehr.pdf](http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/umweltkontrolle/2001/10_verkehr.pdf)
- **UBA Österreich (2004):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2004): Fachgrundlagen für eine Statuserhebung zur PM10-Belastung in Wien. Grenzwertüberschreitungen an den Messstellen Belgradplatz, Gaudenzdorf, Liesing, Rinnböckstraße, Schafbergbad und Stadlau in den Jahren 2002 und 2003, S. 1-351, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.wien.gv.at/umweltschutz/pool/pdf/pm10.pdf>
- **UBA Österreich (2005a):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2005): Abschätzung der Gesundheitsauswirkungen von Schwebstaub in Österreich, Wien, S. 1-52, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0020.pdf>
- **UBA Österreich (2005b):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2005): Feinstaub verkürzt Lebenserwartung, 21.11.2005, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.umweltbundesamt.at/presse/lastnews/newsarchiv\\_2005/news051121/](http://www.umweltbundesamt.at/presse/lastnews/newsarchiv_2005/news051121/)
- **UBA Österreich (2006a):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2006): Neue Erkenntnisse zum Thema Feinstaub, 30.6.2006, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.umweltbundesamt.at/presse/lastnews/newsarchiv\\_2006/news060630/](http://www.umweltbundesamt.at/presse/lastnews/newsarchiv_2006/news060630/)

- **UBA Österreich (2006b):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2006): Schwebestaub in Österreich. Fachgrundlagen für eine kohärente österreichische Strategie zur Verminderung der Schwebestaubbelastung, Wien, S. 1-406, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/BE277.pdf>
- **UBA Österreich (2011a):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2011): Staub – allgemein, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftschadstoffe/staub/>
- **UBA Österreich (2011b):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2011): Feinstaub (PM10), Zugriff am 5.5.2011;  
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftschadstoffe/staub/pm10/>
- **UBA Österreich (2011c):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2011): Schwermetalle, Zugriff am 5.5.2011;  
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftschadstoffe/schwermetalle/>
- **UBA Österreich (2011d):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2011): Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte, Zugriff am 5.5.2011;  
[http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete\\_aktuell/grenzwerte/](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete_aktuell/grenzwerte/)
- **UBA Österreich (2011e):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2011): Luftgütemessstellen des Umweltbundesamt, Zugriff am 5.5.2011;  
<http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/messnetz/>
- **UBA Österreich (2011f):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2011): Zeitverläufe der Luftschadstoffe, Zugriff am 5.5.2011;  
[http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete\\_aktuell/zeitverlaeufe/](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete_aktuell/zeitverlaeufe/)
- **UBA Österreich (2011g):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2011): Täglicher Luftgütebericht, Zugriff am 5.5.2011;  
[http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete\\_aktuell/tgl\\_bericht](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete_aktuell/tgl_bericht)
- **UBA Österreich (2011h):** Umweltbundesamt Österreich UBA (2011): Stuserhebungen, Zugriff am 5.5.2011;  
[http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete\\_aktuell/stuserhebungen/](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete_aktuell/stuserhebungen/)
- **Uni-Protokolle (2011):** Uni-Protokolle (2011), Zugriff am 6.5.2011: Tempolimit;  
<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Tempolimit.html>
