

# MAGISTERARBEIT

Titel der Magisterarbeit

„Eine empirische Untersuchung der freiwilligen  
Umweltaktionen von Konsumenten in Österreich  
anhand des Beispiels von Dieselpartikelfiltern“

Verfasser

Mark Troga

angestrebter akademischer Grad

Magister der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften  
(Mag. rer. soc. oec.)

Wien, im Oktober 2011

Studienkennzahl lt. Studienblatt:  
Studienrichtung lt. Studienblatt:  
Betreuer / Betreuerin:

A 066 915  
Betriebswirtschaft  
Ao. Univ.-Prof. Dr. Andreas Novak

**Eidesstattliche Erklärung:**

„Ich erkläre hiermit an Eides Statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Wien, im Oktober 2011

Mark Troga

## **Abstract**

Deutsch:

In dieser Arbeit wird untersucht in wie weit der Konsument bereit ist, einen Beitrag zu leisten, um die Umwelt zu schützen und weniger zu belasten.

Im ersten Teil wird die Konsummoral untersucht. Warum und wie weit fließt die eigene Moral in das Kaufverhalten hinein.

Weiters werden die Auswirkungen von Feinstaub auf die Umwelt und den Menschen betrachtet. Der Feinstaub wirkt sich im Gegensatz zu anderen Umweltbelastungen direkt auf die Gesundheit des Menschen aus. Viele Städte in Österreich sind durch den Feinstaub sehr belastet. Die Stadt Graz ist am schwersten betroffen und unternimmt auch sehr viel um die Situation zu verbessern, wie zum Beispiel die Förderung von Dieselpartikelfilter. Leider kann das Problem nicht allein regional gelöst werden, da Feinstaubemittenten oft mehrere hundert Kilometer entfernt sind. Im Falle des Feinstaubes soll aber keine Maßnahme ungenutzt gelassen werden um die Feinstaubbelastung zu minimieren, da es keine Grenze gibt ab der Feinstaub ungefährlich für den Menschen ist.

Im nächsten Kapitel werden die Systematiken zur Reduktion von Feinstaub in Dieselmotoren besprochen. Es gibt zwei Varianten des Dieselpartikelfilters: erstens das geschlossene System und zweitens das offene System. Von geschlossenen Systemen wird gesprochen, wenn es ab Werk mit dem Motor ausgeliefert wird. Das offene System ist nicht so kompliziert und kann nachgerüstet werden. Die offenen Systeme haben aber auch nicht den Wirkungsgrad der geschlossenen Systeme. Die Problematik der Dieselpartikelfilter ist die Verstopfung der Filter und dessen Säuberung. Da gibt es viele verschiedene Ansätze wie diese Filter gereinigt werden.

In Österreich wird der Dieselpartikelfilter nicht überall gefördert. Die verschiedenen Stellen wurden von mir angeschrieben um eine Stellungnahme einzuholen. Die Bundesländer Wien, Niederösterreich und Burgenland fördern den Filter nicht. Im Gegensatz dazu stehen Oberösterreich, Kärnten und Steiermark, wo der Filter gefördert wurde. Die Förderbereitschaft der Bundesländer kann sich maßgeblich auf das Kaufverhalten der Konsumenten auswirken. In der empirischen Studie wird untersucht in wie weit sich der Konsument der Gefahren bewusst ist und was er bereit ist zu leisten. Sind Förderungen notwendig und in welcher Höhe und welche sonstigen Aspekte in die Entscheidung einfließen.

Englisch:

This study examines if and to what extent consumers are willing to contribute to environmental protection. In the first part I want to shed light on consumer morale, and the following questions have to be analyzed in order to understand this construct: Why does morale matter? How does morale influence a person's consumer behavior?

Furthermore we have to consider the dramatic effects of particulate matter on the environment and human beings. Compared to other environmental threats, particulate matter affects health directly. Air pollution is a common threat faced by every human being in Austrian cities, which again highlights the importance of this concern. The city of Graz is affected most, which clearly is the reason why local government implements incentive systems which align consumers' behavior and environmental necessities, e.g. financial aid for retrofitting diesel particulate filters (DPF). However this problem cannot be solved on a regional basis, since responsible issuers of diesel particulates might be miles away and their pollution is transported to Austria by winds. No effort should be spared to fight air pollution by diesel particulate considering the massive health threats faced by our population, which in turn affect economy through additional healing costs, illnesses and unnecessary deaths.

The next section presents possible technologies for minimizing diesel particulate emission, like the diesel particulate filter. There are two different systems, the "open" system and the "closed" system. A system is considered to be closed when the car leaves the factory with a filter system already integrated. The open system is more simplistic compared to the closed system and can be retrofitted. The problem faced with the latter is the blockage of the filter and filter cleaning to maintain the efficiency.

A general and hence national regulation regarding DPF does not exist in Austria so far, the problem is solved at a regional basis leading to different approaches in different provinces. As a result I had to contact each regional government separately to learn about their regulations and efforts concerning DPF. Vienna, lower Austria and Burgenland do not promote DPFs, there is no financial aid offered for necessary retrofitting. In comparison Upper Austria, Carinthia and Styria do promote DPFs. The governmental promotion of DPF might result in a higher retrofitting-rate by lowering consumers' skepticism and offering incentives to act in an environmentally-friendly spirit. The empirical part of this work is supposed to shed light on the following questions: Are consumers aware of the health threats they are exposed to? What are they willing to

contribute in order to minimize pollution and health risks? Are financial incentives necessary and if so, how high must their value be? Which other factors influence the consumers' decision-making process?

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>8</b>
1.1 Zielsetzung.....	8
1.2 Aufbau der Arbeit .....	8
<b>2. Die Moral bei freiwilligen Umweltaktionen</b> .....	<b>9</b>
<b>3. Feinstaub und die Belastung der Umwelt und Gesundheit</b> .....	<b>12</b>
3.1 Was ist Feinstaub? .....	12
3.2 Verursacher von Feinstaub .....	13
3.3 Auswirkungen von Feinstaub .....	19
3.3.1 Zusammenhang zwischen Teilchen und gesundheitlicher Belastung .....	19
3.3.2 Gesundheitliche Effekte.....	21
3.3.3 Risikogruppen .....	21
3.3.4 Gesundheitsfolgen in Zahlen ausgedrückt .....	22
3.4 Maßnahmen gegen Feinstaub .....	23
<b>4. Filtersysteme zur Reduktion des Feinstaubes</b> .....	<b>30</b>
4.1 Geschlossene Systeme.....	32
4.2 Offene Systeme .....	33
4.3 Passive Regeneration.....	34
4.4 Aktive Regeneration.....	35
<b>5. Förderung des Dieselpartikelfilters in Österreich</b> .....	<b>36</b>
5.1 Wien .....	36
5.2 Niederösterreich .....	37
5.3 Burgenland.....	38
5.4 Oberösterreich.....	38
5.5 Steiermark.....	39
5.6 Kärnten .....	39
5.7 Anreizsysteme des Staates.....	39
5.7.1 Regierungsauftrag .....	40
5.7.2 Zuschüsse .....	40
5.7.3 Kredite .....	40
5.7.4 Besteuerung.....	40
5.8 Auswirkungen der Dieselpartikelsituation ohne Anreize.....	40
<b>6. Wirtschaftlicher Aspekt von Dieselpartikelfilter</b> .....	<b>41</b>
6.1 Kosten-Nutzen-Analyse .....	42

6.1.1	Kosten-Nutzen-Analyse in der Schweiz .....	42
6.1.2	Kosten-Nutzen-Analyse anhand des Beispiels von Mexico City .....	44
6.1.3	Kostenanalyse von Strategien zur Umrüstung von Dieselfahrzeugen in den USA .....	47
<b>7.</b>	<b>Empirische Studie .....</b>	<b>49</b>
7.1	Erhebungsmethoden .....	49
7.2	Hypothesen .....	51
7.3	Auswertung .....	51
7.4	Hypothese 1 .....	55
7.4.1	Gesamte Beobachtung .....	56
7.4.2	Ergebnis Hypothese 1 .....	56
7.5	Hypothese 2 .....	58
7.5.1	Gesamtbeobachtung .....	58
7.5.2	Bundesländer mit Förderung .....	59
7.5.3	Bundesländer ohne Förderung .....	61
7.5.4	Ergebnis Hypothese 2 .....	62
7.6	Hypothese 3 .....	62
7.6.1	Gesamtbeobachtung .....	63
7.6.2	Ergebnis Hypothese 3 .....	65
7.7	Hypothese 4 .....	65
7.7.1	Gesamte Beobachtung .....	66
7.7.2	Ergebnis Hypothese 4 .....	67
<b>8.</b>	<b>Conclusio .....</b>	<b>68</b>
<b>9.</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>69</b>
Internetverzeichnis .....		69
Literaturverzeichnis .....		71
Abbildungsverzeichnis .....		76
Tabellenverzeichnis .....		77
<b>10.</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>78</b>
Fragebogen .....		78
Curriculum Vitae .....		83

# **1. Einleitung**

Die aktuelle Situation der Umwelt ist das Resultat des Konsums der Menschen. Es wird mehr Energie als je zuvor benötigt, um den Lebensstandard zu erhalten. Allein die Mobilität ist ein Faktor, der Unmengen an Ressourcen benötigt, in diesem Fall ist es das Erdöl. Die Verbrennungsmotoren als Antriebsart schaden der Umwelt in vielerlei Hinsicht. Einerseits wird durch die Verbrennung von Benzin CO<sub>2</sub> in die Luft freigesetzt, was eine Erwärmung der Temperatur auf der Erde zur Folge hat. Durch die Verbrennung von fossilen Kraftstoffen ist nicht nur der CO<sub>2</sub>-Ausstoß als indirekte Belastung zu sehen, sondern auch die dadurch bedingte Feinstaubbelastung. Dieser wirkt sich, anders als CO<sub>2</sub>, direkt auf die Gesundheit der Menschen aus.

## **1.1 Zielsetzung**

Ziel dieser Arbeit ist es, die Beweggründe bei der Entscheidung eine freiwillige Umweltaktion zu tätigen, zu erforschen. Welche Argumente spielen bei der Entscheidungsfindung einen Dieselpartikelfilter einzubauen eine Rolle? Können Anreizsysteme wie zum Beispiel die Förderung von Dieselpartikelfilter das Verhalten der Konsumenten beeinflussen? Weiters ist die Frage zu klären, ob das Bewusstsein zur Umwelt schon so stark ist, dass es nicht notwendig ist Lenkmaßnahmen zu ergreifen.

## **1.2 Aufbau der Arbeit**

In dieser Arbeit werden Einblicke aus einigen Disziplinen zusammengeführt, da das Thema Feinstaub den medizinischen, technischen als auch den wirtschaftswissenschaftlichen Bereich betrifft. Beim medizinischen Teil werden die Auswirkungen des Feinstaubes besprochen, (siehe Sydbom, Blomberg, Parina ua. 2001; Salvi, Blomberg, Rudell ua. 1999).

Der technische Teil befasst sich mit der Entwicklung der Nachrüsttechnologien um die Feinstaubemissionen zu reduzieren (siehe Jeong 2001, Adler 2005; Mayer 2006).

Der wirtschaftswissenschaftliche Teil beschäftigt sich mit den Kosten und den Nutzen von Nachrüsttechnologien (siehe Lükewille, Bertok, Amann ua. 2000; Stevens, Wilson, Hammitt 2005; Helmers 2006; Gao, Stasko 2009).

## 2. Die Moral bei freiwilligen Umweltaktionen

Um den Begriff Moral zu definieren, müssen wir wissen, dass es keinen allgemein gültigen Begriff für Moral gibt.

Die folgenden Ausführungen stützen sich hauptsächlich auf „Moral als Indikator und Kontext von Ökonomie; von Birger P. Priddat; 2007“.

So ist Moral viel mehr ein Zusammenstellen vieler Fragmente, diversen Frakta von Moral und Alltagskonzeptionen in einem Prospekt. Diese Kombination ist aber nur eine von vielen Möglichkeiten der Interpretation. Als Beispiel können religiöse Normen genannt werden, die uns viele Richtlinien des Zusammenlebens vorgegeben haben. In der katholischen Kirche sind es die „10 Gebote“, die das Leben regeln sollen.

Durch den Wandel der Zeit sind neue Moralen entstanden, da die alten Vorstellungen nicht mehr zeitgemäß sind. Trotzdem sind wir in unserem Denken nicht so weit, um Veränderungen die auf unser Leben Einfluss haben, zu akzeptieren und umzusetzen.

Die neuen Moralen können sich auf die alten stützen oder diese weiterentwickeln, um den geltenden Anforderungen zu entsprechen.

Die modernen Moralen können individuelle Moralfrakta beinhalten, aber auch formellen oder informellen Regeln folgen, die zusätzlich von komplexen Moralen durch die Politik korrigiert werden.

Um eine Entwicklung unserer Moralen einerseits und andererseits auch unsere Grundeinstellung verändern zu können, sollten wir folgende Fragen erörtern, um die Gültigkeit der Moralen zu gewährleisten.

- Was soll ich tun?
- Woran soll ich mich orientieren?
- Was gilt?
- Was gilt nicht?
- Woran soll ich mich halten?

So stellt die eigene Moral immer eine multidimensionale Fragestellung dar, welche eine ebensolche Abhandlung und Beantwortung fordert.

In der Ökonomie ist der Wandel der Moral durch die zeitliche Komponente zu verstehen. Es handelt sich um einen Prozess der die Demoralisierung des wirtschaftlichen Handelns offenlegt.

Die Entwicklung in der Industrieökonomie geht in zwei Richtungen. Einerseits wird die Ethik in die Ökonomie implementiert und andererseits wird die zugrunde liegende ethische Problematik aus der Wohlfahrtsökonomie externalisiert. Das hat zur Folge, dass das individuell moralische Handeln entlastet wird, aber das staatliche Handeln belastet wird.

Durch den immer schneller werdenden moralischen Wandel sind Tugenden, die erlernt wurden, sehr schnell nicht mehr zeitgemäß. Es entstehen Unterschiede zwischen Generationen, Einkommensklassen sowie sozialen Schichten. Jede Gruppe hat einen anderen Zugang zu den Moralien, jede Gruppe sieht Moral anders, woraus sich ein differenzierter Handlungsspielraum für den Einzelnen entwickelt.

Der gelernte Sinn von Handlungen ist nicht mehr vereinbar mit der sich verändernden gesellschaftlichen Wechsellage. Was früher noch als sinnvoll erschien, ist heute nicht mehr anwendbar und bedarf daher einer umfassenden Adaptierung.

Die heutige Zeit fordert viele Moralien, aber es bestehen Schwierigkeiten zu sehen was moralisch korrekt ist. Im Umweltschutz sind beispielsweise viele Ansätze gegeben, um einen Beitrag zu leisten, aber hier besteht das Problem, dass nicht alles was den Anschein hat richtig zu sein, auch positive Auswirkungen auf die Umwelt hat. Beispielhaft ist das Elektroauto zu nennen, das vielleicht mit Strom aus einem kalorischen Kraftwerk angetrieben wird, das die Luft stark verschmutzt. Im Optimalfall wird das Elektroauto mit „grüner“ Energie aus Wasserkraftwerken, Windkraftanlagen, usw. versorgt.

Wann eine Moral noch gültig ist und wann sie ersetzt werden muss, ist in einem Erörterungszusammenhang über die strategische Qualität von Moralien zu diskutieren.

In einem nächsten Schritt muss erörtert werden, ob und wann wir moralisch richtig oder einfach nur subjektiv klug handeln. Hierzu ist es notwendig zwischen moralischem und klugem Handeln zu differenzieren. Der folgende Abschnitt soll Einblicke darüber geben wie diese beiden Handlungsalternativen unterschieden werden können.

Das kluge Handeln wird von der eigenen Person dominiert, welches in der Zukunft eine Entscheidungsrolle spielt. Im Gegensatz dazu dient das moralische Handeln dem Allgemeinwohl und hierbei kann es durchaus notwendig sein, eigene Vorteile in den Hintergrund zu stellen oder gar zu Gunsten anderer aufzugeben.

Wir handeln klug solange es einen Vorteil für uns bringt, es sind somit Maßnahmen notwendig um gewisse Spielregeln aufrecht zu erhalten. Zum Beispiel, wenn wir keinen Vorteil für uns sehen einen Partikelfilter nachzurüsten, müssen vom Staat die

Rahmenbedingungen geschaffen werden, um einen Vorteil für den Konsumenten sichtbar zu machen.

Wenn moralisch gehandelt wird, kann das auch nur so lange erfolgen, solange man sich die Moral leisten kann. Aufgrund dessen müssen andere Richtlinien bestehen, um die Umwelt zu schützen und hier kommt nur der Staat in Frage. Der Staat ist ein Universalinstitut, welches die öffentlichen Güter, wie zum Beispiel saubere Luft, für alle gewährleisten muss. Der Staat hat dafür zu sorgen, dass die Gemeinschaft nicht auf das Wohlwollen Einzelner angewiesen ist, sondern alle Möglichkeiten nutzt, um die öffentlichen Güter allen zugänglich zu machen. Dies kann mit Anreizsetzung durch Förderungen oder Steuervorteile, aber auch durch Gesetze erreicht werden.

Im letzten Teil dieser Arbeit wird sich durch die empirische Studie zeigen, ob die beobachteten Personen eher moralisch handeln, ohne den eigenen Vorteil in den Vordergrund zu stellen, oder eher klug handeln, indem sie nur solange eine freiwillige Umweltaktion tätigen, solange sie einen Vorteil für sich selbst erzielen können.

### **3. Feinstaub und die Belastung der Umwelt und Gesundheit**

In diesem Kapitel soll hauptsächlich das Thema Feinstaub diskutiert werden. Die folgenden Ausführungen stützen sich hauptsächlich auf „Feinstaub und Gesundheit“ von Heimbürger, G. u.a. (2008).

Zunächst wird der Begriff Feinstaub erläutert, um in einem nächsten Schritt die Verursacher des Feinstaubes zu identifizieren. Die Auswirkungen und Maßnahmen sind die abschließenden Punkte in diesem Kapitel.

#### **3.1 Was ist Feinstaub?**

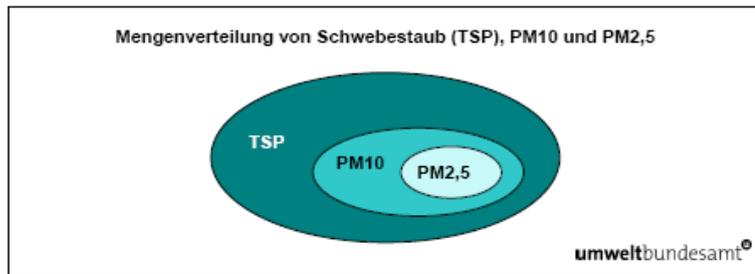
Feinstaub ist der Sammelbegriff für sehr kleine Teilchen, die in der Luft schweben. Es ist ein komplexes und heterogenes Gemisch von flüssigen und festen Teilchen. Das Kriterium, nachdem Feinstaub unterteilt wird, ist die Größe der Teilchen. Die Unterteilung erfolgt in folgenden Größen und ist in Mikrometer (Tausendstel Millimeter) und dem englischen Begriff „Particulate Matter“, abgekürzt PM, gekennzeichnet.

- PM<sub>10</sub>
- PM<sub>2,5</sub>
- PM<sub>1</sub>

Teilchen, die einen Durchmesser größer oder gleich 10 µm haben, können noch im Rachen oder der Nase gefiltert werden.

Teilchen, die einen Durchmesser größer oder gleich 2,5 µm haben, gelangen in die Lunge, werden aber durch die Flimmerhärchen oder die Schleimhaut gefiltert.

Alle Teilchen zusammen werden Gesamtschwebstaub genannt oder im Englischen „Total Suspected Particulate“ (TSP). In Abbildung 1 sehen wir die grafische Darstellung der Anteile und die Größeneinteilung der Partikel im Gesamtschwebstaub.



Schematische  
Darstellung der  
Mengenverteilung von  
TSP, PM10 und PM2,5.

Abb. 1<sup>1</sup>

Weiters kann der Feinstaub nach seiner Entstehung in primäre Partikel und sekundäre Partikel unterteilt werden. Die primären Partikel sind Feinstaub, welcher direkt in die Luft freigesetzt wird, zum Beispiel aus Verbrennungsvorgängen. Die sekundären Partikel entstehen aus Vorläufersubstanzen durch chemische Reaktionen in der Luft. Vorläufersubstanzen sind unter anderem Schwefeldioxid, Stickstoffoxid, Ammoniak und flüchtige organische Verbindungen (Lösungsmittel oder flüssige Treibstoffe).

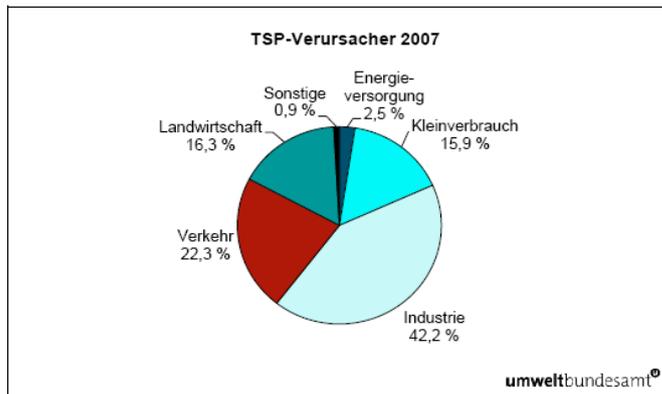
### 3.2 Verursacher von Feinstaub

Es ist nicht einfach die Versucher von Feinstaub ausfindig zu machen, da viele Faktoren eine Rolle spielen, die zu Feinstaubbelastungen führen. Zum Ersten ist es die Eigenproduktion der vielen Wirtschaftssektoren, die die Umwelt belasten und zum anderen sind dies Ferntransporte von Feinstaub aus Gegenden, die bis zu mehreren 100 km entfernt sind. Im Folgenden findet sich eine Auflistung der Verursacher samt detaillierter Beschreibung.

