



Diskussionspapier PM10

**Zu viel Feinstaub an Zürichs Hauptverkehrsstrassen -
Gesundheitliche und wirtschaftliche Folgen der zu hohen
Emissionen des Verkehrs**

März 2006

INURA Zürich Institut GmbH

Impressum

Auftraggeber:

Hamasil Stiftung
Hardstrasse 235
8005 Zürich

Verfasser und Kontaktadresse:

Dr. sc. nat. ETH Richard Wolff
INURA Zürich Institut GmbH
Hardturmstrasse 261
8005 Zürich
Telefon: 044 563 86 91
Email: wolff@inura.ch

Die folgenden Organisationen unterstützen dieses Diskussionspapier:

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz Zürich
Fussverkehr Schweiz
Greenpeace Schweiz
IG Velo Kanton Zürich
Lungenliga Zürich
Schweizerischer Verband für Wohnungswesen Zürich
umverkehr Schweiz
VCS Zürich

Gedruckt auf Papier, das zu 100% aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff und ohne optische Aufheller hergestellt ist. Der Zellstoff stammt vollumfänglich aus nachhaltig bewirtschafteter Waldnutzung.

Inhalt

Vorwort	4
1 Einleitung und Grundbegriffe	5
2 PM10-Emissionen	7
3 PM10-Grenzwerte in der Schweiz und in der EU	12
4 PM10-Immissionen	14
5 Entwicklung der PM10-Belastungen und Prognosen	18
6 Gesundheitsschäden und Folgekosten wegen PM10, generell und in der Schweiz	19
7 Zusätzliche Gesundheitsschäden infolge erhöhter PM10-Werte an Zürichs Hauptverkehrsachsen	23
8 Zusätzliche wirtschaftliche Kosten infolge erhöhter PM10-Werte an Zürichs Hauptverkehrsachsen	26
9 Massnahmen gegen den Feinstaub, bezogen auf den motorisierten Strassenverkehr, und erwartete Erfolge der Massnahmen	28
10 Katalog der Massnahmen zur Reduktion der vom Verkehr verursachten PM10-Belastungen in der Stadt Zürich	32
Anhang 1: Quellen: Literatur, Websites, konsultierte Fachleute	35
Anhang 2: Aktuelle Forschung und Konferenzen	40
Abbildungen	
Abbildung 1: Anteile der verschiedenen Feinstaub-Verursacher entlang Zürichs Hauptverkehrsachsen .	7
Abbildung 2: Beiträge der verschiedenen Quellen resp. Quellengruppen zu den PM10-Immissionen an unterschiedlichen Standorten in der Stadt Zürich	8
Abbildung 3: Partikelemissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz nach Quelle	10
Abbildung 4: Entwicklung der Fahrleistung von Personenwagen in der Schweiz 1980 - 2030	11
Abbildung 5: Feinstaub-Belastung in der Schweiz im Jahr 2000	14
Abbildung 6: Feinstaub-Belastung in der Stadt Zürich im Jahr 2004	15
Abbildung 7: PM10-Filter im Vergleich: neuer Filter - sonntags - werktags	16

Vorwort

Die rekordhohe Luftbelastung anfangs 2006 hat bewirkt, dass Feinstaub sehr schnell zu einem allgemein bekannten Begriff geworden ist. Was bis vor kurzem fast nur Fachleuten bekannt war, gehört heute zum Allgemeinwissen: Feinstaub ist ein äusserst gefährlicher Luftschadstoff. Damit sich die Situation verbessert, braucht es fundierte Analysen und griffige Massnahmen, die von einer entschlossenen Politik mit Nachdruck gefördert und umgesetzt werden. Das vorliegende Papier soll die Grundlagen für weiterführende Debatten, Öffentlichkeitsarbeit, Untersuchungen und politische Vorstösse liefern.

Was Feinstaub genau ist, woher er kommt und wie er wirkt, zeigen wir in diesem Diskussionspapier. Dabei konzentrieren wir uns auf den Zusammenhang zwischen motorisiertem Verkehr, Feinstaub und den gesundheitlichen Folgen für die Bevölkerung an den Hauptverkehrsstrassen der Stadt Zürich. Die hier vorgestellten Ergebnisse und Schlussfolgerungen dürften aber auch für vergleichbare Lagen in anderen Städte gültig sein.