- **UVEK (2006):** Eidgenössisches Department für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK; Bundesamt für Umwelt BAFU (2006): Feinstaub PM 10. Fragen und Antworten zu Eigenschaften, Emissionen, Immissionen, Auswirkungen und Massnahmen. Stand 7. November 2006, Zugriff am 7.10.2009;  
<http://www.bafu.admin.ch/luft/00575/00578/index.html?download=NHZLpZig7t,lnp6I0NTU042l2Z6ln1acy4Zn4Z2qZpnO2YUq2Z6gpJCDd4R9fmym162dpYbUzd,Gpd6emK2Oz9aGodetmqaN19XI2IdvoaCVZ,s-.pdf&lang=de>
- **Van Basshuysen; Spicher (2007):** Van Basshuysen, R.; Spicher, U. (2007): Ottomotor mit Direkteinspritzung. Verfahren, Systeme, Entwicklung, Potenzial, Vieweg & Sohn, ATZ/MTZ-Fachbuch, S. 1-427, Zugriff am 6.5.2011;  
<http://books.google.at/books?hl=de&lr=&id=UKlbTdKcHGC&oi=fnd&pg=PA4>

[27&dq=%22ottomotoren+mit+direkteinspritzung%22+%2Bverfahren&ots=s8HNsDqE-M&sig=8bV4C6u117XGj88N9Px0eA0vDDQ#v=onepage&q=seit%202004%20bis%202007&f=false](#)

- **VCS (2011):** Verkehrs-Club der Schweiz VCS (2011): Saubere Luft plus.... Wohlbefinden für Menschen und Städte, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.pm10.ch/fileadmin/user\\_upload/e-shop/dossier\\_d.pdf](http://www.pm10.ch/fileadmin/user_upload/e-shop/dossier_d.pdf)
- **VCÖ (2006):** Verkehrsclub Österreich VCÖ (2006): VCÖ-Studie: City-Maut ist auch für Wien geeignet!, Wien, S. 1-4, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.vcoe.at/images/doku/vcoe\\_fs\\_city-maut.pdf](http://www.vcoe.at/images/doku/vcoe_fs_city-maut.pdf)
- **VCÖ (2008):** Verkehrsclub Österreich VCÖ (2008): VCÖ: Österreich steuert auf beste Unfallbilanz zu – verfehlt aber Verkehrssicherheitsziel deutlich!, Ausgabe 164, 15.12.2008, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.vcoe.at/start.asp?b=1&ID=4254>
- **VCÖ (2009):** Verkehrsclub Österreich VCÖ (2009): Bessere Luft durch Umweltzonen, Verkehr aktuell 15/2009, Mödling, S. 1-4, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.vcoe.at/images/doku/vcoe\\_factsheet\\_umweltzonen.pdf](http://www.vcoe.at/images/doku/vcoe_factsheet_umweltzonen.pdf)
- **Von Dahlen (2008):** Von Dahlen, I. (2008): Umweltzone gleich Neuwagenzone?, AUTO-PRESSE.de, 26.1.2008, Zugriff am 6.5.2011; <http://auto-presse.de/autonews.php?action=view&newsid=23083>
- **VRÖ (2006):** Verband der Reifenspezialisten Österreichs VRÖ (2006): Reifenfibel für LKW, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.vroe.at/docudb/psfile/doc/98/LKW\\_Fibel148ee40de69e30.pdf](http://www.vroe.at/docudb/psfile/doc/98/LKW_Fibel148ee40de69e30.pdf)
- **Waschnewski (2007):** Waschnewski, R. (2007): Umweltmedizinische Gesichtspunkte der regenerativen Energieerzeugung am Beispiel deutscher Krankenhäuser, Dissertation an der Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg, S. 1-46, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.uniklinik-freiburg.de/iuk/live/krankenhausoekologie/projekte/waschnewski\\_final\\_gesamt\\_020707.pdf](http://www.uniklinik-freiburg.de/iuk/live/krankenhausoekologie/projekte/waschnewski_final_gesamt_020707.pdf)
- **WHO Europe (2004):** World Health Organisation WHO Regional Office for Europe (2004): Health Aspects of Air Pollution. Results from the WHO Project „Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe, Dänemark, S. 1-24, Zugriff am 6.5.2011; <http://ec.europa.eu/environment/archives/cafe/activities/pdf/e83080.pdf>
- **WHO Europe (2005a):** World Health Organisation WHO Regional Office for Europe (2005): Faktenblatt EURO/04/05. Wie der Feinstaub in der Luft die Gesundheit schädigt, Berlin, Kopenhagen, Rom, 14.4.2005, S. 1-4, Zugriff am 11.5.2011; [http://www.tlug-jena.de/luftaktuell/pdf/WHO\\_Presse\\_20050414\\_PM10\\_gr.pdf](http://www.tlug-jena.de/luftaktuell/pdf/WHO_Presse_20050414_PM10_gr.pdf)
- **WHO Europe (2005b):** World Health Organisation WHO Regional Office for Europe (2005): Gesundheitsauswirkungen von verkehrsbedingten Luftverunreinigungen. Kurzfassung für Entscheidungsträger, S. 1-11, Zugriff am 6.5.2011; [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0008/74717/e86650sumG.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0008/74717/e86650sumG.pdf)