- Industrie
- Kleinverbrauch (Hausbrand, vor allem Verbrennung von festen Brennstoffen)
- Verkehr (Emissionen aus Verbrennung von Kraftstoffen, Abrieb bei Bremsvorgängen und Aufwirbelungen)
- Landwirtschaft (Viehhaltung und Bearbeitung landwirtschaftlicher Flächen)
- Energieversorgung
- Feinstaub aus anderen Regionen

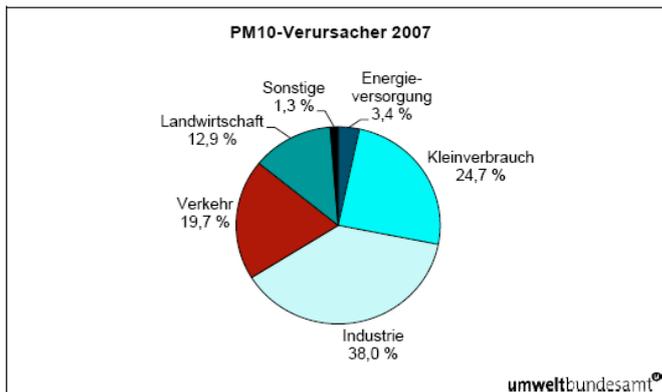
In Abbildungen 2-4 werden die Anteile der einzelnen Sektoren für TSP, PM<sub>10</sub> und PM<sub>2,5</sub> dargestellt.

<sup>1</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite 20



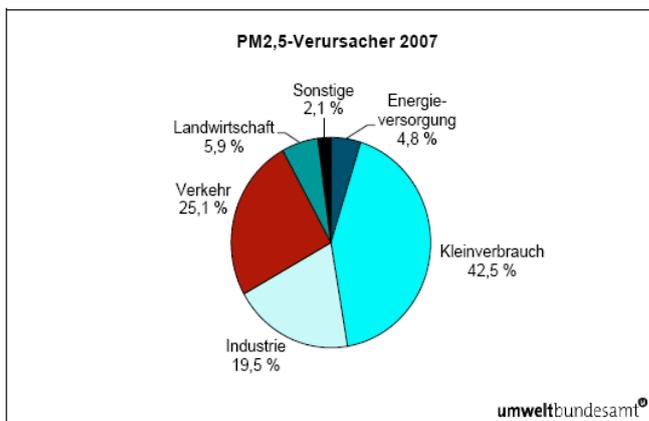
Anteile der Verursachersektoren an den TSP-Emissionen Österreichs 2007.

Abb. 2<sup>2</sup>



Anteile der Verursachersektoren an den PM10-Emissionen Österreichs 2007.

Abb. 3<sup>3</sup>



Anteile der Verursachersektoren an den PM2,5-Emissionen Österreichs 2007.

Abb. 4<sup>4</sup>

Aus diesen Abbildungen ist zu sehen, dass die kleinen und damit auch gefährlichen Teilchen PM<sub>2,5</sub> hauptsächlich aus dem Kleinverbrauch mit 42,5% und dem Verkehr mit 25,1% stammen.

<sup>2</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite 21

<sup>3</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite 21

<sup>4</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite 22

## Industrie

Die Verursacher von Feinstaub in der Industrie sind wiederum sehr vielfältig, wie zum Beispiel Schwerindustrie, chemische Industrie, Papierindustrie, die industrielle Nahrungsmittelproduktion, mineralverarbeitende Industrie und der Bergbau. Die Emissionen im industriellen Sektor haben sich sehr unterschiedlich entwickelt. Der Anteil an  $PM_{10}$  ist gestiegen, im Gegensatz dazu ist der Anteil an  $PM_{2,5}$  allerdings gefallen. Der Grund hierfür ist die unterschiedliche Entwicklung der verschiedenen Emittenten. Wesentliche Minderungsmaßnahmen sind in dem Bereich der Metallverarbeitung durchgeführt worden. Ein großer Punkt sind die Off Road Maschinen mit Verbrennungsmotoren, bei denen viel gemacht werden kann. In diesen Fällen kann der immense Feinstaubausstoß mittels Dieselpartikelfilter maßgeblich reduziert werden.

## Kleinverbrauch

Auch dieser Bereich umfasst eine breite Palette an Emittenten, wie zum Beispiel Verbrennung im Haushalt, Gewerbe und öffentlichen Gebäuden, Feuerungsanlagen in Land und Forstwirtschaft, Off Road Geräte des Kleinverbrauchs (Rasenmäher oder Traktoren), Brauchtuksfeuer (Oster oder Adventfeuer) und Holzkohlegrill.

In Österreich haben wir einen großen Anteil an Holzfeuerungen. Die positiven Aspekte der Holzfeuerung sind die guten  $CO_2$  Bilanzen, dennoch gibt es auch eine Kehrseite. Durch das Verbrennen von Holz entstehen andere Schadstoffe, wie zum Beispiel Co, Cd, Hg, PAK (polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe), Dioxine und Feinstaub. Kohle verliert generell als Brennstoff an Bedeutung, kann aber regional zu höheren Feinstaubbelastungen führen. In letzter Zeit gab es durch diverse Maßnahmen eine Reduktion von Feinstaub.

## Verkehr

Der Verkehr ist mit einem Anteil von ca. 23% an TSP der drittgrößte Emittent an Feinstaub. Die Verschmutzung stammt hauptsächlich aus dem Straßenverkehr und dem Flugverkehr. Der Schiffs- und Bahnverkehr emittiert nur einen sehr geringen Anteil an Feinstaub. Seit 1990 kam es zu einer Zunahme von 38% an  $PM_{10}$  und eine Zunahme von 36% an  $PM_{2,5}$  in diesem Sektor. Hauptursachen für die Emission sind die Verbrennungsvorgänge, der Abrieb bei Bremsvorgängen und Aufwirbelungen. Bei Verbrennungsvorgängen ist in erster Linie der Dieselmotor durch das Antriebssystem für die Entwicklung von Feinstaub verantwortlich. Bei Abrieb und Aufwirbelungen ist die Antriebsart irrelevant. Die starke Zunahme ist auf die gestiegene Zahl der Kraftfahrzeuge, deren Gewicht und Leistung zurückzuführen.

## Landwirtschaft

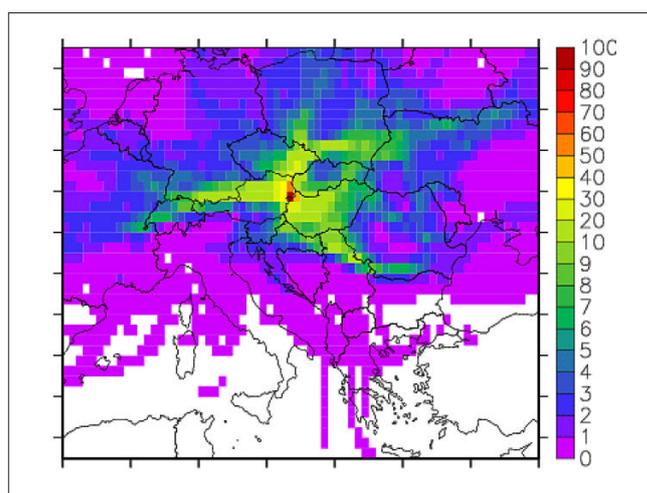
In der Landwirtschaft wird ebenfalls Feinstaub emittiert. Als Verursacher sind Viehhaltung, Grünlandbewirtschaftung und ackerbauliche Tätigkeiten zu nennen. Seit 1990 gab es eine Reduktion von Feinstaub bei  $PM_{10}$  um 4,1% und bei  $PM_{2,5}$  um 4,9%.

## Energieversorgung

Bei der Energieerzeugung sind es vor allem die kalorischen Kraftwerke, die zur Erzeugung von Strom und Fernwärme betrieben werden, die für die Feinstaubbelastung in diesem Sektor verantwortlich gemacht werden können. Obwohl in Österreich die Stromerzeugung zu 60% in Wasserkraftwerken abgewickelt wird, kommt es durch unterschiedliche Wetterbedingungen oder durch den Verkauf von Strom an der Strombörse mittels kalorischer Kraftwerke zu einer zusätzlichen Erzeugung. Im Jahr 2000 war Österreich ein Nettoexporteur von Strom und im Jahr 2007 musste 10% zugekauft werden. Weitere Feinstaubbelastung geht aus der Förderung und Verarbeitung von Erdöl, Erdgas und Kohle hervor. Grundsätzlich kann man in diesem Sektor, wie zuvor schon in der Industrie, eine Steigerung des Feinstaubausschusses beobachten.

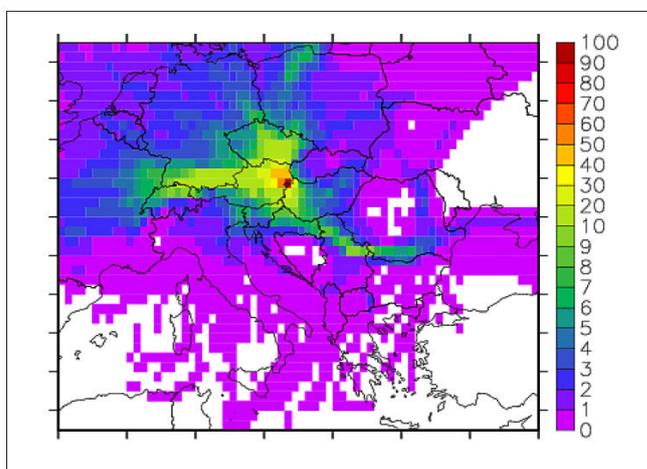
## Ferntransport von Feinstaub

Ein großer Teil der Feinstaubbelastung stammt in der Mehrzahl aus sehr belasteten Regionen Österreichs, wie zum Beispiel Wien, nicht aus eigener Verschmutzung, sondern aus Ländern, die bis zu 100 km oder weiter entfernt sind. Verantwortlich sind die geologischen und meteorologischen Gegebenheiten. Abbildungen 5 und 6 zeigen die örtlichen Zusammenhänge der Feinstaubbelastung.



Häufigkeitsverteilung der Rückwärtstrajektorien für Illmitz, Winter 2002/03.  
Die Farbskalerung gibt die Häufigkeit in Prozent an, mit der die Rückwärtstrajektorien die einzelnen Rasterfelder überquert haben.

Abb. 5<sup>5</sup>



Häufigkeitsverteilung der Rückwärtstrajektorien für Illmitz, Winter 2003/04.  
Die Farbskalerung gibt die Häufigkeit in Prozent an, mit der die Rückwärtstrajektorien die einzelnen Rasterfelder überquert haben.

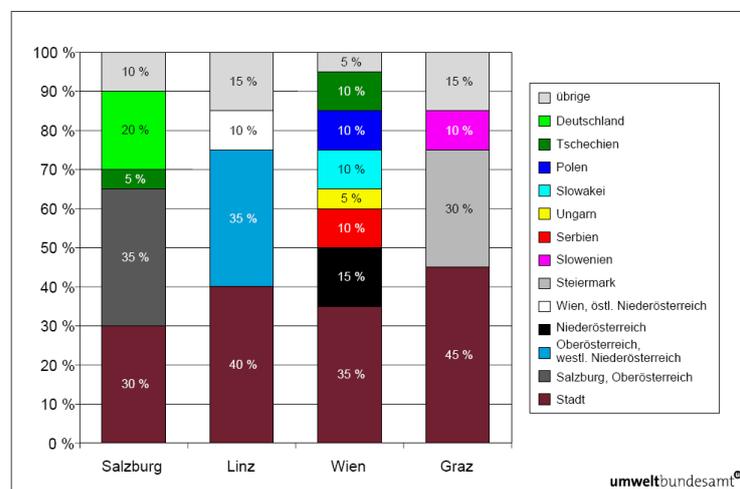
Abb. 6<sup>6</sup>

<sup>5</sup> Spangl, W.; u.a. (2008), „Jahresbericht der Luftgütemessung in Österreich 2007“, Reports, Bd. REP-153, Umweltbundesamt, Wien: Seite 49

<sup>6</sup> Spangl, W.; u.a. (2008), „Jahresbericht der Luftgütemessung in Österreich 2007“, Reports, Bd. REP-153, Umweltbundesamt, Wien: Seite 49

Südliche Teile Österreichs sind sehr stark von Ostwinden betroffen und so hat der transportierte Feinstaub seinen Ursprung in Osteuropa und stammt aus den oft nicht sehr umweltfreundlichen Kraftwerken in diesen Gebieten. Der Ursprung dieser Partikel wird anhand von Emissionsinventuren und Rückwärtstrajektorien erforscht. Die Herkunftsländer konnten auf das südöstliche und östliche Europa eingegrenzt werden. Es sind Länder wie Rumänien, Serbien, Ungarn, Tschechien und Südpolen, welche für den Ferntransport von Feinstaub verantwortlich gemacht werden können. Winde aus Nordwesten tragen aufgrund der höheren Geschwindigkeit weniger zur Feinstaubbelastung bei, als Winde aus Südosten.

Abbildung 7 zeigt die Zusammensetzung des Feinstaubes nach Herkunftsländern für die Städte Salzburg, Linz, Wien und Graz.



Ab schätzung der relativen Anteile verschiedener Herkunftsregionen an der PM10-Belastung in Salzburg, Linz, Wien und Graz (Tage über 45 µg/m<sup>3</sup>); gerundet auf 5 %. Die Anteile gelten für den städtischen Hintergrund.

Abb. 7<sup>7</sup>

Wien hat beispielsweise 45% seiner Feinstaubbelastung aus Ländern wie Serbien, Ungarn, Slowakei, Polen und Tschechien. Als größter Feinstaubverursacher für Niederösterreich wurde das Stahlwerk Kostolac bei Belgrad identifiziert. Dieses Kraftwerk ist zweitgrößter Einzelemittent an Feinstaub mit 16,8 kt in Europa. Als zweitgrößter Verursacher für Niederösterreich ist das Kraftwerk Ledvice in Tschechien zu nennen.

Wenn man diese Informationen in die Überlegungen zur Reduktion von Feinstaub einbezieht, dann muss sehr viel auf internationaler Ebene unternommen werden, um den Umweltschutz voranzutreiben. Zur Verbesserung der Lage muss der Staat als leitende

<sup>7</sup> Spangl, W.; u.a. (2008), „Jahresbericht der Luftgütemessung in Österreich 2007“, Reports, Bd. REP-153, Umweltbundesamt, Wien: Seite 41

Hand eingreifen und Rahmenbedingungen schaffen, welche den Feinstaubausstoß reduzieren und den Umweltschutz fördern.

### **3.3 Auswirkungen von Feinstaub**

In diesem Abschnitt wird der Zusammenhang zwischen der Teilchengröße und deren Effekt auf die Gesundheit erörtert. Außerdem werden die gesundheitliche Belastung und Risikogruppen abgehandelt. Zum Schluss werden zum besseren Verständnis die Auswirkungen in Zahlen dargestellt.

#### **3.3.1 Zusammenhang zwischen Teilchen und gesundheitlicher Belastung**

Da sich der Gesamtschwebstaub aus vielen verschiedenen Teilchen zusammensetzt und nicht jedes Teilchen dieselben Auswirkungen auf die Gesundheit hat, müssen die Charakteristiken der Teilchen zur Bestimmung der gesundheitlichen Folgen genau beobachtet werden. Der Partikelgröße kommt in diesem Zusammenhang vorrangige Bedeutung zu. Der menschliche Körper besitzt unterschiedliche Mechanismen zur Reinigung der Luft, dies ist auch der Hauptgrund warum die Größe der Partikel entscheidend ist. Die Reinigung der Luft erfolgt zuerst in der Nase und dem Rachen, danach wird die Luft in der Lunge durch Flimmerhärchen und Schleimhaut gesäubert.

Je größer die Teilchen, desto weiter oben im Körper werden sie gefiltert. Partikel mit einer Größe von mehr als  $PM_{10}$  ( $10\ \mu\text{m}$ ; 10 Tausendstel Millimeter) können den Kehlkopf nicht passieren.

Teilchen, die einen größeren Durchmesser als  $PM_{2,5}$  haben, werden durch die oberen Atemwege (Nase, Rachen, Kehlkopf und Luftröhre) abgefangen. Wenn die Partikel dennoch in die Bronchien gelangen, werden sie durch Flimmerhärchen und Schleimhaut abgefangen und beseitigt.

Teilchen, die kleiner als  $PM_{2,5}$  sind, können tief in die Lunge und die kleinen Bronchien eindringen. Die Folge des Eindringens können Entzündungen sein, die sich in akuter Bronchitis oder Asthmaanfällen manifestieren. Viele dieser Teilchen stammen aus Aggregation und zusammengeballten Rußteilchen.

Teilchen aus Verbrennungsvorgängen (Ruß), die kleiner als  $PM_{0,1}$  sind (ultrafeine Partikel, UFP), können bis in die Lungenbläschen vordringen, wo der Sauerstoffaustausch

stattfindet. In dieser Gegend findet die Reinigung durch das Immunsystem statt. Die Reinigung erfolgt äußerst langsam und wenn die verantwortlichen Zellen mit der Reinigung nicht nachkommen, wird in den Lungenbläschen eine entzündliche Reaktion ausgelöst. Weiters können die ultrafeinen Partikel in die Blutgefäße eindringen und sich im gesamten System verteilen, wie beispielsweise in Milz oder Leber. Je kleiner die Partikel sind, desto größer ist die Fläche, die für den Transport von anderen Schadstoffen dient. Folgende Abbildung 8 zeigt ein Ultrafeinteilchen und Schadstoffe auf dessen Oberfläche.

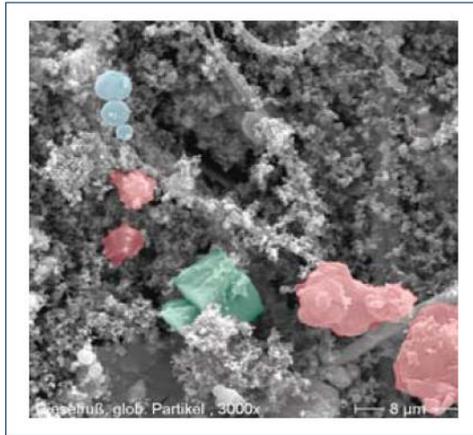


Abb.8<sup>8</sup>

Durch die große Gesamtfläche an UFP und dem damit verbundenen Transport gesundheitsgefährdender Schadstoffe, sind die UFP schädlicher als gröbere Partikel. Feine Staubteilchen stammen aus Verbrennungsvorgängen wie zum Beispiel dem Straßenverkehr, dem Zigarettenrauch oder aber der Verbrennung von Feststoffen.

---

<sup>8</sup> [http://www.verwaltung.ktn.gv.at/cgi-bin/evoweb.dll/cms/akl/37919\\_DE-Dateien-Feinstaub\\_und\\_Gesundheit.pdf](http://www.verwaltung.ktn.gv.at/cgi-bin/evoweb.dll/cms/akl/37919_DE-Dateien-Feinstaub_und_Gesundheit.pdf): Zugriff: 15.10.2009; 18:47; Seite 9

### 3.3.2 Gesundheitliche Effekte

Wie im letzten Kapitel erläutert, haben unterschiedliche Staubfraktionen unterschiedliche gesundheitliche Auswirkungen. Es muss aber darauf aufmerksam gemacht werden, dass keine Fraktion harmlos oder wirkungslos ist.

Die gesundheitlichen Folgen können im Folgenden zusammengefasst werden:

- Beeinträchtigung des Schwangerschaftsverlaufs
- entzündliche Veränderung der Atemwege (Bronchitis, Asthmaanfälle)
- verminderte Lungenfunktion
- akute Mittelohrentzündung
- Schädigung des Herzkreislaufsystems
- Herzinfarkt

Für den Fall des Feinstaubes haben wir keine Expositions-Wirkungsbeziehung. Das bedeutet, dass es keine festen Werte gibt, unter denen Feinstaub nicht belastet. Generell kann man sagen, dass das Gesundheitsrisiko größer ist, wenn die Feinstaubbelastung größer ist.

### 3.3.3 Risikogruppen

Wie bei allen gesundheitlichen Belastungen hat auch Feinstaub seine zugehörigen Risikogruppen. Zu diesen zählen Kleinkinder bis zu einem Alter von zwei Jahren, ältere Menschen und vorgeschädigte Personen mit Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems oder der Atemwege, sowie Diabetiker.

Kinder, die der Umweltbelastung ausgesetzt sind, leiden zum Beispiel öfter an Bronchitis. Bei einem Anstieg von 10 Mikrogramm Feinstaub,  $PM_{10}$  pro  $m^3$  Luft im Jahresmittel, steigt das Risiko, dass Kinder an Bronchitis erkranken um 20-40%. Es wurde auch beobachtet, dass es einen Zusammenhang von Mittelohrentzündungen bei Kleinkindern und verkehrsbedingten Luftschadstoffen,  $PM_{2,5}$  und Stickoxiden, gibt. In den Atemwegen werden Entzündungen verursacht, die die Flimmerhärchen beeinträchtigen. Eine verminderte Funktionsfähigkeit der Flimmerhärchen erhöht das Risiko für Atemwegsinfektionen, die die Ursache für die Entstehung von Mittelohrentzündungen darstellen.

### 3.3.4 Gesundheitsfolgen in Zahlen ausgedrückt

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den absoluten Zahlen, die die Folgen der Luftverschmutzung dokumentieren. Abbildung 9 zeigt die Vielzahl zusätzlicher Erkrankungen auf, welche der Luftverschmutzung zuzurechnen sind. Im Besonderen sei hier der durch den Straßenverkehr verursachte Anteil der Belastung zu beachten. So kommt es zu einem Zuwachs der Sterblichkeit von 5.600 Fällen pro Jahr oder zu zusätzlichen 34.700 Asthmaanfällen von unter 15-Jährigen in einem Jahr.