Für die Schweiz gibt es schon eine ganze Reihe von guten Untersuchungen und Berichten. Das Heft ‚Feinstaub macht krank‘ des Bundesamts für Umweltschutz, die Broschüre ‚Luftverschmutzung‘ der Lungenliga Schweiz und das Faltblatt ‚Stopp dem Feinstaub‘ der Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz Schweiz fassen die aktuellsten Forschungsergebnisse gut zusammen. Für Zürich und die Situation an den besonders belasteten Hauptverkehrsstrassen fehlte bisher aber eine Übersicht, die hiermit nun vorliegt.

In Kapitel 1 der vorliegenden Broschüre werden die verschiedenen Eigenschaften des Feinstaubs erklärt. Die Kapitel 2 bis 5 zeigen den aktuellen Stand der Feinstaub-Emissionen und -Immissionen. Die Kapitel 6 bis 8 behandeln die gesundheitlichen und wirtschaftlichen Folgen der Feinstaub-Belastung, speziell bezogen auf Zürich und die Hauptverkehrsstrassen. In den Kapiteln 9 und 10 werden mögliche Massnahmen diskutiert.

Hippokrates bezeichnete die Luft als wichtigstes Nahrungsmittel des Menschen. Gute Luft als Faktor für eine hohe Lebensqualität ist aber auch von wirtschaftlicher Bedeutung. Jahr für Jahr steht Zürich zuoberst auf der internationalen Rangliste der Städte mit der höchsten Lebensqualität. Im globalen Standortwettbewerb ist das ein zentrales Verkaufsargument für den Wirtschaftsraum Zürich. Wenn - wie heute - die Mehrheit der Bevölkerung einer Feinstaub-Konzentration ausgesetzt ist, die am oder über dem gesetzlich zugelassenen Grenzwert liegt, dann birgt das neben den gesundheitlichen schliesslich auch handfeste ökonomische Gefahren.

Im Gegensatz zu anderen Luftschadstoffen, wird der durch den Verkehr verursachte Feinstaub in den kommenden Jahren voraussichtlich nicht abnehmen, sondern auf zu hohem Niveau bleiben oder sogar zunehmen.¹ Diese Erkenntnis und das Wissen um die gravierenden Folgen der hohen Feinstaub-Belastung zwingen zum Handeln. Die Hamasil Stiftung hat deshalb eine Reihe von Organisationen und Institutionen zum ‚Runden Tisch Feinstaub‘ eingeladen und das INURA Zürich Institut beauftragt, diesen Bericht zur aktuellen Situation an Zürichs Hauptverkehrsstrassen zu verfassen. Als Quellen wurden die aktuellsten Forschungsergebnisse verwendet. Unterstützt wurde diese Arbeit durch verschiedene Fachleuten, die frühere Versionen des Diskussionspapiers kommentiert und ergänzt haben. Im Anhang 1 sind alle, die zu dieser Arbeit beigetragen haben, aufgeführt. Ihnen allen möchten wir ganz herzlich danken!

Da es sich bei diesem Papier um eine Diskussionsgrundlage handelt, werden Kritiken und Ergänzungen gerne entgegengenommen.

Richard Wolff

¹ „Bei den klassischen Luftschadstoffen wie Stickoxid, Kohlenwasserstoff, Russ und Blei sind wir über den Berg. Diese Emissionen werden bis 2020 auf den Stand der 50er Jahre zurückgehen. Sorgenkinder jedoch bleiben das Treibhausgas CO₂ und der Feinstaub“ (BUWAL (neu BAFU) 2005, website, Zugriff 28.12.05).

1 Einleitung und Grundbegriffe

Feinstaub spielte lange Zeit eine untergeordnete Rolle in der Debatte über die Luftverschmutzung. Gemessen wird er erst seit 1997². Bis 1998 gab es in der Schweiz keine Grenzwerte für Feinstaub. Heute ist allgemein anerkannt, dass Feinstaub gesundheitsschädigend und für die Bewertung der Luftqualität zentral ist:

„Nachhaltige Entwicklung erfordert, dass die Gesundheit des Menschen geschützt und gefördert wird (...). Die menschlichen Aktivitäten unserer hoch entwickelten Gesellschaften verursachen Gas- und Feinstaubemissionen grossen Umfangs, deren Auswirkungen bis in Regionen fernab der Verschmutzungsquellen zu beobachten sind. Epidemiologische Studien haben einen Zusammenhang zwischen der Luftverschmutzung und verschiedenen gesundheitlichen Beschwerden - kurzfristiger (Atemwegsreizungen, Husten, Bronchitis) und langfristiger Natur (chronische Atemwegserkrankungen, Beeinträchtigung der Lungenfunktion, Krebs) - sowie der Lebenserwartung (vorzeitige Todesfälle) nachgewiesen. Die Studien haben gezeigt, dass die PM10 (...) ein guter Indikator für die gesundheitsgefährdende Luftschadstoffbelastung sind“ (Bundesamt für Statistik, BfS 2005, website).

Definitionen Feinstaub

PM = Particulate Matter, gemessen in μm (1 Mikrometer = 1/1000 mm)

Feinstaub = PM10

- *PM10*: Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 10 μm
- *PM2.5*: Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 2.5 μm
- *Ultrafeine Partikel (Nanopartikel)*: Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 0.1 μm
- *Schwebestaub*: Schwebestaub umfasst auch Partikel, die grösser sind als Feinstaub, d.h. alle Teilchen mit einer Sinkgeschwindigkeit von weniger als 10cm/s und einem Durchmesser von weniger als 57 μm .

Feinstaub ist eine Mischung unterschiedlichster Bestandteile. Die verschiedenen Partikel unterscheiden sich sowohl bezüglich ihrer chemischen Eigenschaften als auch bezüglich ihrer Grösse und Form. Die Zusammensetzung des Feinstaubes ist je nach Standort verschieden und entsprechend mehr oder weniger gesundheitsschädigend. Nachstehend folgen einige Angaben zur chemischen und physikalischen Zusammensetzung³.

1.1 Chemische Zusammensetzung des Feinstaubes⁴

Die chemische Zusammensetzung im schweizerischen Durchschnitt (Massenanteile): Ammonium (8%), Nitrat (14%), Sulfat (15%), elementarer Kohlenstoff (Russ⁵) (8%), organisches Material (21%), Mineralstaub (9%), Spurenelemente (3%) sowie unidentifizierte Anteile (22%). Im unidentifizierten Anteil ist u.a. Wasser enthalten.

Die chemische Zusammensetzung an Hauptverkehrsstrassen (gemessen an der Schimmelstrasse in Zürich Wiedikon): Ammonium (6%), Nitrat (11%), Sulfat (10%), elementarer Kohlenstoff (Russ)

² Vor 1997 wurde nur ‚Schwebestaub‘ gemessen, der auch grössere Partikel enthält.

³ Eine weitere Unterteilung des Feinstaubes lässt sich zwischen *primär* emittierten und *sekundär* gebildeten Komponenten treffen. Die sekundär gebildeten Partikel - Nitrat, Sulfat, Ammonium, organischer Kohlenstoff - entstehen aus den gasförmigen *Vorläufersubstanzen*, v.a. NO_x, SO₂, NH₃ und 32 VOC-Komponenten (flüchtige organische Verbindungen) (siehe auch ARE 2004: Z-2, PUSCH 2005: 5 und BUWAL 2005c: 6).

⁴ Alle Zahlen aus BUWAL 2005c: 13ff, nach EMPA 2001: K-5ff.

⁵ „Russ umfasst alle primären, kohlenstoffhaltigen Partikel eines unvollständigen Verbrennungsprozesses. Er besteht v.a. aus elementarem (schwarzem) Kohlenstoff und organischen Verbindungen, die als organischer Kohlenstoff gemessen werden. Immissionsseitig wird oft der elementare Kohlenstoff allein als Russ bezeichnet“ (BUWAL 2005c: 2).

(19%), organisches Material (19%), Mineralstaub (11%), Spurenelemente (4%) und unidentifizierte Anteile (20%).