- **wissen.de (2011):** wissen.de (2011): Lexikon, Wörterbücher & Reiseführer, Ressort Natur. Suchbegriff geogen, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.wissen.de/wde/generator/wissen/ressorts/natur/index.page=1108170.html>
- **Woxikon (2011):** Woxikon (2011): Abkürzungen & Akronyme Datenbank, Zugriff am 6.5.2011; <http://abkuerzungen.woxikon.de/abkuerzung/copd.php>
- **ZAMG (2011):** Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik ZAMG (2011): Klimasystem. Äußere Antriebe und innere Umsetzungen, Zugriff am 6.5.2011; <http://www.zamg.ac.at/klima/Klimawandel/Klimasystem/#inhalt>

## 7.2 Abbildungen

|                                                                                                                                                                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abb. 1: Mengenverteilung von Staub (TSP, PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> ).....                                                                                                                                                 | 4  |
| Abb. 2: Durchschnittliche chemische Zusammensetzung von PM <sub>10</sub> (Spittelauer Lände).....                                                                                                                                      | 5  |
| Abb. 3: Beispiel einer Verteilung der Substanzen an der Gesamtmasse von PM <sub>10</sub> und PM <sub>2,5</sub> ,<br>jeweils an den Standorten Spittelauer Lände und Illmitz.....                                                       | 6  |
| Abb. 4: Simplifizierte Darstellung der Größenverteilung (A: UFP, B: Akkumulationsmodus,<br>C: grobe Partikel bzw. Grobstaub) des atmosphärischen Aerosols in Quellennähe und der<br>relevantesten Prozesse .....                       | 10 |
| Abb. 5: Bewertung der Luftschadstoffemissionen und –immissionen des Verkehrsträgers<br>Straße in der BVWP-Methodik 2003 .....                                                                                                          | 11 |
| Abb. 6: Gesundheitliche Auswirkungen von Partikel-Luftverschmutzung .....                                                                                                                                                              | 12 |
| Abb. 7: Graphische Darstellung der Standorte der Wiener Luftgütemessstellen .....                                                                                                                                                      | 28 |
| Abb. 8: Abgasbestandteile beim Diesel- und Ottomotor bei realer Verbrennung .....                                                                                                                                                      | 34 |
| Abb. 9: Durchschnittliche Partikelzusammensetzung einer Diesel-PKW-Abgasprobe mit<br>serienmäßigem Oxidationskatalysator .....                                                                                                         | 35 |
| Abb. 10: Verteilung der Kfz-Partikelemissionen des MV in Deutschland im Jahre 2001 .....                                                                                                                                               | 36 |
| Abb. 11: EF <sub>n</sub> für PM <sub>10</sub> (g/km) gestaffelt nach Fahrzeugkategorien und Emissionskonzepten<br>(HBEFA 2.1, gewichtete Verkehrssituationen Innerorts, 2005) .....                                                    | 37 |
| Abb. 12: PM <sub>10</sub> -Kaltstartemissionen eines durchschnittlichen Euro 4-Diesel-PKWs bei<br>deutscher Jahresmitteltemperatur .....                                                                                               | 39 |
| Abb. 13: Eingerichtete (grüne Punkte) und geplante (schwarze Punkte) UWZn in Europa....                                                                                                                                                | 56 |