	Fälle oder Tage	
	wegen gesamter Luftverschmutzung	dem Straßenverkehr zurechenbar
Langfristige Sterblichkeit (Erwachsene >30 Jahre)	5.600	2.400
Spitalsaufnahmen wegen Atemwegserkrankungen	3.400	1.500
Spitalsaufnahmen wegen Herz-Kreislauf-Krankheiten	6.700	2.900
Inzidenz chronischer Bronchitis (Erwachsene >25 Jahre)	6.200	2.700
Bronchitis (Kinder <15 Jahre)	47.700	20.600
Tage mit eingeschränkter Aktivität (Erwachsene >20 Jahre)	3,1 Mio.	1,3 Mio.
Asthmaanfälle (Kinder <15 Jahre)	34.700	15.000
Tage mit Asthmaanfällen (Erwachsene >15 Jahre)	94.000	40.000

Gesundheitliche Auswirkungen der Luftverschmutzung in Österreich (Künzli et al. 2000).

Abb. 9<sup>9</sup>

Aufgrund des Feinstaubes kommt es in Österreich laut dem CAFE (Clean Air for Europe Programme) zu einer kürzeren Lebenserwartung von etwa acht Monaten. Aufgrund unterschiedlicher regionaler Umweltbelastungen haben wir unterschiedliche negative Auswirkungen auf die Lebenserwartungen in den Städten Österreichs:

- Salzburg: 7 Monate
- Klagenfurt: 9 Monate
- Wien: 12 Monate

---

<sup>9</sup> Künzli, N. u.a. (2000); "Public-Health Impact of Outdoor and Traffic-Related Air Pollution; a European Assessment", The Lancet 356:795-801; Seite 34

– Graz: 17 Monate

Die Gesundheitskosten, die durch die Luftverschmutzung entstehen, können mit drei Milliarden Euro<sup>10</sup> pro Jahr beziffert werden.

### **3.4 Maßnahmen gegen Feinstaub**

Seit dem Jahr 1999 wird in Österreich die Belastung durch Feinstaub gemessen. Im Rahmen des IG L (Immissionsschutzgesetz Luft) wird die Luftgüte in Österreich mithilfe eines Messnetzes überprüft. In der Messkonzeptverordnung sind die Art der Messung und die Anzahl der Messstationen geregelt. Für PM<sub>10</sub> ist eine Anzahl von 77 Messstationen vorgegeben. In Österreich sind allerdings 131 Messstationen im Jahr 2007 betrieben worden.

Das IG L legt Grenzwerte für Schadstoffe fest, sodass die menschliche Gesundheit geschützt wird. Die Schadstoffe, die laut IG L gemessen werden müssen, sind Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>), Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Kohlenmonoxid (CO), Benzol, PM<sub>10</sub>, usw. Die Grenzwerte für Feinstaub sind in folgender Abbildung 10 zu sehen:

PM10	50 µg/m <sup>3</sup>	Tagesmittelwert; pro Kalenderjahr ist die folgende Zahl von Überschreitungen zulässig: bis 2004: 35, von 2005 bis 2009: 30, ab 2010: 25
PM10	40 µg/m <sup>3</sup>	Jahresmittelwert

Abb. 10<sup>11</sup>

Seit 2008 hat die EU eine neue Richtlinie für die Güte der Luft erlassen. In diese Richtlinie ist auch PM<sub>2,5</sub> aufgenommen. In Abbildung 11 sind die Ziele für PM<sub>2,5</sub> bis zum Jahr 2020 festgelegt.

<sup>10</sup> Künzli, N. u.a. (2000); "Public-Health Impact of Outdoor and Traffic-Related Air Pollution; a European Assessment", The Lancet 356:795-801; Seite 35

<sup>11</sup> Spangl, W.; u.a. (2008), „Jahresbericht der Luftgütemessung in Österreich 2007“, Reports, Bd. REP-153, Umweltbundesamt, Wien: Seite 17

Wert	Grenz/Zielwert	Toleranzmarge	Frist für die Einhaltung
25 µg/m <sup>3</sup>	Zielwert <sup>1)</sup>	–	1. Jänner 2010
25 µg/m <sup>3</sup>	Grenzwert <sup>2)</sup>	20 % am 11.6.2008, Reduzierung am folgenden 1. Jänner und danach alle 12 Monate um einen jährlich gleichen Prozentsatz bis auf 0 % am 1. Jänner 2015	1. Jänner 2015
20 µg/m <sup>3</sup>	<sup>3)</sup>		1. Jänner 2020

<sup>1)</sup> muss mit Maßnahmen erreicht werden, die keine übermäßigen Kosten verursachen

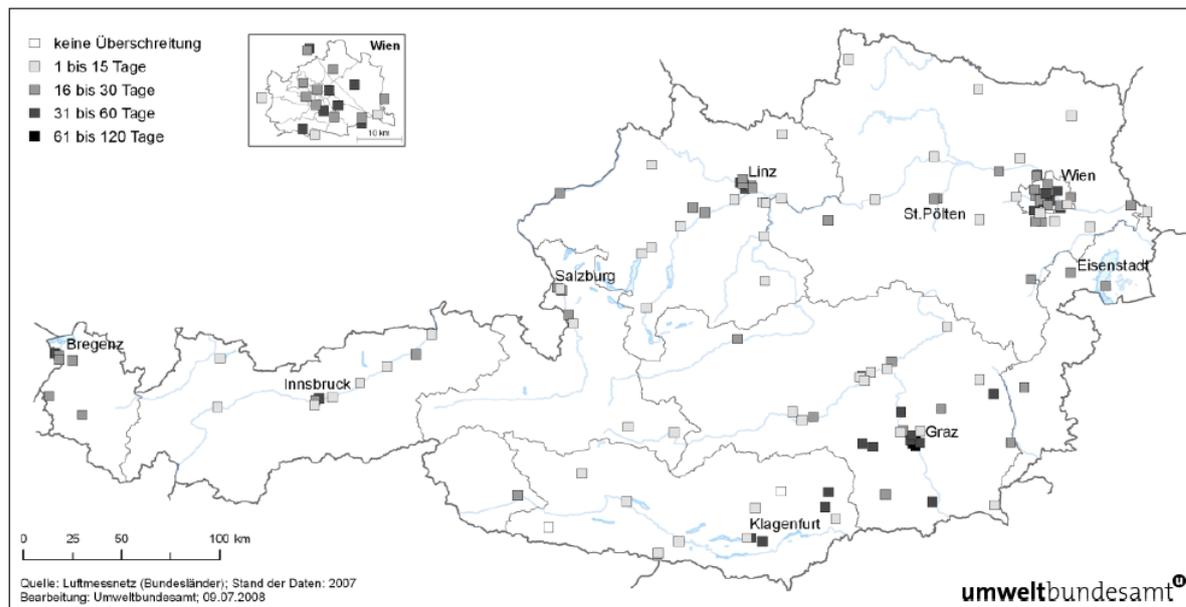
<sup>2)</sup> ist im gesamten Bundesgebiet einzuhalten und darf nach dem angegebenen Datum nicht mehr überschritten werden

<sup>3)</sup> Richtgrenzwert, der von der Kommission im Jahr 2013 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

Grenz- und Zielwertfestlegungen der neuen Luftqualitätsrichtlinie für PM<sub>2,5</sub>.

Abb. 11<sup>12</sup>

Die Grenzwerte werden in Österreich oft überschritten. In Abbildung 12 sind die in Österreich betroffenen Regionen dargestellt.



Anzahl der Tagesmittelwerte für PM<sub>10</sub> über 50 µg/m<sup>3</sup> im Jahr 2007.

Abb. 12<sup>13</sup>

Bei Betrachtung der Abbildung 13 ist zu erkennen, dass das Gebiet bei Graz die am stärksten belastete Gegend Österreichs ist. Aber auch viele andere Gebiete sind stark vom Feinstaub betroffen.

<sup>12</sup> Spangl, W.; u.a. (2008), „Jahresbericht der Luftgütemessung in Österreich 2007“, Reports, Bd. REP-153, Umweltbundesamt, Wien: Seite 20

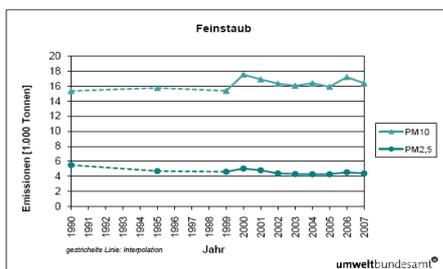
<sup>13</sup> Spangl, W.; u.a. (2008), „Jahresbericht der Luftgütemessung in Österreich 2007“, Reports, Bd. REP-153, Umweltbundesamt, Wien: Seite 37

Gebiet	Messstelle	Methode <sup>14</sup>	TMW > 50 µg/m <sup>3</sup>	max. TMW (µg/m <sup>3</sup> )	JMW (µg/m <sup>3</sup> )
K	Klagenfurt Völkermärker Str.	Grav	42	116	32
K	St. Andrä i.L.	Sharp	32	101	30
K	Wolfsberg Hauptschule	Grav	42	126	32
N	Klosterneuburg B14	FDMS	34	102	26
N	Schwechat	FDMS	37	87	27
O-L	Linz Neue Welt	Grav	35	124	28
O-L	Linz Römerbergtunnel	Grav	41	181	32
St	Hartberg	TEOM	32	89	28
St	Knittelfeld Parkstraße	TEOM	32	93	27
St	Köföach	TEOM	35	109	30
St	Leibnitz	beta	46	134	30
St	Peggau	TEOM	34	113	32
St	Voitsberg Mühlgasse	TEOM	32	97	29
St-G	Graz Don Bosco	Grav	76	209	40
St-G	Graz Mitte	TEOM	63	197	36
St-G	Graz Nord	TEOM	37	129	30
St-G	Graz Ost Petersgasse	TEOM	59	146	35
St-G	Graz Süd Tiergartenweg	Grav	66	300	36
St-G	Graz West	beta	46	231	30
T	Innsbruck Reichenau	Grav	46	131	29
V	Höchst Gemeindeamt	Grav	32	99	27
W	Belgradplatz	Grav	33	98	26
W	Liesing	Grav	52	89	29
W	Rinnböckstraße	Grav	48	99	30
W	Stadlau	beta	36	99	27
W	Taborstraße	beta	48	95	29

Grenzwertüberschreitungen bei PM10 gemäß IG-L 2007.

Abb. 13<sup>14</sup>

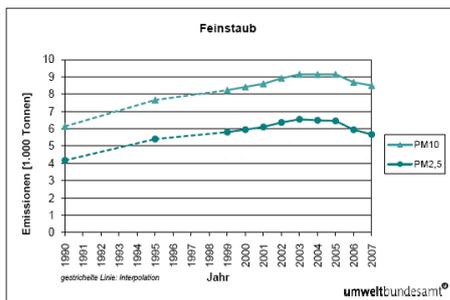
Es muss eine Vielzahl an Maßnahmen gesetzt werden, welche an unterschiedlichsten Ebenen wirken, um die Feinstaubbelastung nachhaltig zu reduzieren. Der Maßnahmenkatalog ist sehr groß, aber auch jeder Einzelne kann etwas für die Emissionsreduktion tun. Leider zeigen die Tabellen 14-18, dass sich die Menge an Feinstaub nicht in allen Bereichen verringert, sondern sich mitunter sogar vergrößert hat.



Anm.: Die Daten der Jahre 1991–1994 und 1996–1998 wurden mittels Interpolation ermittelt und sind daher gestrichelt dargestellt.

PM10- und PM2,5-  
Emissionstrend  
des Sektors Industrie  
1990–2007.

Abb.14<sup>15</sup>



Anm.: Die Daten der Jahre 1991–1994 und 1996–1998 wurden mittels Interpolation ermittelt und sind daher gestrichelt dargestellt.

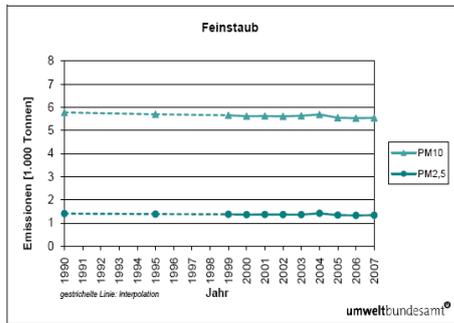
PM10- und PM2,5-Trend  
des Verkehrssektors  
1990–2007.

Abb. 15<sup>16</sup>

<sup>14</sup> Spangl, W.; u.a. (2008), „Jahresbericht der Luftgütemessung in Österreich 2007“, Reports, Bd. REP-153, Umweltbundesamt, Wien: Seite 37 ff

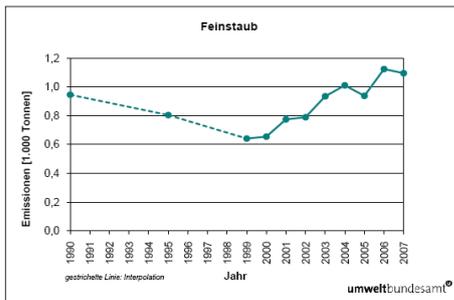
<sup>15</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite Seite 80

<sup>16</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite Seite 87



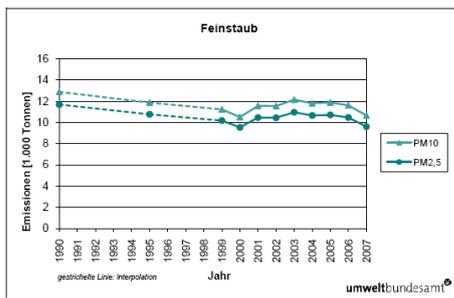
Anm.: Die Daten der Jahre 1991–1994 und 1996–1998 wurden mittels Interpolation ermittelt und sind daher gestrichelt dargestellt.

PM10- und PM2,5-Trend des Landwirtschaftssektors 1990–2007. Abb. 16<sup>17</sup>



Anm.: Daten der Jahre 1991–1994 und 1996–1998 wurden mittels Interpolation ermittelt und sind daher gestrichelt dargestellt.

PM2,5-Emissionstrend des Sektors Energieversorgung 1990–2007. Abb. 17<sup>18</sup>



Anm.: Die Daten der Jahre 1991–1994 und 1996–1998 wurden mittels Interpolation ermittelt und sind daher gestrichelt dargestellt.

PM10- und PM2,5-Emissionstrend des Sektors Kleinverbrauch 1990–2007. Abb. 18<sup>19</sup>

Anschließend folgt eine Auflistung von Maßnahmen, die sowohl jeder Einzelne umsetzen kann, als auch Maßnahmen der Industrie zur Reduktion von Feinstaub.

Maßnahmen, die jedes einzelne Mitglied der Gesellschaft ergreifen kann, oder vom Gesetzgeber veranlasst werden können<sup>20</sup>:

- Im Haushalt

<sup>17</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite Seite 92

<sup>18</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite Seite 70

<sup>19</sup> Anderl, M.; u.a. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien: Seite Seite 75

<sup>20</sup> Heimbürger, G. u.a. (2008), „Feinstaub und Gesundheit“, Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt Seite 47 ff

- Wohnung nicht überheizen (Wohnzimmer 21°C)
  - Energie sparen (Stand-by-Modus ausschalten)
  - Heizsystem überprüfen lassen (weniger Abgase)
  - Auf Fernwärme umsteigen
  - Kauf von lokalen, umweltfreundlich erzeugten Produkten
- Verkehr und Mobilität
    - Kurzfahrten vermeiden
    - Hohe Geschwindigkeiten vermeiden
    - Klimaanlage und Heckscheibenheizung bewusst verwenden
    - Bei Stillstand des Wagens, Motor abstellen
    - Fahrgemeinschaften bilden
    - Dieselfahrzeug nur mit Dieselpartikelfilter
- Industrie
    - Verbesserung der Filteranlagen
    - Staub produzierende Anlagen nach neuestem Stand der Technik betreiben
    - Förderung von Maßnahmen zur Reduktion von Feinstaub in Industrie und Energiesektor
    - Vorschreibung von Maßnahmen für Reduktion von diffusen Staubemissionen
    - Staub reduzierende Maßnahmen in der Bauwirtschaft nach Vorbild der Schweizer Baurichtlinie
    - Festschreibung von europaweiten, einheitlichen Emissionsgrenzwerten für wesentliche Emittenten
- Hausbrand
    - Vermehrter Einsatz von Nah- und Fernwärme
    - Initiative zum Austausch alter Festbrennstoffe
    - Wärmedämmmaßnahmen

- Kontrolle zur Vermeidung von Verbreitung nicht mehr zulässiger Feuerungsanlagen
  - In Zukunft sollten auch Holzheizungen Partikelfilter besitzen
- Verkehr (verkehrslenkende und verkehrsreduzierende Maßnahmen)
    - Optimierung des Verkehrsflusses
    - Förderung des öffentlichen Verkehrs
    - Weiterer Ausbau des Radwegenetzes
    - Fahrverbote für KFZ mit hohem Feinstaubausstoß (zum Beispiel: alte LKW oder SUV)
    - Citymaut bzw. effiziente und effektive Parkraumbewirtschaftung
    - Verkehrsberuhigte Zonen und Geschwindigkeitsbeschränkung
    - Bewusstseinsbildende Maßnahmen – Informationskampagnen
    - Staffelung der bestehenden Maut nach Abgaswerten
    - Reformierung des öffentlichen Kilometergeldes mit dem Ziel die Benutzung der öffentlichen Verkehrsmittel zu forcieren
  - Verkehr (technische Maßnahmen):
    - Optimierung des Streusplittmanagements, der Straßenreinigung, regelmäßige Nassreinigung der Straßen
    - Einsatz abgasarmer städtischer Fahrzeuge, Nachrüsten bestehender Flotten mit Dieselpartikelfilter, Umrüsten städtischer Flotten mit Erdgas
    - Förderung des Einbaus von Nachrüst-Dieselpartikelfilter bei LKW und PKW
    - Einbau von Dieselpartikelfiltern im Off Road Bereich
    - Spritsparinitiative und Förderung des Mobilitätsmanagements

- Förderung von Entwicklung und Anwendung von alternativen Fahrzeugen und Antriebskonzepten (alternative Kraftstoffe, Hybridkonzepte)
- Kontrolle der Einhaltung von Emissionsstandards – Kontrolle hinsichtlich Schadstoffausstoß von KFZ verschärfen

## 4. Filtersysteme zur Reduktion des Feinstaubes

Wie im letzten Kapitel abgehandelt trägt der Straßenverkehr zur Feinstaubemission einen erheblichen Teil bei. Die folgenden Ausführungen stützen sich hauptsächlich auf „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel - Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“ von Friedrich-Wilhelm Kaiser und Roman Konieczny (2006).

Vor allem ist der Straßenverkehr für die Ultrafeinpartikel verantwortlich. Dies beruht auf der großen Beliebtheit des Dieselmotors, der durch die Verbrennung von fossilem Dieseldieselkraftstoff Feinstaub emittiert. Die große Beliebtheit des Dieselmotors wurde erst nach der Entwicklung der Turboaufladung und der Direkteinspritzung deutlich. Die Vorteile lagen klar auf der Hand, beginnend mit dem niedrigen Kraftstoffverbrauch und der Langlebigkeit, bis hin zu der Wirtschaftlichkeit. Nachteile wie zum Beispiel schlechter Komfort und die lauten Geräusche wurden mit der technischen Entwicklung ausgemerzt und spielen heute keine entscheidende Rolle mehr.

Durch die hohe Beliebtheit des Dieselmotors und dessen Auswirkungen auf die Luftqualität haben sich Maßnahmen notwendig gemacht um das Problem einzudämmen. Die EU hat Richtlinien verabschiedet, die die Emissionen der Kraftfahrzeuge betreffen. Durch die hohen Vorgaben der Euro V Bestimmungen, siehe Abb. 19, die einen wesentlich geringeren Ausstoß an PM erlauben, sind Dieselpartikelfiltersysteme unausweichlich, um die festgelegten Grenzwerte zu erreichen.

	<b>CO</b>	<b>HC + NOx</b>	<b>NOx</b>	<b>PM</b>
<b>Euro IV</b>	<b>0.5</b>	<b>0.3</b>	<b>0.25</b>	<b>0.025</b>
<b>Euro V (Vorschlag)</b>	<b>0.5</b>		<b>0.180</b>	<b>0.005</b>

*Aktuelle PKW-Gesetzgebung sowie Vorschlag für Euro 5*

Alle Angaben in Gramm je Kilometer (g/km).