Der Hauptunterschied besteht im Russanteil. Im schweizerischen Durchschnitt macht dieser 8% aus, an stark befahrenen Strassen hingegen 19%, als fast das Zweieinhalbfache. Für die Feinstaub-Diskussion in den Städten ist dieser Sachverhalt entscheidend, sind es doch gerade die Russ-Partikel, die für die Gesundheit besonders gefährlich sind (vgl. Kapitel 6), weil sie ein grosses toxisches und kanzerogenes Potenzial aufweisen. Da Russ zum allergrössten Teil (rund 80%) aus den Abgasen von Dieselmotoren stammt, und auch der Rest vor allem aus dem Abrieb von Pneus⁶ (vgl. auch Kapitel 2.4), überrascht es nicht, dass sein Anteil an den Hauptstrassen grösser ist als im schweizerischen Durchschnitt.

1.2 Physikalische Zusammensetzung des Feinstaubs - Der Unterschied zwischen der Masse und der Anzahl der Teilchen

Die feinsten Feinstaub-Teilchen dringen am tiefsten in die Lunge ein, sogar ins Blut und in die Zellen. Sie sind für die Gesundheit gefährlicher als die gröberen Partikel, die nicht alle Schranken im Körper überwinden können. Darum ist eine Analyse der verschiedenen Anteile von Feinstaub wichtig⁷.

Masse: Feinstaub setzt sich zusammen aus ca. 25% Partikeln im Bereich 2.5 bis 10 µm und rund 72% Teilchen mit Grössen zwischen 0.1 und 2.5 µm. Das heisst, dass 97 bis 99% der PM-Masse aus Teilchen besteht, die grösser sind als 0.1 µm. Die ultrafeinen Partikel machen nur 1 – 3% der PM10-Gesamtmasse aus (BUWAL 4/2004: 29 und Stadtrat 2005b: 3).

Anzahl: Ganz anders sieht es bei der Verteilung der *Anzahl* aus. 70 bis 80% aller Teilchen gehören zu den Ultrafeinen.

Das heisst konkret: Weil den Ultrafeinen die grösste gesundheitliche Bedeutung zukommt und dank verbesserten Messmethoden, wird vermehrt dazu übergegangen, anstelle der Masse die *Anzahl* Teilchen zu messen.

Die physikalische Zusammensetzung des Feinstaubs an Hauptverkehrsstrassen: Der Anteil der ultrafeinen Partikel ist an stark befahrenen Strassen höher. Besonders gefährlich sind dabei die Russpartikel, deren Anteil - wie oben schon erwähnt - an stark befahrenen Strassen rund zweieinhalbmals so hoch ist wie im schweizerischen Durchschnitt.

⁶ Messungen in Deutschland zeigen, dass alleine der Anteil des Reifenabriebs rund 15 - 30% beträgt: „Im Tunnel ergab sich ein Anteil des Reifenabriebs zur Russimmission im PM-Staub von etwa 25%. An der offenen Strasse wies die Russimmission des Verkehrs einen Reifenabriebanteil von etwa 28% auf und der Anteil des Reifenabriebs an der Gesamtrussimmission der Strasse betrug etwa 15%“ (Rauterberg-Wulff, A. und Israel, G.W. 1995: 81).

⁷ Die Schädlichkeit der Teilchen wird ausser durch ihre Grösse auch durch andere physikalischen Eigenschaften, wie z.B. die Form, und durch ihre chemische Zusammensetzung bestimmt.

2 PM10-Emissionen

In der Schweiz werden heute pro Jahr rund 21'000 Tonnen Feinstaub ausgestossen (BUWAL 2005a: 8), 4'400 Tonnen davon vom Strassenverkehr.