| Abb. 14: Anteile unterschiedlicher Quellregionen an der städtischen Hintergrundbelastung in<br>Wien (basierend auf Prozentangaben für PM <sub>10</sub> (gesamt) aus Tab. 42; FT = Ferntransport und<br>RE = regionale Emissionen)..... | 82 |
| Abb. 15: Schematische Darstellung der verschiedenen Beiträge zur PM <sub>10</sub> -Belastung in Wien<br>.....                                                                                                                          | 83 |

### 7.3 Tabellen

|                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 1: Einteilung des Schwebstaubes nach seiner Größe .....                                                                                                                                                | 3  |
| Tab. 2: Eindringtiefe der Partikel in das menschliche Atemwegssystem abhängig vom Partikeldurchmesser .....                                                                                                 | 4  |
| Tab. 3: Einteilung der natürlichen Feinstaubquellen .....                                                                                                                                                   | 7  |
| Tab. 4: Einteilung der anthropogenen Feinstaubquellen.....                                                                                                                                                  | 8  |
| Tab. 5: Zuordnung der Substanzen von PM <sub>10</sub> zu ihren Emittenten (Herkunft).....                                                                                                                   | 8  |
| Tab. 6: Ausgewählte Studien zu Kurzzeit- und Langzeiteffekten bei PM <sub>x</sub> -Exposition.....                                                                                                          | 13 |
| Tab. 7: Mortalitätsreduktionspotenziale für PM <sub>2,5</sub> -Senkungen unterhalb des EU-PM <sub>2,5</sub> -Grenzwertes.....                                                                               | 15 |
| Tab. 8: WHO-Richtwerte für PM <sub>10</sub> und Immissionsgrenzwerte für PM <sub>10</sub> in der EU, den USA, Kalifornien und Japan .....                                                                   | 19 |
| Tab. 9: WHO-Richtwerte für PM <sub>2,5</sub> und Immissionsziel und -grenzwerte für PM <sub>2,5</sub> in der EU, den USA und Kalifornien.....                                                               | 20 |
| Tab. 10: Staubgrenz- und Zielwerte nach IG-L (zum Schutz der menschlichen Gesundheit). 21                                                                                                                   |    |
| Tab. 11: Depositionsgrenzwerte gemäß IG-L (zum Schutz der menschlichen Gesundheit) ...                                                                                                                      | 22 |
| Tab. 12: PM-Abgasgrenzwerte für Diesel-PKW in Japan.....                                                                                                                                                    | 23 |
| Tab. 13: Grenzwerte für Partikelemissionen für PKW (Euro-(Abgas-)Normen) .....                                                                                                                              | 25 |
| Tab. 14: Gliederung des Wiener Luftmessnetzes.....                                                                                                                                                          | 27 |
| Tab. 15: Messtechniken bei der Immissionsmessung .....                                                                                                                                                      | 30 |
| Tab. 16: Beurteilung der nicht motorbedingten PM <sub>2,5</sub> /PM <sub>10</sub> -EFn (g/km) für mechanischen Abrieb (Reifen, Bremsen, Straße und gesamt) nach Fahrzeugkategorien .....                    | 42 |