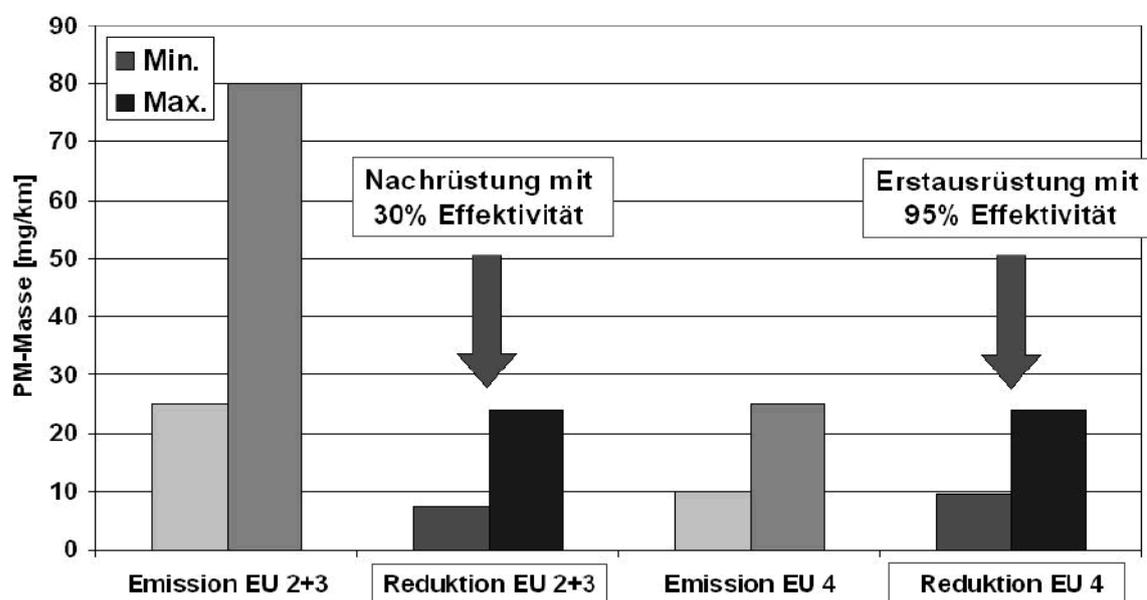
Abb. 19<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel-Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning; Seite 4

Im Jahr 2009 waren ca. 90% aller Neuzulassungen mit Dieselmotor mit einem Dieselpartikelfilter ausgestattet.<sup>22</sup> Fahrzeugen ab dem Zulassungsjahr 1995, die die EURO II und EURO III erfüllen, sollte ein Nachrüstsystem angeboten werden.

Die von Werk eingebauten geschlossenen Systeme können aufgrund der Komplexität, der hohen Kosten und der technischen Probleme nicht nachinstalliert werden.

Obwohl die passiven Systeme nur einen Wirkungsgrad von 30-60% zur Verringerung der Gesamtpartikelmasse haben, ist der Nutzen sehr hoch. Abbildung 20 zeigt, dass der Wirkungsgrad der Nachrüstsysteme beinahe so gut ist wie bei den geschlossenen Systemen.



Reduktion der Partikelmasse durch Nachrüstung bzw. Erstausrüstung

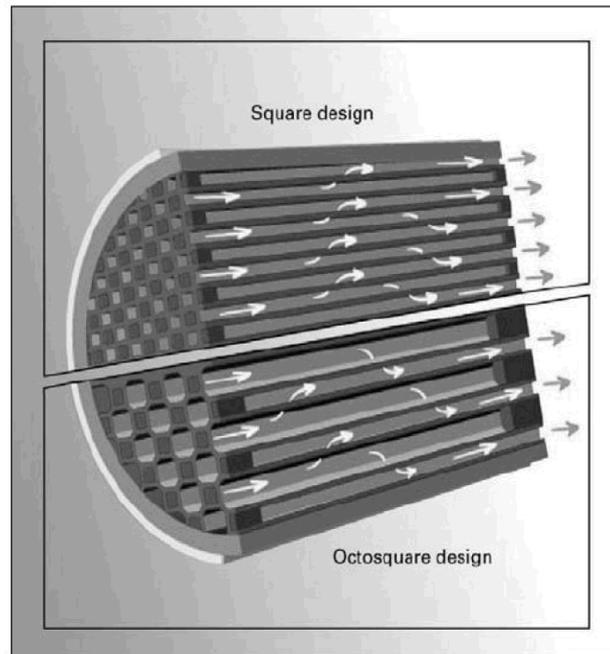
Abb. 20<sup>23</sup>

<sup>22</sup> <http://www.arboe.at/209+M52b5c046683.html>; Zugriff 27.08.2010; 17:52

<sup>23</sup> Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel-Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning; Seite 5

## 4.1 Geschlossene Systeme

Bei geschlossenen Systemen spielt der „Wall-Flow-Filter“ eine entscheidende Rolle. Hierbei handelt es sich um einen geschlossenen, keramischen Wabenfilter mit wechselseitig geschlossenen Systemen. Wie auf Abbildung 21 illustriert muss das einströmende Gas in die Nebengänge strömen, dadurch wird es gefiltert, um den Filter anschließend zu verlassen.



*Funktion eines geschlossenen Partikelfilters (Wall-Flow-Filter)*

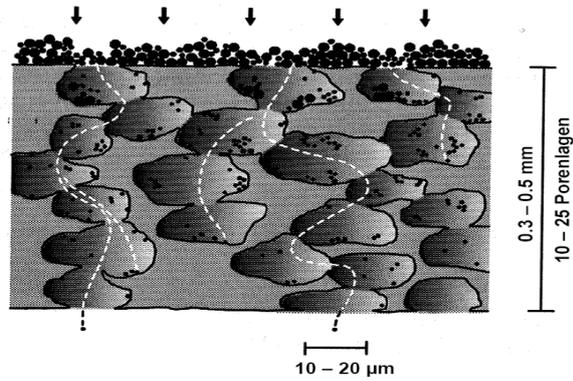
Abb. 21<sup>24</sup>

Zunächst wird das Gas nur durch die Waben gefiltert. Wenn die Waben einen Teil des Rußes gefiltert haben, führt diese Rußmasse zu einer weiteren Verfeinerung des Systems und einer besseren Filterung, wie in Abbildung 22 gezeigt wird.

Sobald die Waben mit Ablagerungen beschichtet sind, beginnt der Filter seine volle Wirkung zu entfalten, siehe Abb. 23.

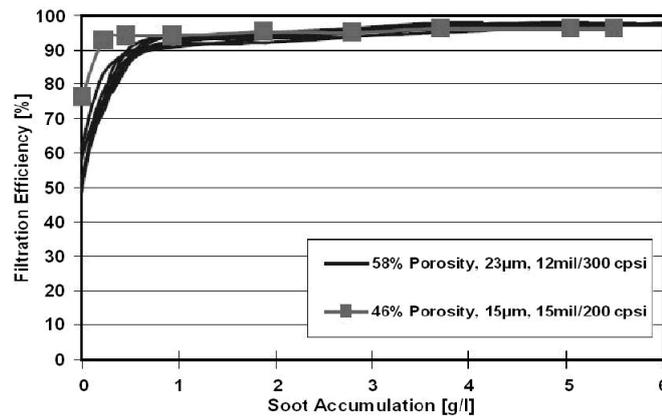
---

<sup>24</sup> Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel-Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning: Seite 7



Prinzip der Partikelabscheidung bei einem Wall-Flow-Filter

Abb. 22<sup>25</sup>



Effektivität keramischer Wall-Flow-Filter in Abhängigkeit der Beladung

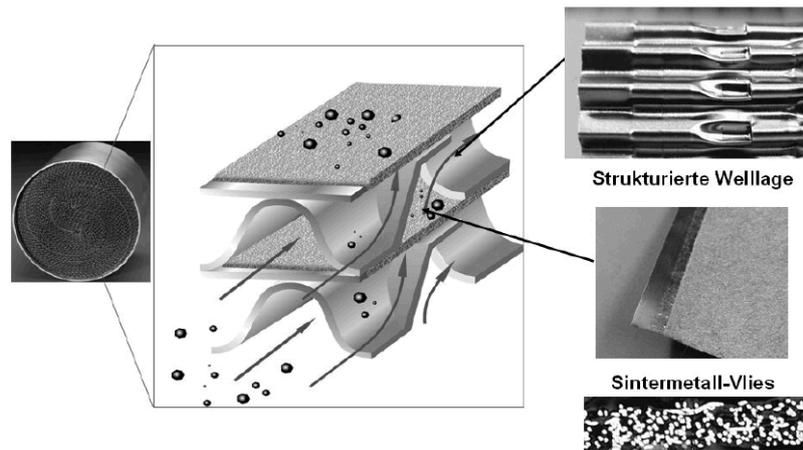
Abb. 23<sup>26</sup>

## 4.2 Offene Systeme

Zu den offenen Systemen zählt der Nebenstromfilter PM-Mathalith, dieser Filter ist ebenfalls als Wabenkörper aufgebaut. Beim Aufbau wechseln sich gewellte Folien und poröser Sintermetallvlies. Durch Schaufeln wird das Gas durch das Vlies geleitet und somit gefiltert. Größere Partikel werden im Bereich der Umlenkung gefiltert, siehe Abb. 24, wobei die Ultrafeinpartikel sich bis weit hinter der Schaufel ablagern.

<sup>25</sup> Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel-Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning: Seite 8

<sup>26</sup> Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel-Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning: Seite 8



*Aufbau des Nebenstromfilters PM-Metalit™*

Abb. 24<sup>27</sup>

Dieses System hat einen Wirkungsgrad bei der Gesamtfinstaubmasse von ca. 50%, aber es ist sehr effektiv in Bezug auf die Ultrafeinpartikel, die das Hauptproblem für die Gesundheitsbelastung beim Menschen darstellen.

Eines der Probleme bei Dieselpartikelfiltern ist die eingelagerte Feinstaubmasse aus dem Filter zu bekommen, um die Leistungsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Es werden zwei Verfahren angewandt um den Ruß zu oxidieren. Das erste Verfahren ist die passive Regeneration über NO<sub>2</sub>. Das zweite Verfahren ist die aktive Regeneration über Sauerstoff.

### **4.3 Passive Regeneration**

Bei der passiven Regeneration wird durch NO<sub>2</sub> die Entzündungstemperatur von Ruß auf ca. 200-250 Grad gesenkt. Es wird hierbei auch nicht in das Motormanagement eingegriffen, um die Zündtemperatur zu erreichen. Der natürliche Anteil von NO<sub>2</sub> ist im Gas sehr gering, was einen Oxidationskatalysator notwendig macht, um den Anteil an NO<sub>2</sub> zu erhöhen.

Aufgrund der geringen Reaktionsgeschwindigkeit ist dieses System nur für das Nachrüsten geeignet und wird nicht in geschlossenen Systemen angewandt.

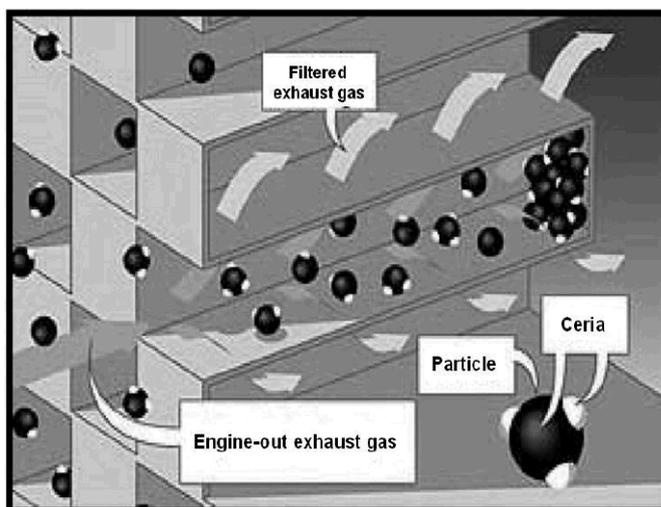
---

<sup>27</sup> Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel-Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning: Seite 9

## 4.4 Aktive Regeneration

Die aktive Regeneration beruht auf der aggressiven Reaktion von Sauerstoff mit Ruß. Aufgrund der notwendigen Temperaturen von ca. 600 Grad, welche nur bei Volllast möglich sind, ist ein Eingriff in das Motormanagement notwendig.

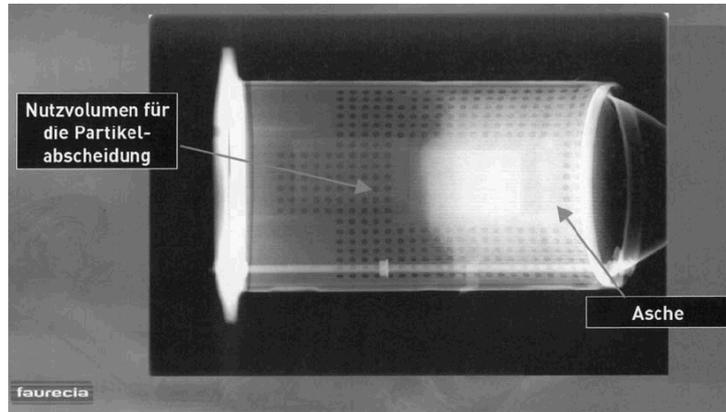
Durch Zuführung von Additiven kann die Oxidation von Ruß so beeinflusst werden, dass eine geringere Temperatur von ca. 200 – 250 Grad ausreicht. Zuerst wurden Kraftstoffadditive verwendet. Diese Additive lagerten direkt an den Rußpartikeln, siehe Abb. 25, und verringerten die benötigte Zündtemperatur. Doch auch dieses Verfahren hat negative Aspekte. Nach der Verbrennung von den Ablagerungen bleibt eine kleine Menge an Asche in den Filtern, siehe Abb. 26. Diese Asche verringert die Oberfläche an der das Gas gefiltert wird und nach einer gewissen Laufleistung muss der Filter aufgrund der Unwirksamkeit ausgetauscht werden.



Anlagerung des Kraftstoffadditivs zur Verringerung der Abbrandtemperatur an die Rußpartikel

Abb. 25<sup>28</sup>

<sup>28</sup> Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel-Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning: Seite 13



*Ascheeinlagerung im geschlossenen Dieselpartikelfilter*

Abb. 26<sup>29</sup>

Durch Verwendung von neueren Additiven kann die Aschebildung verringert werden und somit eine ökonomische Nutzung der Filter gewährleistet werden.

Neuere Entwicklungen haben katalytisch beschichtete Filter hervorgebracht, die ebenfalls die Zündtemperatur senken, die Reaktionsgeschwindigkeit erhöhen und auch Oxidationsaufgaben übernehmen und somit einen Oxidationskatalysator überflüssig machen

## 5. Förderung des Dieselpartikelfilters in Österreich

In Österreich ist die Entscheidung über die Förderung von Dieselpartikelfilter sehr unterschiedlich ausgefallen. In einigen Bundesländern wurden Dieselpartikelfilter gefördert, andere Bundesländer lehnen eine solche Förderung strikt ab. Durch eine aktive Ansprache der zuständigen Behörden der Bundesländer Wien, Niederösterreich, Oberösterreich, Burgenland, Steiermark und der Stadt Klagenfurt konnten viele verschiedene Blickpunkte zusammengetragen werden.

### 5.1 Wien

In Wien wird der Filter aus folgenden Gründen nicht gefördert:

---

<sup>29</sup> Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Dieselpartikelfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning: Seite 13

1. Die Nachrüstfilter nicht die gewünschte Partikelreduktion erreichen.
2. Ein Dieselpartikelfilter den NO<sub>2</sub>-Anteil in Abgasen erhöht und Wien beide Schadstoffe, sowohl Feinstaub als auch NO<sub>2</sub>, reduzieren will.
3. Weiters hat sich das Land Wien für eine raschere Einführung höherer Euroklassen (EURO 5 und EURO 6) entschieden, um sowohl Feinstaub als auch NO<sub>2</sub> zu reduzieren.
4. Es werden finanzielle Investitionen in den Ausbau des öffentlichen Sektors bevorzugt, da hier mehr Potenzial für das Erreichen einer besseren Luftqualität vorliegt.<sup>30</sup>

## **5.2 Niederösterreich**

Niederösterreich hat sich gegen eine Förderung von Dieselpartikelfilter aus folgenden Gründen ausgesprochen:

1. Die PM<sub>10</sub>-Reduktion ist im Verhältnis zur Gesamtfeinstaubemission äußerst gering.

In Niederösterreich waren Ende 2004 ca. 430.000 Diesel-PKW zugelassen. Selbst wenn die Hälfte davon mit Rußfilterkatalysatoren ausgestattet wäre, könnte die Gesamtemission an PM<sub>10</sub> in Niederösterreich nur um weniger als 1%<sup>31</sup> gesenkt werden.

2. Es wird nur bei hoher Motorlast eine volle Wirkung erreicht. Der vom Erzeuger angegebene und auch bei Tests gemessene Abscheidegrad von 40 bis 50 % wird nur bei hoher Motorlast erreicht. Bei niedriger Belastung wie z.B. im Stadtverkehr wird kaum eine Wirkung erzielt.

3. Hohe Eigenkosten:

---

<sup>30</sup> Bezugnehmend auf ein Mail von der Wiener Umweltschutzabteilung - MA 22 Emissionsminderung Luft

<sup>31</sup> Bezugnehmend auf ein Mail vom Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung BD4 – Umwelttechnik, Referat Luftgüteüberwachung

Trotz einer Förderungshöhe von 300,- €, wie sie in einigen Bundesländern vorgesehen ist, verbleiben noch hohe Eigenkosten (ca. 400,- €) für die Nachrüstung.

4. Fehlende Erfahrung über Langzeiteffekte:

In der Regel gibt es keinen Nachweis über die Dauerhaltbarkeit und Langzeitstabilität sowie die Betriebssicherheit der Systeme.

5. Unterschiedliche Angaben über die Wirksamkeit:

Zum Teil existieren sehr unterschiedliche Angaben über die Wirksamkeit der Systeme und die Gesamtwirksamkeit über die Lebensdauer ist nicht nachgewiesen.

6. Unsicherheit für Gewährleistung:

Meistens gibt es keine Freigabe vom Fahrzeughersteller, wodurch Gewährleistungsprobleme zu erwarten sind.<sup>32</sup>

### **5.3 Burgenland**

Im Land Burgenland wurde nicht einmal einer Förderung angedacht und somit kommt es in diesem Bundesland auch zu keiner Förderung der Dieselpartikelfilter.<sup>33</sup>

### **5.4 Oberösterreich**

Im Land Oberösterreich wurde der Dieselpartikelfilter gefördert.

1. In Oberösterreich wurde die Förderung von Dieselpartikelfilter direkt über die Werkstatt durchgeführt. Der Kunde hatte keine weiteren Behördengänge zu erledigen, da die Förderung direkt von der Rechnung abgezogen wurde.

---

<sup>32</sup> Bezugnehmend auf ein Mail vom Amt der NÖ Landesregierung, Abteilung BD4 – Umwelttechnik, Referat Luftgüteüberwachung

<sup>33</sup> Bezugnehmend auf ein Mail vom Amt der Burgenländischen Landesregierung Abteilung 5 - Anlagenrecht, Umweltschutz und Verkehr

2. Finanziell unterstützt wurden technische Einrichtungen, die geeignet waren mindestens 30 % Massereduktion der Staubpartikelemissionen aus dieselbetriebenen

Personen- bzw. Kombinationskraftfahrzeugen zu bewirken und die Funktion der bestehenden Abgasanlage nicht zu verschlechtern.

3. Gefördert wurden sämtliche natürliche und juristische Personen, auf deren Namen und Adresse ein Personenkraftfahrzeug in Oberösterreich zugelassen war (Neuzulassungen, Erstzulassungen und auch bestehende Zulassungen).

4. Insgesamt wurden im Zeitraum Juni 2005 bis Juli 2008 2.502 Diesel-PKW mit Rußfilterkatalysatoren nachgerüstet.

5. Das Land Oberösterreich hat für die Förderung insgesamt 760.600 Euro an Förderungsmitteln bereitgestellt.<sup>34</sup>

## **5.5 Steiermark**

Im Land Steiermark wurde der Dieselpartikelfilter gefördert. Insgesamt waren es über 27.000 Dieselpartikelfilter.<sup>35</sup>

## **5.6 Kärnten**

Das Land Kärnten hat den Dieselpartikelfilter nicht gefördert, jedoch die Stadt Klagenfurt. Über die genauere Situation in Klagenfurt kann aufgrund des mangelhaften Informationszuganges im Zuge dieser Arbeit nicht berichtet werden.

## **5.7 Anreizsysteme des Staates**

Wie bereits besprochen kommt dem Staat eine wichtige Führungsrolle zuteil, diese kann in verschiedene Anreizsysteme gegliedert werden. Es stehen folgende Programme zu

---

<sup>34</sup> Bezugnehmend auf ein Mail vom Amt der Oö. Landesregierung, Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung Umweltschutz.

<sup>35</sup> Bezugnehmend auf ein Mail vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung FA 17A - Energiewirtschaft und allgemeine technische Angelegenheiten - Steirischer Umweltlandesfonds

Verfügung, um das Verhalten der Bevölkerung zu beeinflussen, um die Nachrüsttechnologien einzubauen.

### **5.7.1 Regierungsauftrag**

Es kann verfügt werden, dass ein gewisser Prozentsatz an Reduktion eines Schadstoffes für eine Gruppe von Fahrzeugen zu erfolgen. Weiters kann eine Maximalgrenze von Gramm des Schadstoffes pro gefahrenen Kilometer erlassen werden.

### **5.7.2 Zuschüsse**

Es können Zuschüsse vergeben werden wenn Fahrzeuge einer bestimmten Klasse mit Partikelfilter nachgerüstet werden, oder für jedes Gramm eines bestimmten Schadstoffes das durch die erfolgte Umrüstung reduziert wurde.

### **5.7.3 Kredite**

Es können geförderte Kredite mit einem niedrigen Zinssatz vergeben werden, um Fahrzeuge umzurüsten. Diese Maßnahme ist sinnvoll wenn die Umrüstkosten sehr hoch sind.