| Tab. 17: Vergleichende Gegenüberstellung der gesamten PM <sub>10</sub> -EFn (g/ Fzg-km) einer Fzg-Flotte (mittleres Fahrzeuggewicht 3,74 t) mit deren Staubaufwirbelungsfaktoren (nach US-EPA (2003)) ..... | 43 |
| Tab. 18: PM <sub>10</sub> -EFn (g/Fzg-km) für Wiederaufwirbelung nach Lohmeyer (2001) .....                                                                                                                 | 44 |
| Tab. 19: PM <sub>x</sub> -EFn (g/Fzg-km) für Wiederaufwirbelung und Straßenabrieb nach Abu-Allaban et al. (2002) .....                                                                                      | 44 |
| Tab. 20: Zuordnung von möglichen Feinstaubminderungsmaßnahmen nach Umsetzungsebenen.....                                                                                                                    | 47 |
| Tab. 21: Charakterisierung der UWZ anhand verschiedener Kriterien .....                                                                                                                                     | 49 |
| Tab. 22: Charakterisierung der City-Maut anhand verschiedener Kriterien.....                                                                                                                                | 50 |
| Tab. 23: Charakterisierung des Parkraummanagements anhand verschiedener Kriterien.....                                                                                                                      | 51 |
| Tab. 24: Charakterisierung des Tempolimits anhand verschiedener Kriterien.....                                                                                                                              | 52 |
| Tab. 25: Charakterisierung des LKW-Durchfahrtsverbots anhand verschiedener Kriterien ...                                                                                                                    | 53 |
| Tab. 26: Charakterisierung der Straßenreinigung anhand verschiedener Kriterien .....                                                                                                                        | 54 |
| Tab. 27: Regelungen implementierter bzw. vorgesehener UWZn in verschiedenen europäischen Staaten (Tabellen-Ende).....                                                                                       | 62 |
| Tab. 28: Regelungen implementierter bzw. vorhergesehener UWZn in Italien (italienische Regionen; Tabellen-Ende).....                                                                                        | 65 |
| Tab. 29: Mailänder Ecopass .....                                                                                                                                                                            | 66 |
| Tab. 30: Südtiroler UWZn-Plaketten-Regelung (Tabellen-Ende) .....                                                                                                                                           | 67 |
| Tab. 31: Norwegische Kfz-Klassifizierung nach Gebühren gestaffelt.....                                                                                                                                      | 67 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tab. 32: Schwedische Kfz-Klassifizierung nach Registrierungsjahr und Euro-Klassen gestaffelt .....                                                                                                                                                                 | 67 |
| Tab. 33: Londoner Kfz-Klassifizierung nach Einföhrungstermin und Euro-Stufen .....                                                                                                                                                                                 | 68 |
| Tab. 34: Londoner UWZn-Benutzungsgeböhren nach Einföhrungstermin, Fahrzeugtyp und – gewicht für Kfz-Klassifizierungs-inkonforme Fahrzeuge.....                                                                                                                     | 68 |
| Tab. 35: Londoner UWZn-Strafgeböhren bei ordnungswidrigem Verhalten nach Fahrzeugtyp .....                                                                                                                                                                         | 68 |
| Tab. 36: Ausgenommene Kfz und Maschinen von deutschen UWZn .....                                                                                                                                                                                                   | 69 |
| Tab. 37: Regelungen für den Betrieb ausländischer Kfz in deutschen UWZn .....                                                                                                                                                                                      | 69 |
| Tab. 38: Deutsche Kfz-Klassifizierung in Feinstaubgruppen nach Euro-Normen .....                                                                                                                                                                                   | 69 |
| Tab. 39: Zusammenhang zwischen UWZn-bezogenen Gestaltungsfaktoren und möglichem Effekt der Feinstaubreduzierung .....                                                                                                                                              | 70 |
| Tab. 40: Einschätzung verschiedener Akteure der Wirkung von deutschen UWZn auf den Verkehr und die Luftgüte (Tabellen-Ende) .....                                                                                                                                  | 76 |
| Tab. 41: Relative PM <sub>10</sub> -Anteile (%) von Quellen an Überschreitungstagen an den Messstellen Rinnböckstraße, Schafberg und im Urban Impact (Mittel über 2004).....                                                                                       | 81 |
| Tab. 42: PM <sub>10</sub> -Beiträge (gesamt, primär und sekundär (Ammoniumsulfat/-nitrat)) von unterschiedlichen Quellregionen an der städtischen Hintergrundbelastung (TMW $\geq$ 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in Wien (in Prozent), Juni 1999 – März 2004 ..... | 82 |
| Tab. 43: PM <sub>10</sub> -Grenzwertüberschreitungen an Messstandorten in den Beobachtungsjahren 2003 und 2009 in Wien .....                                                                                                                                       | 84 |

## 7.4 Abkürzungen

- (AT-)PZEV ..... (Advanced Technology-)Partial to Zero Emission Vehicle
- (NM)HC ..... (Nichtmethan-)Kohlenwasserstoffe
- $\mu\text{g}$  ..... Mikrogramm ( $10^{-6}$  Gramm), tausendstel Milligramm
- $\mu\text{m}$  ..... Mikrometer ( $10^{-6}$  Meter), tausendstel Millimeter
- a ..... Korrekturfaktor für die Anwendung auf Straßen in Deutschland (-)
- AB ..... Autobahn
- ACE ..... Auto Club Europa
- ACS ..... American Cancer Society, amerikanische Krebs-Gesellschaft
- ADAC ..... Allgemeiner Deutscher Automobil-Club
- AHSMOG ..... Adventist Health Study of Smog, Adventisten-Gesundheits-Studie über Smog
- ANPR ..... Automated Number Plate Recognition, automatisierte Kennzeichenerfassung
- ao ..... außerorts
- APHEA-Studie ..... Air Pollution and Health-Studie, Studie über Luftverschmutzung und Gesundheit
- APUG-Studie ..... Studie des Aktionsprogramm Umwelt und Gesundheit
- ARC systems research GmbH ..... 100 %ige Tochter der Austrian Research Centers GmbH
- As ..... Arsen
- BAB ..... Bundesautobahn
- BC ..... Black Carbon, schwarzer Kohlenstoff/Ruß als feste Substanz
- Black Smoke ..... Ruß in der Außenluft
- BtL-Kraftstoff ..... Biomass-to-Liquids, Biomasseverflüssigung
- BUND ..... Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland
- BUWAL ..... Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
- BVWP ..... Bundesverkehrswegeplanung
- $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_4\text{S}$  ..... Dimethylsulfat
- $\text{CH}_4$  ..... Methan
- Ca ..... Calcium/Kalzium