### **5.7.4 Besteuerung**

Besteuert kann entweder jedes freigesetzte Gramm an Schadstoffen oder jedes Gramm an Schadstoffen, wenn ein gewisser Schwellwert überschritten wird.<sup>36</sup>

## **5.8 Auswirkungen der Dieselpartikelsituation ohne Anreize**

Eine Simulation der B&D Forecast-Studie hat gezeigt, dass ohne Maßnahmen von Seiten des Staates der DPF im Jahr 2009 nicht einmal bei 50% der PKW verbaut wäre. Durch Steuerförderungen von € 600 für PKW mit DPF würden laut dieser Simulation schon ab

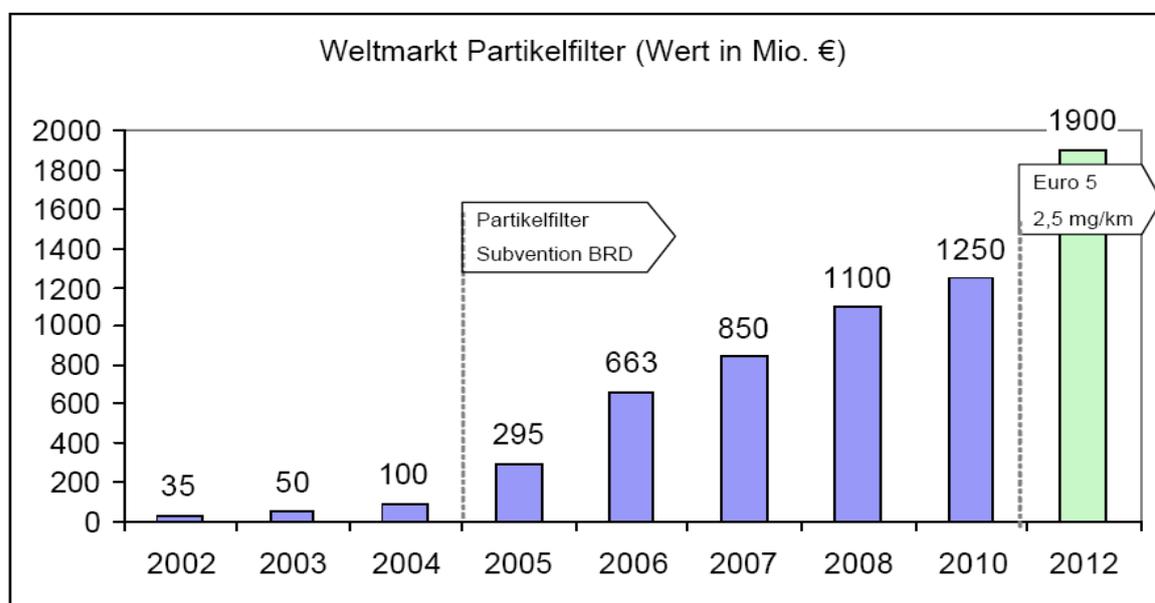
---

<sup>36</sup> Gao, Stasko: The retrofit puzzle: optimal fleet owner behavior in the context of diesel retrofit incentive programs; School of Civil and Environmental Engineering, 2007, Seite 7 ff.

dem Jahr 2007 90% aller neu angemeldeten Dieselfahrzeugen mit dem DPF ausgestattet sein. Die Förderung kann als Steuer gestaltet werden, indem zum Beispiel bei Dieselfahrzeugen mit einer schlechteren Klassifizierung als Euro 3, die KFZ Steuer angehoben wird. Diese Prognose bestätigt sich durch meine Untersuchung, da auch hier der Konsument keine freiwilligen Umweltaktionen tätigen würde und deshalb der Staat das Verhalten lenken muss.<sup>37</sup>

## 6. Wirtschaftlicher Aspekt von Dieselpartikelfilter

Der DPF hat sich für die Zulieferindustrie als ein sehr guter Markt erwiesen. Die folgenden Ausführungen stützen sich hauptsächlich auf „Partikelfilter – Zukunftsmarkt für die Zulieferer“ von Prof. Ferdinand Dudenhöffer, Geschäftsführer der B&D-Forecast GmbH, Leverkusen. Der Weltmarkt für DPF hat im Jahr 2010 ein Volumen von € 2 Milliarden, das entspricht der Produktion von 10 Millionen DPF pro Jahr. Wie die folgende Abbildung (Abb. 27) zeigt, ist der Bedarf an DPF von Jahr zu Jahr gestiegen. Wenn sich die Absatzquote der Diesel-PKW nicht stark vermindert, ist auch in Zukunft eine ähnliche Zuwachsrage zu erwarten. Es ist davon auszugehen, dass sich die Umweltbestimmungen in Zukunft noch verschärfen werden und der DPF unumgänglich sein wird.



Quelle: B&D-Forecast

ABB. 27<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Ferdinand Dudenhöffer, Ohne Steuerförderung kommt der Dieselpartikelfilter nur langsam in Schwung, Prognose-Institut B&D-Forecast GmbH, Seite 1 ff.

<sup>38</sup> Dudenhöffer, F. (2004), „Ohne Steuerförderung kommt der Dieselpartikelfilter nur langsam in Schwung“, B&D Forecaststudie, Leverkusen, Deutschland: Seite 1

Die Firmen, die von dieser Entwicklung profitieren, sind die Hersteller der DPF Faurencia, Bosch, Eberspächer und Co. Der Hauptmarkt für den DPF ist Frankreich, da die PSA Gruppe PKW ohne Aufpreis mit DPF ausrüstet.

In Deutschland ist der Marktanteil an DPF mit der Einführung der Förderung in Höhe von € 600 gestiegen. Mit der Einführung der EURO-Norm V wird jedes Fahrzeug, das die Auflagen nicht erfüllt, beim Restwert sehr schnell verlieren. Eine ähnliche Entwicklung hat in der Vergangenheit der Katalysator gezeigt. Die PKW die keinen Katalysator hatten, hatten keinen Steuervorteil (grüne Plakette, § 57 Überprüfung in Österreich) und somit einen Wertverlust.

Die Wettbewerbssituation bei den deutschen Automobilherstellern kann durch den DPF beeinflusst sein, wenn der DPF nicht angeboten wird. So hatte Audi im Jahr 2005 einen klaren Nachteil, da bis auf den A8 kein weiteres Fahrzeug mit DPF ausgerüstet war. Mercedes hatte diesbezüglich die Nase vorne, da das DPF-Programm sehr intensiv erarbeitet wurde. Für das Jahr 2009 und die Einführung der Euro V Norm waren die deutschen Hersteller bestens gewappnet und mittlerweile bieten alle Hersteller Fahrzeuge mit DPF an.

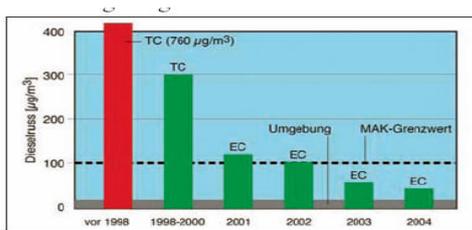
Mit dem DPF hat sich ein neuer Markt ergeben, der der Umwelt, der Zulieferindustrie und dem Automarkt insgesamt zugute kommt.

## **6.1 Kosten-Nutzen-Analyse**

In diesem Abschnitt werden ausgewählte Studien behandelt, die sich mit dem Thema Kosten-Nutzen-Verhältnis beschäftigen.

### **6.1.1 Kosten-Nutzen-Analyse in der Schweiz**

In der Schweiz wurden die Kosten der Nachrüstung der DPF vor allem aufgrund Baumaschinen, aber auch Bussen und LKW von M. Jacobsen in der Studie „Current and Future Effects of Black Carbon on Climate“ (2002) untersucht. In der Schweiz hat es seit dem Jahr 1998 Messungen in Tunnelbaustellen gegeben, die eine sehr hohe Belastung mit einem Wert an Totalkohlenstoff von ca.  $800\mu\text{g}/\text{m}^3$  festgestellt haben, siehe Abb. 28.



Grafik 4 zeigt den Partikelgehalt in der Atemluft von Schweizer Tunnelbaustellen.

Abb. 28<sup>39</sup>

Mit der Baurichtlinie Luft ab dem Jahr 2002 mussten Baumaschinen schrittweise Dieselpartikelfilter nachrüsten. Laut Grafik hat diese DPF-Pflicht den Elementarkohlenstoffanteil auf  $30\mu\text{g}/\text{m}^3$  reduziert.

Zur Untersuchung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses wurden die Marktpreise von DPF herangezogen. Wenn man die Kosten durch die Leistung dividiert, sind die Kosten bei Baumaschinen mit geringerer Leistung bis 25 Kilowatt sehr hoch, siehe Abb.28. Dividiert man die Kosten mit dem Kilogramm entsorgtem Ruß, wäre der Kurvenverlauf nahezu horizontal.

Die Kosten pro Kilogramm entsorgtem Ruß liegen in der Schweiz von 10Franken/Kilogramm bis 80Franken/Kilogramm, je nachdem ob es sich um einen LKW oder eine Baumaschine handelt. Bei PKW sind die Kosten aufgrund der Stückzahlen und der daraus resultierenden geringeren Herstellungskosten geringer. Als Vergleichswert hat die US EPA, das amerikanische Umweltamt, im Jahr 2007 Nachrüstkosteneffizienz untersucht und bei Baumaschinen mittlerer Stärke einen Wert von 22 US-Dollar bis 66 US-Dollar pro Kilogramm Ruß errechnet. Diese Werte sind den Schweizer Berechnungen sehr ähnlich.

Damit sich die hohen Kosten auszahlen, muss der dadurch vermiedene Schaden betrachtet werden. Die Weltgesundheitsorganisation hat eine Richtlinie bei den externen Gesundheitskosten von etwa 450 Franken angesetzt. Es ist somit klar, dass der Einsatz von 10-80 Franken pro Kilogramm den Nutzen von 450 Franken pro Kilogramm einen volkswirtschaftlichen Gewinn erzielt. Bei der Einführung der Baurichtlinie Luft wurde auf diese Tatsache hingewiesen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Erderwärmung durch Rußpartikel in der Luft. Ein Kilogramm Rußpartikel in der Luft trägt circa 600 000 Mal mehr zur Klimaerwärmung

<sup>39</sup> Andreas Mayer: Partikelfiltertechnologie, Umwelt Perspektiven Oktober 2008, Seite 4

bei als CO<sub>2</sub>.<sup>40</sup> Es ist weniger Sinnvoll die CO<sub>2</sub> Emissionen zu reduzieren, aber gleichzeitig den Dieselanteil zu erhöhen, ohne Partikelfilter einbauen zu lassen. Die Resultate der Rußreduktion sind sofort erkennbar, die Reduktion der CO<sub>2</sub> Emissionen hingegen erst nach 50 Jahren.<sup>41</sup>

### **6.1.2 Kosten-Nutzen-Analyse anhand des Beispiels von Mexico City**

Gretchen Stevens u.a. haben mit ihrer Studie "A Benefit-Cost Analysis of Retrofitting Diesel Vehicles with Particulates Filters in the Mexico City Metropolitan Area" (2005) die Kosten-Nutzen-Analyse anhand des Beispiels von Mexico City analysiert.

Mexiko City hat eine Einwohnerzahl von 18 Millionen. Die Einwohner erwirtschaften 35% der nationalen Wirtschaftsaktivitäten. Es sind über 3 Millionen Fahrzeuge in Gebrauch.<sup>42</sup> Aufgrund der geografischen Lage der Stadt in einem halbeingeschlossenen Becken ist die Luftverschmutzung ein Hauptproblem der Gesundheitssituation. Die Hauptquelle für die Gesundheitsprobleme stellt der Feinstaub dar.<sup>43</sup> Die Zunahme des Feinstaubes geht einher mit der Zunahme der höheren Sterblichkeitsrate, chronischen Bronchitis und anderen Herzkreislaufkrankungen. Die Feinstaubemissionen werden an vielen Punkten in Mexico City gemessen und auch mehrmals im Jahr überschritten. Die durchschnittliche Feinstaubkonzentration liegt bei 30-40µg/m<sup>3</sup>, welche weit über dem US-Standard von 15µg/m<sup>3</sup> liegen.<sup>44</sup> Forscher schätzen, dass eine Reduktion von 10 % des Feinstaubes 1000 bis 3000 Todesfälle und 10.000 Neuerkrankungen auf chronischer Basis verhindern würde.

Der Hauptverursacher der Feinstaubemissionen sind Dieselfahrzeuge. Das durchschnittliche Alter der Dieselfahrzeuge liegt bei 15 Jahren, welche nicht auf Emissionen überprüft werden. Nur 5 % der Gesamtzahl der Fahrzeuge werden mit einem Dieselmotor angetrieben, aber 50% der Feinstaubemissionen werden von diesen Vehikeln verursacht. Ein Lösungsansatz bei diesem Problem ist die Erneuerung der Dieselflotte, aber durch die hohe Lebenserwartung dieser Fahrzeuge wird die Erneuerung nicht so zügig voranschreiten, um das Problem zeitgerecht zu beseitigen. Es müssen Lösungen

---

<sup>40</sup> M. Jacobsen: Current and Future Effects of Black Carbon on Climate, ETH-Nanopartikelkonferenz Zürich 2002, [www.nanoparticles.ethz.ch](http://www.nanoparticles.ethz.ch)

<sup>41</sup> Andreas Mayer: Partikelfiltertechnologie, Umwelt Perspektiven Oktober 2008, Seite 3-4

<sup>42</sup> Gakenheimer, Molina, Sussman ua.: The MCMA Transportations System: Mobility and Air Pollution. Air Quality in the Mexico Megacity 2002 (pp. 213-284). Boston: Kluwer

<sup>43</sup> Evans, Levy, Hammitt ua.: Health Benefits of Air Pollution Control. Air Quality in the Mexico Megacity 2002 (pp 105-136). Boston: Kluwer

<sup>44</sup> Chow, Watson, Edgerton ua.: Chemical composition of PM 2,5 and PM 10 in Mexico City during winter 1997. Science of the Total Environment, 287, 177-201

gefunden werden, die sowohl neue Fahrzeuge, als auch den Altbestand berücksichtigen. Die Reduktion von Feinstaub mittels Dieselpartikelfilter ist eine solche Alternative, aber es ist zu prüfen welche Vorteile so ein Programm bringen würde und in welchem Verhältnis es zu den Kosten steht, da die finanziellen Mittel in einem Land wie Mexico nicht so einfach aufzubringen sind wie beispielsweise in den USA. Für die Entscheidungsträger ist eine Kosten-Nutzen-Analyse ein hilfreiches Instrument um die bestmögliche Entscheidung zu treffen. Die Kosten-Nutzen-Analyse untersucht die Kosten, den Gesundheitsnutzen und andere Einflussfaktoren.

Viele verschiedene technologische Hilfsmittel können verwendet werden, um die Emissionen zu reduzieren. Diese sind unter anderem der Dieselpartikelfilter, aber auch der Dieseloxidationskatalysator. In dieser Studie von Stevens, u.a. 2005: „A Benefit-Cost Analysis of Retrofitting Diesel Vehicles with Particulates Filters in the Mexico City Metropolitan Area“ werden die Kosten und Nutzen von zwei Dieselpartikelfiltern sowie einem Standard-Dieseloxidationskatalysator verglichen. Bei der Methodik zur Berechnung der Kosten und des Nutzen von einem Umrüstprogramm werden stabile Zustände angenommen. Es werden Kosten für 3 Typen von Fahrzeugen ermittelt: Busse, LKW und Kleintransporter. Die Laufleistung pro Jahr bei LKW belaufen sich auf 29 – 40 Tausend Kilometer, von Bussen 45 – 60 Tausend Kilometer und von Kleintransportern 87 – 120 Tausend Kilometer pro Jahr.

Die Resultate der Analyse haben Folgendes ergeben: der Nutzen der Umrüstung variiert nach unterschiedlichen Einflüssen wie Einflussgebiet, Emissionsrate und dem Jahresaktivitäten Niveau. Der Nutzen gemessen nach Kilometerleistung ist innerhalb von Mexico City größer als außerhalb, da auch die Dichte der Einwohner in der Stadt größer ist. Aus diesem Grund ist die Umrüstung von Bussen und Kleintransportern effektiver, als die Umrüstung von LKW, welche außerhalb der Städte fahren. Der Nutzen alte Fahrzeuge umzurüsten ist höher als bei neuen Fahrzeugen, da die Verbesserung durch Filtersysteme bei alten Fahrzeugen bei gleichen Absolutkosten viel größer ist. Neue Fahrzeuge müssten somit 600.000 Kilometer fahren um rentabel zu sein. Den höchsten Nutzen hat die Umrüstung von alten Bussen, da diese mehr Schadstoffe emittieren als neue Busse und höhere Jahresleistung als LKW in Städten haben, siehe Abb. 29.

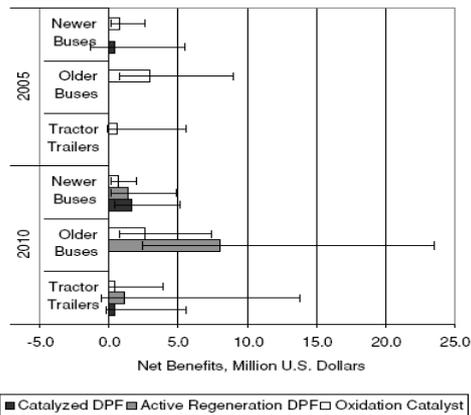


Fig. 2. Median net benefits per 1,000 vehicles retrofit, for selected vehicle types. Error bars show the interquartile range of values. "Newer Vehicles" are model-year 1994 and newer, and "Older Vehicles" are model-year 1993 and older.

Abb. 29<sup>45</sup>

Table V. Median Costs and Benefits of the Four Modeled Technologies, in 2010, Given in Millions of U.S. Dollars per Year per 1,000 Vehicles Retrofit

	Older Vehicles		Newer Vehicles		Net Benefits
	Benefits	Costs	Benefits	Costs	
Catalyzed DPF					
Bus			2.0	0.3	1.7
Truck			1.4	0.2	1.1
Tractor trailer			0.8	0.4	0.4
Active Regeneration DPF					
Bus	8.9	0.8	8.1	2.0	0.6
Truck	3.0	0.6	2.5	1.4	0.4
Tractor trailer	2.9	0.9	1.9	0.8	0.7
Oxidation Catalyst (DOC)					
Bus	2.6	0.1	2.6	0.7	0.1
Truck	1.0	0.1	0.9	0.5	0.1
Tractor trailer	0.8	0.1	0.7	0.2	0.1

Note: "Newer Vehicles" are model-year 1994 and newer, and "Older Vehicles" are model-year 1993 and older. Values may not sum because of rounding

Abb. 30<sup>46</sup>

Die Unterschiede der einzelnen Filtersysteme bei der Kosten-Nutzen-Analyse haben ergeben, dass DPF mehr Vorteile gegenüber dem Dieseloxydationskatalysator haben, siehe Abb. 30. Bei den beiden getesteten Dieselpartikelfilterarten ist der Katalyse Filter effizienter als der Regenerationsfilter. Hier ist der Flottenmanager gefragt, um die umsetzbarste und rentabelste Lösung der unterschiedlichen Filtersysteme zu finden.

Table VI. Median Cost per Statistical Life Saved for Each Intervention (2010 Retrofit), Thousand U.S. Dollars

Intervention	Vehicle Type	Age Class	Cost per Statistical Life Saved
Oxidation catalyst	Buses	Older	24
Oxidation catalyst	Buses	Newer	53
Active regeneration filter	Buses	Older	56
Oxidation catalyst	Trucks	Older	70
Oxidation catalyst	Trucks	Newer	87
Oxidation catalyst	Trailers	Older	98
Catalyzed filter	Trucks	Newer	104
Catalyzed filter	Buses	Newer	109
Active regeneration filter	Trucks	Older	121
Active regeneration filter	Trucks	Newer	180
Active regeneration filter	Buses	Newer	190
Active regeneration filter	Trailers	Older	210
Oxidation catalyst	Trailers	Newer	220
Catalyzed filter	Trailers	Newer	300
Active regeneration filter	Trailers	Newer	570

Note: Age class refers to whether vehicles are model-year 1994 and newer (newer), or model-year 1993 and older (older).

Abb. 31<sup>47</sup>

Ein weiterer Weg das Umrüstprogramm zu bewerten, sind die Kosten pro Einheit gemessen am Gesundheitsnutzen zu beurteilen. In Abb. 31 wird nach Kosteneffizienz aufgelistet.

<sup>45</sup> Stevens, Wilson, Hammitt: A Benefit-Cost Analysis of Retrofitting Diesel Vehicles with Particulates Filters in the Mexico City Metropolitan Area, Risk Analysis, Vol. 25, No. 4, 2005, Seite 891

<sup>46</sup> Stevens, Wilson, Hammitt: A Benefit-Cost Analysis of Retrofitting Diesel Vehicles with Particulates Filters in the Mexico City Metropolitan Area, Risk Analysis, Vol. 25, No. 4, 2005, Seite 891

<sup>47</sup> Stevens, Wilson, Hammitt: A Benefit-Cost Analysis of Retrofitting Diesel Vehicles with Particulates Filters in the Mexico City Metropolitan Area, Risk Analysis, Vol. 25, No. 4, 2005, Seite 893

Der Oxidationskatalysator ist mit 24 Tausend US Dollar bei alten Bussen am kosteneffektivsten. Wenn die finanziellen Mitteln nicht ausreichend sind, dann ist der Dieseloxidationskatalysator die bessere Wahl um umzurüsten, da so eine Gesundheitsverbesserung erreicht werden kann, weil mehr Fahrzeuge umgerüstet werden können. Auch hier zeigt sich, dass die Nachrüstung alter Fahrzeuge effektiver ist als die Umrüstung neuer Fahrzeuge. Solche Kosten-Nutzen-Analysen sind für Entscheidungsträger sehr hilfreich, wenn ein Programm ins Leben gerufen werden soll, aber es fließen viele andere Faktoren in die Entscheidungsfindung mit ein.<sup>48</sup>

### **6.1.3 Kostenanalyse von Strategien zur Umrüstung von Dieselfahrzeugen in den USA**

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Ergebnisse der beiden Forscher Gao und Stasko aus deren Studie „Cost-Minimizing Retrofit/Replacement Strategies for Diesel Emissions Reduction“ aus dem Jahre 2009. Die Autoren analysieren in ihrer Studie die Kosteneffizienz verschiedener Nachrüstmethoden der entsprechenden Fahrzeuge in Zeiten wachsender Anforderungen an Umweltschutz und Kostenreduktion. Die Stärke der Verschmutzung, welche durch Nachrüstung eingespart werden kann, ist einerseits vom Fahrzeug, welches nachgerüstet wird, abhängig, andererseits auch von Umweltbedingungen oder der Art der Verwendung. Zu beachten sei weiters, dass Nachrüstkosten sofort anfallen, während man den erhaltenen Nutzen erst in den Folgeperioden ermitteln kann. Beim Kauf eines Neuwagens, also beim Ersatz des entsprechenden PKW, fallen in der Anfangsperiode noch höhere Kosten an, während man später sowohl finanzielle Ressourcen spart als auch eine weitere Umweltverschmutzung vermeidet. Man kann jedoch nicht a priori sagen welche Methode die effizienteste ist. Alle diese Gegebenheiten und Kostenelemente müssen bei einer Entscheidung Nachrüstung vs. Ersetzen des Fahrzeugs in Betracht gezogen und gegeneinander abgewogen werden. Die Autoren berechnen die Kosten-Nutzen-Werte über ein Integerprogramm, welches bei dieser Fragestellung methodisch am vorteilhaftesten ist. Der interessierte Leser sollte für detaillierte methodische Vorgehensweisen das hier abgehandelte Werk zu Rate ziehen.