- CAFE ..... Clean Air for Europe, Strategie der Europäischen Kommission zur Luftreinhaltung in Europa
- CARB ..... California Air Ressource Board, Luftreinhaltungskommission Kaliforniens
- Cd ..... Cadmium/Kadmium
- CH ..... Kohlenwasserstoff
- CI ..... Confidence Interval, Konfidenzintervall
- Cl ..... Chlorid

- CLTRAP ..... Convention on Long-range Transboundary Air Pollution, Konvention über grenzüberschreitende Luftverschmutzung
- CMB..... Chemisches Massenbilanzmodell
- CO ..... Kohlenstoffmonoxid
- COPD ..... Chronic(ally) Obstructive Pulmonary Disease, chronisch obstruktive Lungenerkrankung
- CORINAIR ..... Core Inventory of Air Emissions in Europe, europäisches Luftemissionsinventar und –datenbanksystem
- CtL-Kraftstoff ..... Coal-to-Liquids, Kohleverflüssigung
- DPF ..... Dieselpartikelfilter
- DSRC ..... Dedicated Short Range Communication, europäisches System zur elektronischen Mauterhebung
- DTV ..... durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke
- DUH..... Deutsche Umwelthilfe
- DVLA ..... Driver and Vehicle Licensing Agency, Kraftfahrzeugzulassungsstelle in Großbritannien
- EEV..... Enhanced Environmentally Friendly Vehicle; derzeit strengster Abgasstandard für LKW und Busse, übertrifft Anforderungen der Euro 5-Norm
- EC ..... Elemental Carbon, elementarer Kohlenstoff
- EF..... Emissionsfaktor
- EMEP ..... European Monitoring and Evaluation Programme, europäisches Mess- und Auswertungsprogramm für den weiträumigen Transport von Luftschadstoffen
- EMPA/PSI ..... Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt/Paul Scherrer Institut
- EPA..... Environmental Protection Agency, US-Umweltbehörde
- EURAD..... europäisches Ausbreitungs- und Depositionsmodell
- EZEV ..... Equivalent to Zero Emission Vehicle
- Fe ..... Ferrum, Eisen
- FME ..... Fettmethylester
- FTP-Zyklus ..... Federal Test Procedure, US-Fahrzyklus zur Emissions-/Verbrauchsbestimmung von Autos
- GAW..... Global Atmosphere Watch, globales Erfassungsnetz klimarelevanter Substanzen in der Atmosphäre
- GRPE ..... Groupe des Rapporteurs sur la Pollution de l’Air et Energie, französische Luftverunreinigungs-/Energie-Arbeitsgruppe
- GtL-Kraftstoff ..... Gas-to-Liquids, Gasverflüssigung von Erdgas bzw. Biogas
- H<sub>2</sub>O ..... Wasser
- H<sub>2</sub>S..... Schwefelwasserstoff
- HBEFA ..... Handbuch für Emissionsfaktoren
- i. B..... im Besonderen
- IDW ..... Institut der deutschen Wirtschaft Köln
- IG-Luft ..... Immissionsschutzgesetz-Luft

- IHK ..... Niederrheinische Industrie- und Handelskammer  
Duisburg
- io ..... innerorts
- IQR..... Inter Quartil Range, (Inter-)Quartilsabstand
- IVU Gmbh ..... Informationssysteme für Versorgungsunternehmen  
GmbH
- JMW..... Jahresmittelwert
- k. A..... keine Angabe
- K..... Kalium
- Kfz ..... Kraftfahrzeug
- KORA ..... Kooperative Gesundheitsforschung in der Region  
Augsburg
- LBus(se)..... Linienbus(se)
- LEV..... Low Emission Vehicle
- LEZ ..... Low Emission Zone, englischer Begriff für  
Umweltzone
- LfU..... Bayerisches Landesamt für Umwelt
- LKW ..... Lastkraftwagen
- INfz ..... leichtes Nutzfahrzeug
- LOS..... Level of Service, Verkehrszustand (z. B. freie Fahrt,  
stark befahren, Kapazitätsgrenze oder Stau)
- LPG..... Liquefied Petroleum Gas, Flüssiggas
- LRP..... Luftreinhalteplan
- M(I)V ..... motorisierter (Individual-)Verkehr
- MA 22 ..... Magistratsabteilung für Natur- und Umweltschutz der  
Stadt Wien
- MA 48..... Magistratsabteilung für Abfallwirtschaft,  
Straßenreinigung und Fuhrpark der Stadt Wien
- Mg..... Magnesium
- Na..... Natrium
- NaCl..... Natriumchlorid, Kochsalz
- NATO ..... North Atlantic Treaty Organisation, Organisation des  
Nordatlantikvertrags
- NEC ..... National Emission Ceilings, nationale  
Emissionshöchstmengen
- NEFZ ..... neuer europäischer Fahrzyklus
- ng ..... Nanogramm ( $10^{-9}$  Gramm), millionstel Milligramm
- $\text{NH}_3$  ..... Ammoniak
- $\text{NH}_4$  ..... Ammonium
- Ni ..... Nickel
- NLCS ..... Netherlands Cohort Study on Diet and Cancer,  
niederländische Kohortenstudie über Diäten und Krebs
- NMMAAPS ..... National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study,  
nationale Studie über Morbidität, Mortalität und Luftverschmutzung

- NMVOC..... Non Methane Volatile Organic Compounds, Sammelbezeichnung für flüchtige organische (kohlenstoffhaltige) Verbindungen ohne Methan
- NOK..... Norwegische Krone
- NoVa..... Normverbrauchsabgabe
- NO<sub>x</sub> ..... Stick(stoff)oxide; Sammelbezeichnung für NO und NO<sub>2</sub>
- O<sub>3</sub>..... Ozon
- ÖAMTC ..... Österreichischer Automobil-, Motorrad- und Touring Club
- OBD ..... On-Board-Diagnose
- OC ..... Organic Carbon, organischer Kohlenstoff
- OCE ..... Off-Cycle-Emissions; real existierende, jedoch nicht im Testzyklus berücksichtigte Kfz-Emissionen
- OM ..... Organic Matter, organisches Material
- OPA ..... offenerporiger Asphalt
- ÖPNV..... öffentlicher Personennahverkehr
- OR..... Odds Ratio, Chancenverhältnis
- PAH ..... Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, auf Deutsch PAK
- PAK ..... polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
- PAREST..... Partikel-Reduktions-Strategien
- Pb ..... Plumbum, Blei
- PKW..... Personenkraftwagen
- PM..... Particulate Matter, Partikel/Schwebstoffteilchen
- PM<sub>2,5</sub> ..... Partikel/Schwebstoffteilchen < 2,5 µm
- PM<sub>10</sub>..... Partikel/Schwebstoffteilchen < 10 µm
- PM exh..... PM exhaust; Feinstaubpartikel aus Auspuff
- PM non-exh..... PM non-exhaust; Feinstaubpartikel infolge von Abriebsprozessen
- PM<sub>x</sub> ..... Sammelbezeichnung für Staub unterschiedlicher Größenfraktionen wie PM<sub>0,1</sub>, PM<sub>1</sub>, PM<sub>2,5</sub>, PM<sub>10-2,5</sub>, PM<sub>10</sub> und PM<sub>75</sub>
- RBus(se)..... Reisebus(se)
- RPA..... Relative Positive Acceleration, relative positive Beschleunigung; Maß für die Fahrdynamik
- RR ..... relatives Risiko
- S ..... Serie
- SIDS ..... Sudden Infant Death Syndrome, Plötzlicher Säuglingstod
- sL ..... Silt Load, PM<sub>75</sub>-Staubbelaugung auf der Straße (g/m<sup>2</sup>)
- SMHI ..... schwedisches meteorologisches und hydrologisches Institut
- SMMT..... Society of Motor Manufacturers and Traders, Verein der Kfz-Hersteller und –Händler
- sNfz..... schweres Nutzfahrzeug
- SO<sub>2</sub>..... Schwefeldioxid

- SSA ..... Single Scattering Albedo, Einfach-Streu-Albedo
- StVo ..... Straßenverkehrsordnung
- SULEV..... Super Low Emission Vehicle
- T ..... Typ
- TA Luft ..... Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
- TC ..... Total Carbon, Gesamtheit aller Kohlenstoffverbindungen
- TEN-T ..... Trans-European Network-Transport, transeuropäisches Verkehrsnetz
- TfL ..... Transport for London, Dachorganisation zur Koordinierung des Londoner Verkehrssystems
- TKM..... Tonnenkilometer
- TLEV ..... Transitional Low Emission Vehicle
- TMW..... Tagesmittelwert, 24-h-Mittelwert
- TNO ..... Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek, niederländisches Forschungsinstitut
- TSP..... Total Suspended Particles bzw. Total Suspended Particulates, Gesamtstaub/Schwebstaub
- U(F)P/NP ..... ultrafeine Partikel/Nanopartikel
- UBA ..... Umweltbundesamt
- ULEV ..... Ultra Low Emission Vehicle
- UN/ECE..... United Nation/Economic Commission for Europe, Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen
- UWZ(n)..... Umweltzone(n)
- VCÖ ..... Verkehrsclub Österreich
- VCS..... Verkehrs-Club der Schweiz
- VOSA..... Vehicle and Operator Services Agency, Amt für Verkehrssicherheit von Fahrzeugen und Fahrzeugführern
- W ..... weight, mittleres Gewicht der Fahrzeuge der Fahrzeugflotte (t)
- WHO ..... World Health Organisation, Weltgesundheitsorganisation
- WLTP..... Worldwide Harmonized Light Duty Test Procedure; weltweiter, einheitlicher Testzyklus
- WMO ..... World Meteorological Organisation, Weltorganisation für Meteorologie
- XtL-Kraftstoff..... Sammelbezeichnung für BtL-, GtL- oder CtL-Kraftstoffe
- ZAMG..... Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
- ZEV..... Zero Emission Vehicle, emissionsfreies Fahrzeug