---

<sup>48</sup> Stevens, Wilson, Hammitt: A Benefit-Cost Analysis of Retrofitting Diesel Vehicles with Particulates Filters in the Mexico City Metropolitan Area, Risk Analysis, Vol. 25, No. 4, 2005, Seite 883 ff.

Es werden drei verschiedene Verfahren zur Emissionsreduktion untersucht: Dieseloxidationskatalysatoren sind generell am effektivsten wenn man die reine Kostenersparnis betrachtet, der Nachteil sind jedoch die schlechten Emissionswerte. Passive Dieselpartikelfilter sind weitaus effektiver vergleicht man die Emissionsreduktionswerte, leiden jedoch unter den geforderten Abgastemperaturen (min. 240°C), welche für manche Fahrzeuge unerreichbar hoch sein können und anhand dessen nicht mit solchen Fahrzeugen kompatibel sind. In einem solchen Falle muss die Entscheidung auf aktive Dieselpartikelfilter fallen. Diese sind zwar doppelt so teuer wie passive Dieselpartikelfilter, sind aber in so einer Situation die einzig mögliche Lösung. Einen Dieseloxidationskatalysator gegen einen passiven Dieselpartikelfilter zu tauschen ist für den Fahrzeugbesitzer teurer als ein nicht nachgerüstetes Fahrzeug mit einem passiven Dieselpartikelfilter auszustatten.

Die Studie von Gao und Stasko hat folgende Ergebnisse gebracht:

Lösung A: Wenn keinerlei Budgetbeschränkungen bestehen, so liegt die höchste erreichbare Emissionsreduktion bei etwa 95%. Hierbei werden alle Busse mit dem Baujahr 1993 und früher ausgewechselt, während alle Busse der Periode 1994-2006 mit PDPF oder ADPF nachgerüstet werden.

Das andere Extrem stellt die Lösung C dar: Das Anfangsbudget beträgt \$5000 und PM<sub>2,5</sub> Emissionen können maximal um 2% durch die Verwendung von Dieseloxidationskatalysatoren gesenkt werden.

Lösung B: Das Anfangsbudget beträgt \$800 000, während das Langzeitbudget \$250 000 beträgt. Es gilt bei diesem Ansatz die Anfangskosten und die Langzeitkosten so zu balancieren, dass man auf die optimale Lösung kommt.

## 7. Empirische Studie

In diesem Kapitel wird die empirische Studie zu freiwilligen Umweltaktionen von Konsumenten anhand des Beispiels von Dieselpartikelfilter in Österreich behandelt. Die vorliegende Studie betrachtet sechs österreichische Bundesländer, wobei zwei Gruppen zu unterscheiden sind. Es wurden jeweils drei Bundesländer behandelt, die Dieselpartikelfilter gefördert haben und drei Bundesländer, welche keine solche Förderung angeboten haben.

Die fördernden Bundesländer sind:

1. Oberösterreich
2. Steiermark
3. Kärnten (Klagenfurt)

Die nicht fördernden Bundesländer sind:

4. Niederösterreich
5. Burgenland
6. Wien

Jedes Bundesland umfasst eine Stichprobe von 30 Beobachtungen. Die Gesamtstichprobe der zugrundeliegenden Untersuchungen umfasst insgesamt 180 Fälle. Ziel war es Unterschiede zwischen den fördernden und nicht fördernden Bundesländern zu untersuchen.

Bei der Auswertung hat sich herausgestellt, dass der gewählte Stichprobenumfang zu klein ist um ein solches Vorhaben sinnvoll zu ermöglichen.

### 7.1 Erhebungsmethoden

Da nur eine Erhebungsmethode nicht zweckdienlich schien, kamen verschiedenste Erhebungsinstrumente zur Verwendung.

Bei der Erhebung wurde die Distanz, welche eine persönliche Befragung in den Bundesländern Burgenland, Kärnten, Niederösterreich, Oberösterreich und Steiermark, unmöglich machte, als eines der größten Probleme identifiziert.

Folgende Erhebungsinstrumente kamen bei der Durchführung der Befragung zum Einsatz:

- telefonische Befragung

- persönliches Interview vor Ort
- Befragung per E-Mail

Generell wären auch andere Befragungsmethoden, wie zum Beispiel per Internetplattform möglich, aber in diesem Fall nicht zielführend.

Hauptsächlich wurde im Laufe dieser Studie die telefonische Befragung zur Datenerhebung genutzt. Diese Methode hat Vorteile wie auch Nachteile. Die Vorteile sind, dass große Distanzen überwunden werden können, weiters kann der Fragebogen durch die gezielte Befragung besser beantwortet werden. Der Nachteil dieser Methode ist, dass die Erreichbarkeit der Probanden sehr schlecht ist. Aus meiner Erfahrung ist es am produktivsten, wenn man in der Zeit von 16:00 bis 19:00 die telefonische Befragung durchführt. Bei der Kontaktaufnahme habe ich die Erfahrung gemacht, dass im Schnitt 150 Personen angerufen werden müssen, um 30 valide Befragungen zu erreichen. Die kontaktierten Personen haben sehr unterschiedlich auf mein Anliegen reagiert. Viele waren an Befragungen nicht interessiert, weil sehr großes Misstrauen gegenüber anonymen Anrufern besteht. Andere waren zum Thema Umwelt sehr aufgeschlossen und interessiert und nahmen gerne an der Befragung teil. Als weiterer Nachteil ist der große Zeitaufwand zu nennen, der mit der telefonischen Befragung verbunden ist, da in vier Stunden nur drei bis sechs Umfragen durchgeführt werden konnten.

Die zweite Methode war das persönliche Interview, welches den Vorteil hat, dass viele Befragungen in einer sehr kurzen Zeit durchgeführt werden können. Diese Methode konnte nur in Wien angewandt werden, da die anderen untersuchten Bundesländer durch die Distanz mit dieser Methode nicht beobachtbar waren.

Die letzte Methode, welche im Laufe der Studie zur Verwendung kam, war die Befragung per E-Mail. Die Vorteile liegen klar auf der Hand: man kann Fragebögen an Bekannte schicken, die auch in anderen Bundesländern leben. Der Nachteil war, dass viele Fragebögen nicht so ausführlich beantwortet wurden wie bei einer telefonischen Befragung. Bei der telefonischen sowie der persönlichen Befragung konnten die von Probanden gestellten Fragen beantwortet werden, dies war bei der E-Mail Befragung nicht möglich.

## **7.2 Hypothesen**

Folgende Hypothesen wurden aufgestellt und werden mittels der Auswertung der Umfrage überprüft:

### 1. Hypothese

Die staatliche Förderung hat einen signifikanten Einfluss auf die Umrüstung.

### 2. Hypothese

Ist das Einkommen höher, dann ist auch die Umrüstbereitschaft höher.

### 3. Hypothese

Personen, die sonstige freiwillige Umweltaktionen tätigen, sind eher bereit den Dieselpartikelfilter nachzurüsten.

### 4. Hypothese

Personen mit höherer Bildung sind eher bereit umzurüsten.

Um den Zusammenhang zwischen zwei nominalskalierten Variablen zu untersuchen, wurden Chi<sup>2</sup>-Tests durchgeführt. Da die Voraussetzung, dass nur wenig Zellen in der Kreuztabelle (Faustregel weniger als 20% der Zellen) eine erwartete Häufigkeit kleiner 5 haben sollten, durch die geringe Fallzahl oft verletzt ist, wurde statt der asymptotischen Signifikanz (die nur dann eine hinreichend gute Annäherung besitzt, wenn diese Voraussetzung erfüllt ist) im 4-Felder-Fall der exakte Test nach Fischer ausgeführt und im mehr-Felder-Fall eine Monte-Carlo-Simulation zur genaueren Schätzung der Signifikanz durchgeführt.<sup>49</sup>

## **7.3 Auswertung**

In diesem Kapitel werden die erhobenen Fragebögen mittels des Statistikprogramms SPSS 17.0 ausgewertet und die Hypothesen auf ihre Signifikanz überprüft.

---

<sup>49</sup> Field, A (2009), "Discovering Statistics Using SPSS" S.372f

Von den 180 Probanden besitzen 141<sup>50</sup> einen PKW, davon sind 87<sup>51</sup> mit einem Dieselmotor betrieben. Von diesen 87 Fällen sind bereits 50<sup>52</sup> mit einem Filter ausgerüstet. 30<sup>53</sup> haben keinen Filter und sieben<sup>54</sup> wissen es nicht. Diese 37, die keinen Filter haben, werden also gefragt ob sie nachrüsten lassen würden. Die 50 mit dem Filter fallen aus der Analyse, da sie nicht mehr nachrüsten können. Die 37 Befragten, die keinen Filter haben oder es nicht wissen, wurden befragt ob sie nachrüsten lassen würden. Laut Tabelle 4 würden von den 37, sechs Personen nachrüsten lassen und 29 würden nicht nachrüsten lassen. Zwei Befragte konnten nicht beantworten, ob sie nachrüsten lassen würden. Das heißt, dass 82,9 % definitiv nicht nachrüsten lassen würden. Die häufigsten Begründungen für die Ablehnung der Umrüstung waren: Kosten der Umrüstung und der Stand der Technik der Filter.

### Haben sie einen PKW?

	Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig Ja	141	78,3	78,3	78,3
Nein	39	21,7	21,7	100,0
Gesamt	180	100,0	100,0	

Tab. 1

---

<sup>50</sup> siehe Tab. 1  
<sup>51</sup> siehe Tab. 2  
<sup>52</sup> siehe Tab. 3  
<sup>53</sup> siehe Tab. 4  
<sup>54</sup> siehe Tab. 4

**Wird Ihr Fahrzeug mit einem Dieselmotor angetrieben?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	87	48,3	61,7	61,7
	nein	54	30,0	38,3	100,0
	Gesamt	141	78,3	100,0	
Fehlend	System	39	21,7		
Gesamt		180	100,0		

Tab. 2

**Wenn Dieselmotor: Besitzt ihr Fahrzeug einen Dieselpartikelfilter?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	50	27,8	57,5	57,5
	nein	30	16,7	34,5	92,0
	w.n.	7	3,9	8,0	100,0
	Gesamt	87	48,3	100,0	
Fehlend	System	93	51,7		
Gesamt		180	100,0		

Tab. 3

**Wenn kein Dieselpartikelfilter: Werden Sie es nachrüsten lassen?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	6	3,3	17,1	17,1
	nein	29	16,1	82,9	100,0
	Gesamt	35	19,4	100,0	
Fehlend	w.n.	2	1,1		
	System	143	79,4		
	Gesamt	145	80,6		
Gesamt		180	100,0		

Tab. 4

**Wenn PKW mit Benzinmotor: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	27	15,0	56,3	56,3
	nein	21	11,7	43,8	100,0
	Gesamt	48	26,7	100,0	
Fehlend	w.n.	6	3,3		
	System	126	70,0		
	Gesamt	132	73,3		
Gesamt		180	100,0		

Tab. 5

**Wenn kein PKW: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?**

		Häufigkeit	Prozent	Gültige Prozente	Kumulierte Prozente
Gültig	Ja	23	12,8	74,2	74,2
	nein	8	4,4	25,8	100,0
	Gesamt	31	17,2	100,0	
Fehlend	w.n.	8	4,4		
	System	141	78,3		
	Gesamt	149	82,8		
Gesamt		180	100,0		

Tab. 6

### **7.4 Hypothese 1**

Hat die staatliche Förderung einen signifikanten Einfluss auf die Umrüstung?

Die Förderung ist, wie die Beantwortung der Frage nach der Umrüstung, eine dichotome Variable. Diese Frage kann daher mittels Chi<sup>2</sup>-Test beantwortet werden, der die Nullhypothese prüft, dass die Beantwortung zur Umrüstung unabhängig von der staatlichen Förderung ist.

Für die Analyse werden alle Daten verwendet, außer jener Personen, die bereits einen Dieselpartikelfilter haben (II.1.3.1 = 1) oder die Angabe „weiß nicht“ bei der Frage angekreuzt haben, ob sie aufrüsten würden (dann liegt keine Information darüber vor und es geht in der Hypothese nicht darum, ob diese unentschiedenen Befragten wegen der Förderung „weiß nicht“ geantwortet haben).

## 7.4.1 Gesamte Beobachtung

Von den 62 Fällen aus den Bundesländern mit Förderung wären insgesamt 28 Personen (45,2%) bereit, einen Dieselpartikelfilter nachzurüsten. Von den 52 Fällen aus den Bundesländern ohne Förderung wären insgesamt 28 Personen bereit (53,8%) einen Dieselpartikelfilter nachzurüsten.<sup>55</sup> Bei dieser Konstellation hat es den Anschein, dass Personen in Bundesländern ohne Förderung eher nachrüsten lassen würden. Auch diese Werte wurden mittels Chi<sup>2</sup>-Test überprüft und es konnte wieder keine Signifikanz festgestellt werden. Der p-Wert liegt bei 0,452 und somit über 0,05<sup>56</sup>.

Für die Befragten war die Förderhöhe zu gering, um freiwillig umzurüsten. Der Dieselpartikelfilter wird mit ca. 30 % gefördert und das ist zu wenig für einen Anreiz.

## 7.4.2 Ergebnis Hypothese 1

Bei dieser Hypothese hat sich gezeigt, dass prozentuell gesehen weniger Personen, die einen PKW mit Dieselmotor haben, nachrüsten lassen würden, als jene, die einen PKW mit Benzinmotor haben. Weiters hat sich herausgestellt, dass es weniger Personen in Prozent sind, die nachrüsten lassen würden, die ein PKW mit Benzinmotor haben, als jene, die keinen PKW besitzen. Das lässt den Schluss zu, dass generell nachgerüstet werden würde, wenn dies nicht mit Arbeits- bzw. finanziellem Aufwand verbunden wäre. Personen ohne PKW entscheiden viel unbekümmerter als jene, die einen PKW mit Dieselmotor haben und somit am ehesten vor eine reale Entscheidungssituation gestellt werden. Je weiter die Personen von einer tatsächlichen Umrüstung entfernt sind, desto eher würden sie nachrüsten. Dies spiegelt die Eigenschaften der Menschen bezüglich der beiden Handlungsalternativen (klug, moralisch) wider. Sie handeln „moralisch“ solange sie es sich leisten können, doch sobald Kosten ins Spiel kommen, nimmt das „kluge“ Handeln überhand. Generell könnte man sagen, die Probanden handeln „moralisch“, solange dieses Handeln rein hypothetisch betrachtet wird und „klug“, sobald diese Handlung die Theorie verlässt und eine realistische Komponente enthält.

---

<sup>55</sup> siehe Tab. 7

<sup>56</sup> siehe Tab. 8

### Kreuztabelle

				Förderung		Gesamt
				ja	Nein	
Gesamt: Würden Sie ja einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?	Anzahl			28	28	56
	% innerhalb von Förderung			45,2%	53,8%	49,1%
nein	Anzahl			34	24	58
	% innerhalb von Förderung			54,8%	46,2%	50,9%
Gesamt	Anzahl			62	52	114
	% innerhalb von Förderung			100,0%	100,0%	100,0%

Tab. 7

### Chi-Quadrat-Tests<sup>d</sup>

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (2-seitig)	Exakte Signifikanz (1-seitig)	Punkt-Wahrscheinlichkeit
Chi-Quadrat nach Pearson	,854 <sup>a</sup>	1	,356	,452	,231	
Kontinuitätskorrektur <sup>b</sup>	,541	1	,462			
Likelihood-Quotient	,854	1	,355	,452	,231	
Exakter Test nach Fisher				,452	,231	
Zusammenhang linear-mit-linear	,846 <sup>c</sup>	1	,358	,452	,231	,098
Anzahl der gültigen Fälle	114					

a. 0 Zellen (0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 25,54.

b. Wird nur für eine 2x2-Tabelle berechnet

c. Die standardisierte Statistik ist -,920.

d. Für eine 2x2-Kreuztabelle werden exakte Ergebnisse anstatt der Monte-Carlo-Ergebnisse berechnet.

Tab. 8

## 7.5 Hypothese 2

Wenn das Einkommen höher ist, dann ist der Umweltgedanke höher.

Das Einkommen liegt als ordinalskalierte Variable vor (III.9). Die Fälle die keine Angabe zum Einkommen machen, werden von der Analyse ausgeschlossen. Der Umweltgedanke liegt wieder als dichotome Variable vor (Umrüsten ja/nein). Auch hierzu müssen jene Personen von der Analyse ausgeschlossen werden, die keine Angabe dazu gemacht haben.

Um die Unabhängigkeit von Einkommen und Umweltgedanken zu prüfen, kommt wieder der Chi<sup>2</sup>-Test zur Verwendung. Diese Analyse kann jedoch nach drei Gesichtspunkten erfolgen: 1. Gesamtstichprobe nach PKW-Art, 2. Bundesländer mit Förderung oder 3. Bundesländer ohne Förderung.

### 7.5.1 Gesamtbeobachtung

Bei der Gesamtbeobachtung wären 16 von 30 Personen (53,3%) mit einem Einkommen bis 1.000 € bereit nachzurüsten. Bei den Personen mit einem Einkommen von 1.001 bis 2.000 € wären 24 von 41 (58,5) bereit nachzurüsten. Und schließlich würden von den Befragten mit einem Einkommen über 2.000 € zehn von 21 Personen (47,6%) nachrüsten lassen.<sup>57</sup> Auch hier ist der Unterschied nicht signifikant, da der p-Wert bei 0,719 liegt und einen Wert von 0,05 übersteigt.<sup>58</sup>

---

<sup>57</sup> siehe Tab. 9

<sup>58</sup> siehe Tab. 10

## Kreuztabelle

			Einkommen			Gesamt
			<= 1000 €	1001 - 2000 €	> 2000 €	
Gesamt: Würden Sie ja einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?	ja	Anzahl	16	24	10	50
		% innerhalb von Einkommen	53,3%	58,5%	47,6%	54,3%
	nein	Anzahl	14	17	11	42
		% innerhalb von Einkommen	46,7%	41,5%	52,4%	45,7%
Gesamt		Anzahl	30	41	21	92
		% innerhalb von Einkommen	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tab. 9

## Chi-Quadrat-Tests

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)		Monte-Carlo-Signifikanz (1-seitig)			
				Signifikanz	99%-Konfidenzintervall		Signifikanz	99%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze		Untergrenze	Obergrenze
Chi-Quadrat nach Pearson	,686 <sup>a</sup>	2	,710	,719 <sup>b</sup>	,707	,730			
Likelihood-Quotient	,686	2	,710	,719 <sup>b</sup>	,707	,730			
Exakter Test nach Fisher	,720			,719 <sup>b</sup>	,707	,730			
Zusammenhang linear mit-linear	,098 <sup>c</sup>	1	,755	,778 <sup>b</sup>	,767	,788	,427 <sup>b</sup>	,415	,440
Anzahl der gültigen Fälle	92								

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 9,59.

b. Basierend auf 10000 Stichprobentabellen mit dem Startwert 2042698158.

c. Die standardisierte Statistik ist ,313.

Tab. 10

## 7.5.2 Bundesländer mit Förderung

Nachrüsten würden elf von 20 Personen (55%) mit einem Einkommen bis 1.000 €. Bei den Personen mit einem Einkommen von 1.001 bis 2.000 € würden neun von 19 (47,4%) nachrüsten lassen. Und bei den Einkommensstarken mit über 2.000 € wären fünf von elf

Personen (45,5%) bereit nachzurüsten.<sup>59</sup> Diese Unterschiede sind auch nicht signifikant, da der p-Wert bei 0,877 liegt und somit weit über 0,05 liegt.<sup>60</sup>

**Gesamt: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten? \* Einkommen**  
**Kreuztabelle<sup>a</sup>**

				Einkommen			Gesamt
				<= 1000 €	1001 - 2000 €	> 2000 €	
Gesamt: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?	Ja	Anzahl	11	9	5	25	
		% innerhalb von Einkommen	55,0%	47,4%	45,5%	50,0%	
	Nein	Anzahl	9	10	6	25	
		% innerhalb von Einkommen	45,0%	52,6%	54,5%	50,0%	
Gesamt		Anzahl	20	19	11	50	
		% innerhalb von Einkommen	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

a. Förderung = ja

Tab. 11

**Chi-Quadrat-Tests<sup>d</sup>**

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)		Monte-Carlo-Signifikanz (1-seitig)			
				Signifikanz	99%-Konfidenzintervall		Signifikanz	99%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze		Untergrenze	Obergrenze
Chi-Quadrat nach Pearson	,344 <sup>a</sup>	2	,842	,877 <sup>b</sup>	,869	,886			
Likelihood-Quotient	,344	2	,842	,877 <sup>b</sup>	,869	,886			
Exakter Test nach Fisher	,411			,877 <sup>b</sup>	,869	,886			
Zusammenhang mit-linear	,300 <sup>c</sup>	1	,584	,718 <sup>b</sup>	,706	,729	,354 <sup>b</sup>	,342	,367
Anzahl der gültigen Fälle	50								

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,50.

b. Basierend auf 10000 Stichprobentabellen mit dem Startwert 297761863.

c. Die standardisierte Statistik ist ,548.

d. Förderung = ja

Tab.12

<sup>59</sup> siehe Tab. 11

<sup>60</sup> siehe Tab. 12

### 7.5.3 Bundesländer ohne Förderung

Nachrüsten würden fünf von zehn Personen, das sind 50% mit niedrigerem Einkommen bis 1.000 €. Dagegen würden 15 von 22 Personen, das sind 68,2% mit mittlerem Einkommen zwischen 1.001 und 2.000 €, und wieder fünf von zehn Personen, das sind 50% mit höherem Einkommen über 2.000 € nachrüsten.<sup>61</sup> Der Unterschied ist nicht signifikant, da der p-Wert 0,547 ist und 0,05 übersteigt.<sup>62</sup>

**Gesamt: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten? \* Einkommen**  
Kreuztabelle<sup>a</sup>

				Einkommen			Gesamt
				<= 1000 €	1001 - 2000 €	> 2000 €	
Gesamt: Würden Sie ja einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?	Anzahl	5	15	5	25		
	% innerhalb von Einkommen	50,0%	68,2%	50,0%	59,5%		
nein	Anzahl	5	7	5	17		
	% innerhalb von Einkommen	50,0%	31,8%	50,0%	40,5%		
Gesamt	Anzahl	10	22	10	42		
	% innerhalb von Einkommen	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%		

a. Förderung = nein

Tab. 13

#### Chi-Quadrat-Tests<sup>d</sup>

	Wert	Df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)		Monte-Carlo-Signifikanz (1-seitig)			
				Signifikanz	99%-Konfidenzintervall		Signifikanz	99%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze		Untergrenze	Obergrenze
Chi-Quadrat nach Pearson	1,437 <sup>a</sup>	2	,487	,547 <sup>b</sup>	,534	,560			
Likelihood-Quotient	1,444	2	,486	,547 <sup>b</sup>	,534	,560			
Exakter Test nach Fisher	1,527			,547 <sup>b</sup>	,534	,560			
Zusammenhang linear mit-linear	,000 <sup>c</sup>	1	1,000	1,000 <sup>b</sup>	1,000	1,000	,596 <sup>b</sup>	,583	,609
Anzahl der gültigen Fälle	42								

a. 2 Zellen (33,3%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 4,05.

b. Basierend auf 10000 Stichprobentabellen mit dem Startwert 297761863.

c. Die standardisierte Statistik ist ,000.

d. Förderung = nein

Tab. 14

<sup>61</sup> siehe Tab. 13

<sup>62</sup> siehe Tab. 14

## 7.5.4 Ergebnis Hypothese 2

Auch die zweite Hypothese konnte nicht bestätigt werden, somit kann die Nullhypothese nicht verworfen werden und es muss folglich davon ausgegangen werden, dass es keinen Zusammenhang zwischen dem Einkommen und der Umrüstbereitschaft gibt. Die Förderung in Bundesländern hat keinen signifikanten Unterschied zwischen den Einkommensgruppen ergeben. Aufgrund dieser Ergebnisse ist bei der freiwilligen Umweltaktion das Einkommen nicht entscheidend.

Bei der Studie „Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2007“ der Statistik Austria wurde untersucht von wem Bio-Produkte gekauft werden. Laut der Studie „Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2007“ der Statistik Austria kauften Personen, die nicht erwerbstätig sind, weniger Bio-Produkte als erwerbstätige Personen. In dieser Studie wurde zwar das Einkommen nicht befragt, aber die Schulbildung und Erwerbstätigkeit können als Näherungsgröße für das Einkommen herangezogen werden.<sup>63</sup> Das Einkommen ist laut dieser Studie ein entscheidender Faktor beim Kauf von Bio-Produkten. Meine Ergebnisse konnten diese Aussage nicht bestätigen. Grund für meine Ergebnisse kann der zu kleine Stichprobenumfang von 180 Befragungen sein.

## 7.6 Hypothese 3

Personen, die sonstige freiwillige Umweltaktionen tätigen, sind auch eher bereit den Dieselpartikelfilter nachzurüsten.

Die Einstellung zur Umwelt und auch die Frage, ob ein Befragter freiwillig Umweltaktionen tätigt, wird auf einer 4-stufigen Likert-Scale in I.1 erfasst und liegt auf Intervallskalenniveau vor. Die Umrüstungsbereitschaft stellt wie üblich eine dichotome Variable dar, wobei wieder jene Personen ausgeschlossen wurden, die keine Angaben zur Umrüstung machten.

Daher kann im Falle normalverteilter Daten ein t-Test, im Falle nichtnormalverteilter Daten ein Mean-Whitney-U-Test (nichtparametrische Variante des t-Test) durchgeführt werden, um die Nullhypothese zu prüfen, ob es keinen Unterschied im mittleren Score auf der Likert-Scale zwischen jenen Personen gibt, die umrüsten würden, und jene, die es

---

<sup>63</sup> Eine Auswertung der Einkommensbefragung EU-SILC 2004 zeigt z.B. eine signifikante Korrelation auf einem Niveau von 0,000 für das persönliche Brutto- und Netto-Einkommen mit der beruflichen Stellung sowie mit der höchsten abgeschlossenen Schulbildung an.

nicht tun würden. Die Normalverteilungsannahme kann mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test überprüft werden.

### Prüfung der Normalverteilung

Der Kolmogorov-Smirnov-Test prüft die Voraussetzung für einen t-Test. Genauer: Er prüft die Nullhypothese der Normalverteilung der Daten pro Gruppe (also für das Nachrüsten ja/nein getrennt). Die Fragen aus I.1 vom Fragebogen Seite 1 sollen auf Normalverteilung überprüft werden.

Er fällt für alle Fragen in I.1 und für beide Gruppen signifikant aus (alle  $p < 0,001$ ). Die Normalverteilung ist also nicht anzunehmen und die Voraussetzungen für einen t-Test damit verletzt. Daher wird im Folgenden die nichtparametrische, verteilungsfreie Variante des t-Test, nämlich der Mann-Whitney-U-Test, angewandt.

### 7.6.1 Gesamtbeobachtung

Niedere Werte auf der 4-stufigen Likert-Skala stehen für Zustimmung und hohe Werte für Ablehnung gegenüber der gestellten Frage I.1. Die größte Zustimmung erhält demnach die Aussage „Mir ist die Umwelt sehr wichtig.“, im Mittelwert 1,35 +/- 0,563. Die Aussage „Jeder von uns hat Einfluss auf die Umweltverschmutzung.“, mit einem Mittelwert von 1,36 +/- 0,575, hat ebenfalls große Zustimmung. Fast ebenso hohe Zustimmung mit einem Wert von 1,55 +/- 0,703 hat die Aussage „Die Umwelt ist sehr belastet.“, und die Aussage „Wenn wir heute mit Umweltschutz beginnen, können wir das Schlimmste noch verhindern.“, kommt in der Stichprobe mit einem Mittelwert 1,87 +/- 0,861 auch gut an. Dahinter folgt „Ich konsumiere umweltfreundliche Produkte.“, mit einem Mittelwert von 2,13 +/- 0,865. Auf Ablehnung stoßen dafür „Der Staat tut genügend für den Umweltschutz.“, mit einem Mittelwert von 3,11 +/- 0,744 und „Das Thema interessiert mich nicht, da ich nichts ausrichten kann.“, mit einem Mittelwert von 3,53 +/- 0,75.<sup>64</sup>

---

<sup>64</sup> siehe Tab. 15

## Deskriptive Statistiken

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Die Umwelt ist sehr belastet.	180	1,55	,703	1	4
Jeder von uns hat Einfluss auf Umweltverschmutzung.	180	1,36	,575	1	4
Das Thema interessiert mich nicht, da ich nichts ausrichten kann.	180	3,53	,750	1	4
Wenn wir heute mit Umweltschutz beginnen, können wir das Schlimmste noch verhindern.	179	1,87	,861	1	4
Der Staat tut genügend für den Umweltschutz.	180	3,11	,744	1	4
Ich konsumiere umweltfreundliche Produkte (z.B.: Fairtrade, Öko-Milch, Öko-Backwaren).	180	2,13	,865	1	4
Mir ist die Umwelt sehr wichtig.	180	1,34	,563	1	3
Gesamt: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?	114	1,51	,502	1	2

Tab. 15

## Statistik für Test<sup>b</sup>

	Die Umwelt ist sehr belastet.	Umweltverschmutzung.	ausrichten kann.	Schlimmste noch verhindern.	Der Staat tut genügend für Umweltschutz.	Öko-Milch, Backwaren).	Mir ist die Umwelt sehr wichtig.
Mann-Whitney-U	1380,500	1473,500	1464,500	1476,500	1569,000	1317,500	1367,000
Wilcoxon-W	2976,500	3069,500	3175,500	3072,500	3310,000	2913,500	2963,000
Z	-1,575	-1,086	-1,077	-,908	-,160	-1,913	-1,773
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,115	,278	,281	,364	,873	,056	,076
Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)	,113*	,285*	,273*	,370*	,906*	,052*	,086*
99%-Konfidenzintervall							
Untergrenze	,105	,273	,261	,358	,899	,046	,078
Obergrenze	,121	,296	,284	,383	,914	,057	,092
Monte-Carlo-Signifikanz (1-seitig)	,059*	,156*	,140*	,191*	,452*	,027*	,041*
99%-Konfidenzintervall							
Untergrenze	,053	,147	,131	,181	,440	,023	,035
Obergrenze	,065	,165	,149	,202	,465	,031	,046

a. Basiert auf 10000 Stichprobentabellen mit einem Startwert von 32174292.

b. Gruppenvariable: Gesamt: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?

Tab. 16

### 7.6.2 Ergebnis Hypothese 3

Der Unterschied zwischen jenen Befragten, die bereit wären nachzurüsten und jenen, die es nicht tun würden, fällt bei dem lokalen Signifikanzniveau von 0,05 bei der Aussage „Ich konsumiere umweltfreundliche Produkte (z.B.: Fairtrade, Öko-Milch, Öko-Backwaren).“, signifikant aus (p-Wert ist 0,052). Dies lässt den Schluss zu, dass Personen die das Problem der Umweltverschmutzung erkannt haben, freiwillig nachrüsten lassen würden. Bei diesen Personen ist der Eingriff des Staates durch Förderungen oder Steuern nicht notwendig, da das Bewusstsein für die Umwelt gegeben ist.

### 7.7 Hypothese 4

Personen mit einem höheren Bildungsgrad sind eher bereit umzurüsten.

Genauso wie das Einkommen liegt der Bildungsgrad als ordinalskalierte Größe vor und die Umrüstbereitschaft als dichotome Variable.

### 7.7.1 Gesamte Beobachtung

Nachrüsten lassen würden sechs von elf Personen, das sind 54,5%, mit einem Pflichtschulabschluss. 52%, also 13 von 25 Personen, mit einer Berufs- oder Fachschule, 48,8%, also 20 von 41 Personen, mit einer Matura und 45,9%, also 17 von 37 Personen, mit einem Universitäts- oder Fachschulabschluss würden nachrüsten lassen. Der Unterschied ist nicht signifikant, da der p-Wert mit 0,95 weit höher als 0,05 ist.<sup>65</sup>

**Kreuztabelle**

		Schulbildung				Gesamt
		Pflichtschule	Berufsschule / Fachschule	Matura	Universität / Fachhochschule	
Gesamt: Würden Sie Ja einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?	Anzahl	6	13	20	17	56
	% innerhalb von Schulbildung	54,5%	52,0%	48,8%	45,9%	49,1%
Nein	Anzahl	5	12	21	20	58
	% innerhalb von Schulbildung	45,5%	48,0%	51,2%	54,1%	50,9%
Gesamt	Anzahl	11	25	41	37	114
	% innerhalb von Schulbildung	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Tab. 17

<sup>65</sup> siehe Tab. 17-18

## Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2- seitig)	Monte-Carlo-Signifikanz (2-seitig)			Monte-Carlo-Signifikanz (1-seitig)		
				Signifikanz	99%-Konfidenzintervall		Signifikanz	99%-Konfidenzintervall	
					Untergrenze	Obergrenze		Untergrenze	Obergrenze
Chi-Quadrat nach Pearson	,364 <sup>a</sup>	3	,948	,950 <sup>b</sup>	,944	,956			
Likelihood-Quotient	,364	3	,948	,950 <sup>b</sup>	,944	,956			
Exakter Test nach Fisher	,435			,950 <sup>b</sup>	,944	,956			
Zusammenhang linear- mit-linear	,360 <sup>c</sup>	1	,549	,565 <sup>b</sup>	,552	,578	,305 <sup>b</sup>	,293	,317
Anzahl der gültigen Fälle	114								

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,40.

b. Basierend auf 10000 Stichprobentabellen mit dem Startwert 1575976823.

c. Die standardisierte Statistik ist ,600.

Tab. 18

## 7.7.2 Ergebnis Hypothese 4

Resultat: Die Auswertung hat keine signifikanten Ergebnisse erbracht.

In der Studie „Umweltbedingungen, Umweltverhalten 2007“ wurde auch der Bildungsgrad, bei der Entscheidung Bio-Produkte zu erwerben, untersucht. Die Studie hat ergeben, dass es einen linearen Zusammenhang zwischen der Schulbildung und der Bereitschaft Bio-Produkte zu kaufen gibt. Zum Beispiel waren 54,9% der Personen mit höchstens Pflichtschulabschluss bereit Bio-Produkte zu kaufen, wobei 80,6% der Absolventinnen und Absolventen einer Universität oder FH bereit waren Bio-Produkte zu kaufen.

Eine aktuelle Studie der ÖAMTC-Akademie, gemeinsam mit dem Institut für Systemische Marktforschung MAFOS und INTEGRAL Markt- und Meinungsforschung mit dem Titel „Mobilität im Wandel“, hat ergeben, dass 78% der Befragten die Umweltverträglichkeit bei ihrem nächsten Autokauf berücksichtigen würden.<sup>66</sup>

Die Ergebnisse werden durch meine Umfrage nicht bestätigt, dies kann wiederum am Stichprobenumfang liegen.

<sup>66</sup> <http://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/592303/index.do> : Zugriff 05.09.2010; 20:00

## 8. Conclusio

Die Erläuterungen zum Thema Feinstaub haben gezeigt, dass es kein zu unterschätzendes Problem für unsere Gesundheit darstellt. In den letzten Jahren hat die Belastung massiv zugenommen. Schuld ist unter anderem die starke Zunahme an Dieselfahrzeugen, da der Komfort und die Laufkultur durch technologische Verbesserung immer besser wurden. Dieselfahrzeuge haben aber den Nachteil, dass sie bei dem Verbrennungsprozess Rußpartikel ausstoßen, die der Körper aufgrund der Partikelgröße nicht filtern kann. So gelangen Schadstoffe in die Blutlaufbahn und beeinträchtigen unsere Gesundheit.

Die vorliegende Studie untersucht, ob Personen freiwillig Aktionen unternehmen würden, um die Feinstaubemission zu reduzieren. Dazu wurde eine Befragung durchgeführt und vier Hypothesen aufgestellt.

Die Ergebnisse der Befragung haben bei der Förderung, dem Einkommen und der Ausbildung keine Signifikanz ergeben. Der Grund kann die zu kleine Stichprobe von 180 Befragungen sein. Andere Studien haben signifikante Ergebnisse zu Einkommen und Ausbildung im Zusammenhang mit Umweltaktionen ergeben.

Ebenfalls wurde die Umrüstbereitschaft von Personen überprüft, die schon freiwillige Umweltaktionen tätigen. Dabei ließ sich ein signifikanter Zusammenhang feststellen. Wenn Konsumenten den Umweltgedanken haben, sind weitere Maßnahmen, wie Förderungen oder Steuern von Seiten des Staates, nicht nötig.

Bei Personen ohne Umweltgedanken ist der Staat gefragt Maßnahmen zu setzen. Die Maßnahmen, die der Staat setzen kann, sind unter anderem die Förderung von Dieselpartikelfiltern. Die Auswertung hat aber gezeigt, dass es fast keine Unterschiede zur Umrüstbereitschaft zwischen den fördernden und nicht fördernden Bundesländern gibt (keine signifikante Aussage). Somit steht fest, dass die Fördermaßnahmen die gewünschten Erfolge nicht bringen. Viel mehr könnte der Ansatz bei einer höheren Besteuerung von Dieselfahrzeugen ohne Dieselpartikelfilter liegen. In einigen deutschen Städten wird die Besteuerung mittels Umweltplaketten umgesetzt. Fahrzeuge mit hohen Emissionswerten dürfen nicht in die Städte fahren, außer sie erwerben Plaketten. Mit solchen Maßnahmen wird die Wirtschaftlichkeit der Umrüstung aus einem ganz anderen Gesichtspunkt gesehen.

Freiwillige Umweltaktionen sind, laut meinen Ergebnissen, noch nicht im Alltag verankert und der Staat muss Instrumente einsetzen, um das Kaufverhalten zu lenken. Es scheint unabdingbar dem Konsumenten zusätzliche Anreizsysteme zu bieten, um ein umweltkonformes Denken zu bilden und vor allem auch in die Realität umzusetzen.

## 9. Quellenverzeichnis

### *Internetverzeichnis*

[http://www.salzburg.gv.at/massnahmenkatalog\\_luft.pdf](http://www.salzburg.gv.at/massnahmenkatalog_luft.pdf): 15.10.2009; 16:15

<http://www.salzburg.gv.at/umweltseite-2-08.pdf>: 15.10.2009; 16:16

<http://www.salzburg.gv.at/pmsfaq.pdf>: 15.10.2009; 16:16

<http://www.salzburg.gv.at/umweltseite-2-07.pdf>: Seite 5; Zugriff: 15.10.2009; 16:23

[http://www.salzburg.gv.at/statuserhebung\\_no2\\_pm10\\_2008.pdf](http://www.salzburg.gv.at/statuserhebung_no2_pm10_2008.pdf):

Zugriff: 15.10.2009; 16:37

[http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xbcr/SID-D5E45FF8-4885D334/ooe/US\\_LG\\_Jahresbericht\\_2008.pdf](http://www.land-oberoesterreich.gv.at/cps/rde/xbcr/SID-D5E45FF8-4885D334/ooe/US_LG_Jahresbericht_2008.pdf): Zugriff: 15.10.2009; 17:31

[http://www.verwaltung.ktn.gv.at/cgi-bin/evoweb.dll/cms/akl/37919\\_DE-Dateien-Feinstaub\\_und\\_Gesundheit.pdf](http://www.verwaltung.ktn.gv.at/cgi-bin/evoweb.dll/cms/akl/37919_DE-Dateien-Feinstaub_und_Gesundheit.pdf): Zugriff: 15.10.2009; 18:47

<http://www.feinstaubfrei.at/htm/links.htm>: Zugriff: 15.10.2009; 19:24

[http://www.umweltbundesamt.at/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?&pub\\_id=1807](http://www.umweltbundesamt.at/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?&pub_id=1807): Zugriff: 16.10.2009; 18:32

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0234.pdf>:

Zugriff: 16.10.2009; 19:34

<http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/lrtap/>: Zugriff: 16.10.2009; 20:30

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0218.pdf>:

Zugriff: 16.10.2009; 20:31

<http://www.magwien.gv.at/umweltschutz/luft/feinstaub.html>:

Zugriff: 17.10.2009; 9:30

<http://www.magwien.gv.at/umweltschutz/luft/pdf/wienluft.pdf>:

Zugriff: 17.10.2009; 9:35

<http://www.magwien.gv.at/umweltschutz/luft/pdf/feinstaub1.pdf>:

Zugriff: 17.10.2009; 9:42

<http://www.magwien.gv.at/umweltschutz/luft/pdf/feinstaub2.pdf>:

Zugriff: 17.10.2009; 10:18

[http://ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA\\_2006\\_I\\_34/BGBLA\\_2006\\_I\\_34.pdf](http://ris.bka.gv.at/Dokumente/BgblAuth/BGBLA_2006_I_34/BGBLA_2006_I_34.pdf): Zugriff: 17.10.2009; 10:32

<http://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/REP0153.pdf>:

Zugriff 22.10.2009; 9:23

[http://www.emitec.com/download/bibliothek/de/Emitec Beitrag HdT 09 2006 mod .pdf](http://www.emitec.com/download/bibliothek/de/Emitec_Beitrage_HdT_09_2006_mod.pdf): Zugriff 28.10.2009; 12:20

[http://www.baumaschine.de/Portal/Archive/2\\_2007/Wissenschaft/regeneration/regeneration.html](http://www.baumaschine.de/Portal/Archive/2_2007/Wissenschaft/regeneration/regeneration.html): Zugriff 28.10.2009; 12:22

<http://www.umweltbundesamt.de/verkehr/techemissmm/technik/pms.htm>:  
Zugriff 31.10.2009; 15:00

[http://www.umweltdaten.de/verkehr/downloads/gat/b186\\_report\\_abschlussbericht\\_v7 wo mensch s.pdf](http://www.umweltdaten.de/verkehr/downloads/gat/b186_report_abschlussbericht_v7_wo_mensch_s.pdf): Zugriff 31.10.2009; 15:10

[http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Luft/Publikationen.Par.0022.DownloadList Par.0003.FileRef.tmp/BER2005\\_04.pdf](http://www.umwelt.sg.ch/home/Themen/Luft/Publikationen.Par.0022.DownloadList.Par.0003.FileRef.tmp/BER2005_04.pdf): Zugriff 4.11.2009; 11:29

<http://kaernten.orf.at/stories/146945/>: Zugriff 01.02.2010; 19:45

[http://www.volkswagen.at/files/at/element/file\\_download/Dieselpartikelfilter.pdf](http://www.volkswagen.at/files/at/element/file_download/Dieselpartikelfilter.pdf):  
Zugriff 01.02.2010; 19:46

<http://wko.at/bsv/partikelfilter-nach.pdf>: Zugriff 01.02.2010; 19:47

<http://diepresse.com/home/wirtschaft/economist/592303/index.do>:

Zugriff 05.09.2010; 20:00

## **Literaturverzeichnis**

AQEG – Air Quality Expert Group (2004): “Nitrogen Dioxide in the United Kingdom”, Department for Environment, Food and Rural Affairs, Nordirland

AUPHEP – Austrian Project on Health Effects of Particulates (2004): “Endbericht. GZ 14 4440/45-I/4/98“, Kommission für Reinhaltung der Luft, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien

Adler, J. (2005), „Ceramic Diesel Particulate Filters“, Int. Journal of Applied Ceramic Technology, 2 (6) 429-439, Dresden

Anderl, M.; Gangl, M.; Göttlicher, S.; Köthner, T.; Muik, B.; Pazdernik, K.; Poupa, S.; Schodl, B.; Storch, A.; Wappel, D. und Wieser, M. (2009), „Emissionstrends 1990 – 2007: Ein Überblick über die Österreichischen Verursacher von Luftschadstoffen (Datenstand 2009)“ Reports, Bd. REP-234, Umweltbundesamt, Wien

Bauer, H., Marr, I. und Puxbaum, H. (2005), „3.Zwischenbericht für das Projekt: AQUELLA, Bestimmung von Immissionsbeträgen in Feinstaubproben“, GZ: FA17C 72.002-2/03-59, Bericht UA/AQ, Graz

Beller, S. (2004), „Empirisch Forschen Lernen – Konzepte, Methoden, Fallbeispiele, Tipps“, 2. Auflage, Huber Verlag, Bern

BMLFUW – Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (2000), „Richtlinie 14: Leitfaden zur Immissionsmessung nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft – Kontinuierliche Immissionsmessung“, BMLFUW, Wien.

Brück, R.; Kaiser, F. W. und Konieczny (2006), „Der Metallische Nebenstromfilter PM-Metalit™ - eine Lösung zur Partikelreduktion bei PKW- und NFZ-Anwendungen“, Emitec; HdT-Tagung 16.-17.5.2006, Ismaning

Chow, J. C.; Watson, J.G.; Edgerton, S.A. und Vega, E. (2002) “Chemical composition of PM 2,5 and PM 10 in Mexico City during winter 1997.” Science of the Total Environment, 287, 177-201

- Dudenhöffer, F. (2004), „Ohne Steuerförderung kommt der Dieselpartikelfilter nur langsam in Schwung“, B&D Forecaststudie, Leverkusen, Deutschland
- Dudenhöffer, F. (2004), Partikelfilter – Zukunftsmarkt für die Zulieferer“, B&D Forecaststudie, Leverkusen, Deutschland
- Eckstein, P. (2000), „SPSS – Arbeitsbuch Übungs- und Klausuraufgaben mit ausführlichen Lösungen“, Gabler Verlag, Wiesbaden
- Evans, J.S.; Levy, J.I.; Hammitt, J.K.; Santos Burgoa, C und M. Castillejos (2002) “Health Benefits of Air Pollution Control. Air Quality in the Mexico Megacity” (pp 105-136). Boston: Kluwer
- Field, A. (2009), “Discovering Statistics Using SPSS”, 3.ed., Sage Publications, Thousand Oaks
- Frondel, M. und Peters, J. (2005),“Biodiesel: A New Oildorado?“, Energy Policy, 35 (3), 1675-1684.
- Gao, H. O. und Stasko, T. H. (2007), “The Retrofit Puzzle: Optimal Fleet Owner Behavior in the Context of Diesel Retrofit Incentive Programs”, School of Civil and Environmental Engineering, Cornell University; Ithaca, USA
- Gao, H. O. und Stasko, T. H. (2009), “Cost-Minimizing Retrofit/Replacement Strategies for Diesel Emission Reduction”, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 14 (2), 111-119.
- Granovskii, M.; Dincer, I. und Rosen, M. A. (2006), “Economic and Environmental Comparison of Conventional, Hybrid, Electric and Hydrogen Fuel Cell Vehicles”, Journal of Power Sources, 159 (2), 1186-1193.
- Gakenheimer, R.; Molina, L.; Sussman, J.; Zegras, C.; Howitt, A.; Makler, J.; Lacy, R.; Slott, R. und Villegas.A. (2002) “The MCMA Transportations System: Mobility and Air Pollution. Air Quality in the Mexico Megacity” (pp. 213-284). Boston: Kluwer

Hafner, R. und Waldl, H. (2001), „Statistik für Sozial- und Wirtschaftswissenschaftler“, Springer-Verlag, Wien

Helmers, E. (2006), „Die Kosten des Dieselbooms“, Umweltwissenschaften und Schadstoff-Forschung, 18 (1), 30-36.

Helms, H.; Lamprecht, U. und Höfner, U. (2005), „Auswirkungen der Nachrüstung von KFZ mit Partikelfiltern“, Studie des IFEU-Instituts

Heimburger, G.; Hutter, H-P.; Kundi, M.; Moshhammer, H.; Schneider, J. und Wallner, P. (2008), „Feinstaub und Gesundheit“, Amt der Kärntner Landesregierung, Klagenfurt

Jacobsen, M. (2002), „Current and Future Effects of Black Carbon on Climate“, ETH-Nanopartikelkonferenz, Zürich

Jain, G. (2003), „Gesetzgebung zur Einführung der Abgasnachbehandlung bei Dieselmotoren“, FAD-Konferenz 12.11.-13.11.2003, Dresden

Jean, E. (2003), „Dieselpartikelfiltersysteme für PKW – Erfahrungen und Perspektiven“, FAD-Konferenz 12.11.-13.11.2003, Dresden

Jeong, Y. (2001), „The Trend of Exhaust Emission Standard and Diesel Particulate Filter Trap Technology for Diesel Powered Vehicles“, Busan Engine International Symposium 2001, Busan

Kähler, W. M. (2008), „Statistische Datenanalyse – Verfahren Verstehen und mit SPSS Gekonnt Umsetzen“, 5. Auflage, Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden

Kaiser, F.-W. und Konieczny, R. (2006), „Filtersysteme zur Rußpartikel-Reduktion im Abgas von Diesel-Kraftfahrzeugen - Technologien und Randbedingungen“, Emitec; HdT-Tagung 09.2006, Ismaning

Kurek, R. (2006), „Nutzfahrzeug Dieselmotor – Stand der Technik, Entwicklungs- und Innovationspotentiale, Optimierungspotenziale“, Hanser Verlag, München – Wien

Künzli, N.; Kaiser, R.; Medina, S.; Studnicka, M.; Chanel, O.; Filliger, P.; Herry, M.; Horak Jr, F.; Puybonnieux-Textier, V.; Quénel, P.; Schneider, J.; Seethaler, R.; Vergnaud, J-C. und Sommer, H. (2000); "Public-Health Impact of Outdoor and Traffic-Related Air Pollution; a European Assessment", The Lancet 356:795-801

Lükewille, A.; Bertok, I.; Amann, M.; Cofala, J.; Gyarfas, F.; Heyes, C.; Klimont, Z. und Schöpp, W.; (2000); "A Framework to Estimate the Potential and Costs for the Control of Particulate Emissions in Europe; Interim Report" IR-01-023, IIASA, Laxenburg

Mayer, A. (2006), „Requirements for Diesel Particle Filter Systems“, in: Priv.-Doz. Dr.-Ing. Ulrich Brill., „Elimination of Engine Generated Nanoparticles – Problems and Solutions“, Haus der Technik Fachbuch Band 58, Expert Verlag, 167-185

Mayer, A. (2008), „Partikelfiltertechnologien“ Umwelt Perspektiven, Illnau

Mollenhauer, K. und Töschke, H. (2007), „Handbuch Dieselmotoren“, 3. Auflage, Springer-Verlag, Berlin - Heidelberg

Naschke, W. (2003), „Verbesserte Kraftstoff Additive - von der F & E zur Serienreife“, FAD-Konferenz 12.11.-13.11.2003, Dresden

Priddat, B. P. (2007), „Moral als Indikator und Kontext von Ökonomie“, 3. Band, Metropolis Verlag, Marburg

Salvi, S.; Blomberg, A.; Rudell, B.; Kelly, F.; Sandström T.; Holgate, S.T. und Frew, A.; (1999) „Acute Inflammatory Response in the Airways and Peripheral Blood After Short-Term Exposure to Diesel Exhaust in Healthy Human Volunteers“ American Journal of Respiratory Critical Care, 159 (3), 702-709.

Schindler, K. P. (2003), „Zukünftige Anforderungen Abgasemissionen Diesel“, FAD-Konferenz 12.11.-13.11.2003, Dresden

Spangl, W.; Kaiser, A. und Moosmann, L. (2008), „Herkunftsanalyse von PM10 und seinen Inhaltsstoffen 1997-2007. Ferntransport nach Österreich und Regionale Beiträge“, Reports, Bd. REP-156, Umweltbundesamt, Wien

Spangl, W.; Nagl, Ch. und Moosmann, L. (2008), „Jahresbericht der Luftgütemessung in Österreich 2007“, Reports, Bd. REP-153, Umweltbundesamt, Wien

Stevens, G.; Wilson, A. und Hammitt, K. (2005), “A Benefit-Cost Analysis of Retrofitting Diesel Vehicles with Particulates Filter in the Mexico City Metropolitan Area”, Risk Analysis, 25 (4), 883-899.

Sydbom, A.; Blomberg, A.; Parnia, S.; Stenfors, N.; Sandström, T. und Dahlen, S.-E. (2001), „Health Effects of Diesel Exhaust Emissions“, European Respiratory Journal, 17, 733-746.

Van Koolwijk, J., Kreutz, H. und Titscher, S. (1974), „Techniken der Empirischen Sozialforschung“, Band 4 Ergebnungsmethoden: Die Befragung, Oldenbourg Verlag, München, Wien

Vogt, C. D.; Schäfer-Sindlinger, A und Ito, T. (2006), Materials for Diesel Particulate Filters – Properties and Application, in: Priv.-Doz. Dr.-Ing. Ulrich Brill., „Elimination of Engine Generated Nanoparticles – Problems and Solutions“, Haus der Technik Fachbuch Band 58, Expert Verlag, 258-275

## **Abbildungsverzeichnis**

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Mengeverteilung von TSP, PM10 und PM 2,5

Abbildung 2: Anteile der Verursachersektoren an den TSP - Emissionen Österreichs 2007

Abbildung 3: Anteile der Verursachersektoren an den PM10 - Emissionen Österreichs 2007

Abbildung 4: Anteile der Verursachersektoren an den PM2,5- Emissionen Österreichs 2007

Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung der Rückwärtstrajektorien für Illmitz, Winter 2002/03

Abbildung 6: Häufigkeitsverteilung der Rückwärtstrajektorien für Illmitz, Winter 2003/04

Abbildung 7: Abschätzung der relativen Anteile verschiedener Herkunftsregionen an PM10

Abbildung 8: Dieselruß

Abbildung 9: Gesundheitliche Auswirkungen der Luftverschmutzung in Österreich

Abbildung 10: Belastungstabelle am PM 10

Abbildung 11: Grenz und Zielwertfestigungen der neuen Luftqualitätsrichtlinie für PM 2,5

Abbildung 12: Anzahl der Tagesmittelwerte für PM 10 über  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahr 2007

Abbildung 13: Grenzwertüberschreitungen bei PM10 gemäß IG-L 2007

Abbildung 14: PM10 und PM2,5 Emissionstrend des Sektors Industrie 1990-2007

Abbildung 15: PM10 und PM2,5 Trend des Verkehrssektors 1990-2007

Abbildung 16: PM10 und PM2,5 Trend des Landwirtschaftssektors 1990-2007

Abbildung 17: PM2,5 Emissionstrend des Sektors Energieversorgung 1990-2007

Abbildung 18: PM10 und PM2,5 Emissionstrend des Sektors Kleinverbrauch 1990-2007

Abbildung 19: Aktuelle PKW-Gesetzgebung sowie Vorschlag für Euro 5

Abbildung 20: Reduktion der Partikelmasse durch Nachrüstung bzw. Erstausrüstung

Abbildung 21: Funktion eines geschlossenen Partikelfilters (Wall-Flow-Filter)

Abbildung 22: Prinzip der Partikelabscheidung bei einem Wall-Flow-Filter

Abbildung 23: Effektivität keramischer Wall-Flow-Filter in Abhängigkeit der Beladung

Abbildung 24: Aufbau des Nebenstromfilters PM-Metalit

Abbildung 25: Anlagerung des Kraftstoffadditivs zur Verringerung der Abbrandtemperatur an die Russpartikel

Abbildung 26: Ascheeinlagerung im geschlossenen Dieselpartikelfilter

Abbildung 27: Weltmarkt Partikelfilter

Abbildung 28: Partikelgehalt in der Atemluft von Schweizer Tunnelbaustellen

Abbildung 29: Nettonutzen per 1000 nachgerüstete Fahrzeuge

Abbildung 30: Kosten-Nutzen von vier ausgewählten Nachrüsttechnologien

Abbildung 31: Durchschnittskosten für Nachrüstmaßnahmen

## **Tabellenverzeichnis**

Tab 1:	Haben sie einen PKW?
Tab 2:	Wird Ihr Fahrzeug mit einem Dieselmotor angetrieben?
Tab 3:	Wenn Dieselmotor: Besitzt ihr Fahrzeug einen Dieselpartikelfilter?
Tab 4:	Wenn kein Dieselpartikelfilter: Werden Sie es nachrüsten lassen?
Tab 5:	Wenn PKW mit Benzinmotor: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?
Tab 6:	Wenn kein PKW: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten?
Tab 7:	H1 Gesamte Beobachtung; Kreuztabelle
Tab 8:	H1 Gesamte Beobachtung; Chi-Quadrat-Tests d
Tab 9:	H2 Gesamte Beobachtung; Kreuztabelle
Tab 10:	H2 Gesamte Beobachtung; Chi-Quadrat-Tests
Tab 11:	H2 Bundesländer mit Förderung; Gesamt: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten? * Einkommen Kreuztabelle a
Tab 12:	H2 Bundesländer mit Förderung; Chi-Quadrat-Tests d
Tab 13:	H2 Bundesländer ohne Förderung; Gesamt: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten? * Einkommen Kreuztabelle a
Tab 14:	H2 Bundesländer ohne Förderung Chi-Quadrat-Tests d
Tab 15:	H3 Gesamtbeobachtung; Deskriptive Statistiken
Tab 16:	H3 Gesamtbeobachtung; Statistik für Test b
Tab 17:	H4: Gesamte Beobachtung; Kreuztabelle
Tab 18:	H4: Gesamte Beobachtung; Chi-Quadrat-Tests

# 10. Anhang

## Fragebogen

Name:
Tel.:
Email:



universität  
wien

### Umfrage zum Kaufverhalten von freiwilligen Umweltaktionen anhand des Beispiels von Dieselpartikelfilter

Verantwortung:  
Mark TROGA, Bakk.  
Email: mark.troga@gmx.at  
Universität Wien

**Wir möchten darauf hinweisen, dass Ihre Antworten vollkommen ANONYM verwendet werden!**  
**Wenn Sie Interesse an den Ergebnissen der Umfrage haben, werden wir Ihnen gerne die Resultate zukommen lassen!**

Grüß Gott, mein Name ist Mark Troga. Ich bin Diplomand an der Universität Wien und untersuche im Rahmen meiner Magisterarbeit das Thema Umwelt und Dieselpartikelfilter. Haben Sie ein paar Minuten Zeit um mir Fragen dazu zu beantworten? Es dauert nicht länger als 3 Minuten, und die Daten sind völlig anonym!

## I. Informationen zu Umwelt

<b>I.1. Warum sollten wir Unternehmungen betreiben um die Umwelt zu schützen? Dazu werde ich Ihnen einige Fragen vorlesen, die Sie, von trifft völlig zu bis trifft gar nicht zu, bewerten!</b>				
	<i>Trifft völlig zu</i>	<i>Trifft eher zu</i>	<i>Trifft eher nicht zu</i>	<i>Trifft gar nicht zu</i>
Die Umwelt ist sehr belastet	( )	( )	( )	( )
Jeder von uns hat Einfluss auf die Umweltverschmutzung	( )	( )	( )	( )
Das Thema interessiert mich nicht, da ich nichts ausrichten kann.	( )	( )	( )	( )
Wenn wir heute mit Umweltschutz beginnen, können wir das Schlimmste noch verhindern.	( )	( )	( )	( )
Der Staat tut genügend für den Umweltschutz	( )	( )	( )	( )
Ich konsumiere umweltfreundliche Produkte (z.B.: Fairtrade, Öko-Milch, Öko-Backwaren)	( )	( )	( )	( )
Mir ist die Umwelt sehr wichtig	( )	( )	( )	( )
Andere: _____	( )	( )	( )	( )

### I.2 Denken Sie, dass Dieseleruß Auswirkungen auf Ihre Gesundheit hat?

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**I.3 Sind Maßnahmen zur Förderung von Dieselpartikelfilter sinnvoll?**

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**II. Jetzt kommen wir zum Thema: Förderung von Dieselpartikelfilter**

**II.1 Haben Sie ein PKW?**

- Ja
- Nein

**II.1.1 Wenn Ja: Welches Baujahr ist Ihr Fahrzeug?**

- Bis 1990
- 1991 - 1995
- 1996 - 2000
- 2001 - 2005
- ab 2006

**II.1.2 Wenn Ja: Wie viele Kilometer fahren Sie ca. im Jahr?**

- Bis 5000
- 5001 – 10 000
- 10 001 – 15 000
- mehr als 15 000

**II.1.3 Wenn Ja: Wird Ihr Fahrzeug mit einem Dieselmotor angetrieben?**

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**II.1.3.1 Wenn Ja: Besitzt Ihr Fahrzeug einen Dieselpartikelfilter?**

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**II.1.3.2 Wenn Nein, werden Sie es nachrüsten lassen?**

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**II.1.3.2.1 Wenn Nein, warum nicht?**

- \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

**II.1.3.3 Wenn PKW mit Benzinmotor: Würden Sie einen Dieselpartikelfilter nachrüsten, wenn sie ein Dieselfahrzeug ohne Dieselpartikelfilter hätten?**

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**II.1.3.3.1 Wenn Nein, warum nicht?**

- \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

**II.2 Wie hoch sind Ihrer Meinung nach die Kosten für das Umrüsten auf Dieselpartikelfilter?**

- \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

**II.3 Gibt es Ihrer Meinung nach eine Förderung von Dieselpartikelfilter in Ihrem Bundesland?**

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**II.3.1 Wenn Ja: Wie hoch ist die Förderung?**

- \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

**II.3.1.1 Ist die Förderung ausreichend, um umzurüsten?**

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**II.3.1.2 Wenn nein oder weiß nicht: Wie hoch sollte die Förderung sein um freiwillig umzurüsten?**

- \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

**II.3.2 Wenn Nein, sollte es eine Förderung geben?**

- Ja
- Nein
- Weiß nicht

**II.3.2.1 Wenn Ja, Wie hoch sollte die Förderung sein?**

- \_\_\_\_\_
- Weiß nicht

**III. Zum Schluss noch ein paar allgemeine Fragen!**

**III.1. Geschlecht:**

- weiblich
- männlich

**III.2. Wie alt sind Sie, wenn ich Fragen darf?**

- 19 Jahre
- 20 – 30 Jahre
- 30 – 40 Jahre
- 40 – 50 Jahre
- 50 – 60 Jahre
- > als 60 Jahre

**III.3. Welcher Berufsgruppe gehören Sie an?**

- Arbeiter
- Angestellter
- Selbstständig
- Pensionist
- Schüler/Student
- Hausfrau
- Sonstiges \_\_\_\_\_

**III.4. Nennen Sie mir bitte Ihre höchste abgeschlossene Schulausbildung?**

- Pflichtschule
- Berufsschule / Fachschule
- Matura
- Universität / Fachhochschule

**III.5. In welcher Umgebung leben Sie?**

- Auf dem Land
- Kleinstadt
- Vorort von Großstadt
- Großstadt

**III.6. Wie viel Personen leben in Ihrem Haushalt?**

- 1 Person
- 2 Personen
- 3 – 4 Personen
- mehr als 4 Personen

**III.7. Wie viel Fahrzeuge haben Sie in Ihrem Haushalt?**

- Keinen PKW
- 1 PKW
- 2 PKW
- 3 PKW
- mehr als 3 PKW

**III.8. Sagen Sie mir noch Ihre politische Ausrichtung!**

- links
- links der Mitte
- Mitte
- rechts der Mitte
- rechts
- sonstiges

**- Ich bedanke mich, dass Sie sich die Zeit genommen haben-**

## *Curriculum Vitae*

### **Persönliche Daten**

Name	Mark Troga
Geburtsdatum	11. Oktober 1977
Geburtsort	Devetaci
Staatsangehörigkeit	Österreich

### **Schulbildung**

seit Okt. 2008	Magisterstudium Betriebswirtschaftslehre Universität Wien KFK Energie und Umweltmanagement KFK Controlling
2004 – 2008	Bakkalaureatsstudium der Betriebswirtschaftslehre Universität Wien Vertiefung: Management
2004	Berufsreifeprüfung, BFI Wien
1994 – 1997	Berufsschule für Schlosser, Wien
1993 – 1994	Polytechnische Schule, Wien
1988 – 1992	Hauptschule, Wien