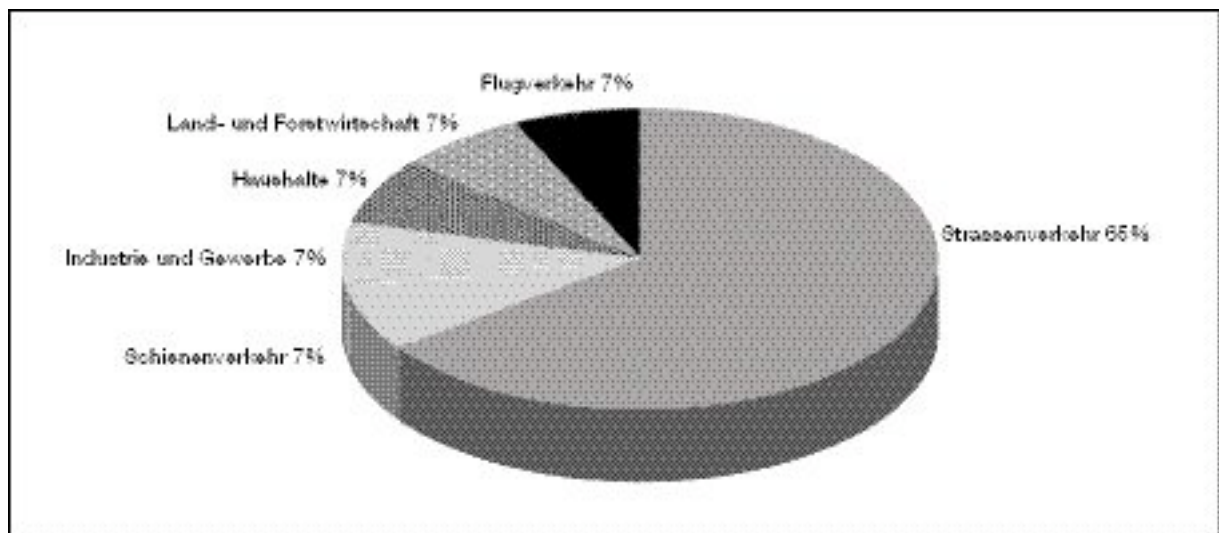
2.1 Anteile aller PM10-Verursacher, Schweiz

Bezogen auf die ganze Schweiz, sehen die Anteile der verschiedenen Verursacher wie folgt aus: Strassenverkehr (21%), Schienenverkehr (5%), Industrie und Gewerbe (27%), Haushalte (7%), Land- und Forstwirtschaft (37%), Flugverkehr (3%) (BUWAL 2005c: 8)⁸. Lokal können die Anteile der verschiedenen Verursacher stark vom Durchschnitt abweichen.

2.2 Anteile aller PM10-Verursacher entlang von Hauptverkehrsstrassen

An sehr vom Verkehr belasteten Lagen sowie weiter entfernt von anderen PM10-Quellen ist der Anteil des Verkehrs grösser. Eine Studie der EMPA kommt zum Ergebnis, dass „an *nicht direkt verkehrsexponierten* Standorten in Städten oder städtischen Agglomerationen etwa 30-40% der PM10-Immissionen durch den Strassenverkehr verursacht werden. Im nahen Einflussbereich *sehr stark befahrener städtischer Strassen* kann sich dieser Anteil auf 45-65% erhöhen“ (EMPA 2001: K-2). Für die Messstelle Zürich Wiedikon, direkt an der stark belasteten Westtangente, hat die EMPA einen mittleren Beitrag des Strassenverkehrs von 62.9% errechnet (EMPA 2001: K-1). Andere Schätzungen gehen davon aus, dass in den europäischen Städten sogar 60 bis 80% der *gesamten* (also nicht nur Feinstaub) *Luftverschmutzung* durch Privatautos verursacht werden (vgl. AefU 2002a: 11)⁹. Beim besonders gefährlichen Russ hat der Verkehr gesamtschweizerisch einen Anteil von ca. 80% (Straehl 2003: 23, nach EMPA 2001), in den Städten noch mehr.

Abbildung 1: Anteile der verschiedenen Feinstaub-Verursacher (Emittenten) entlang Zürichs Hauptverkehrsachsen (z.T. geschätzt)



Quelle: Eigene Darstellung, nach Messungen EMPA 2001 und eigenen Schätzungen

⁸ In anderen Publikationen wird als Quelle zum Teil auch noch ‚natürlicher Feinstaub‘ aufgeführt (z. B. ARE 2004: Z-2, mit einem Anteil von 7%). ‚Natürlicher‘ Feinstaub entstammt der Winderosion oder der Aufwirbelung auf Baustellen und Äckern (AefU o.J.: 4). Statt ‚natürlicher Feinstaub‘ wird auch der Begriff ‚geogenes PM10‘ (Rapp 2005) verwendet.

⁹ In *Nordeuropa* beträgt der Anteil des *motorisierten Verkehrs* an den PM10-Emissionen 40-60% (WHO 2000, in AefU 2002a: 12), wobei in diesen Zahlen auch die Beiträge von Baumaschinen, anderen Fahrzeuge und vom Luftverkehr berücksichtigt sind (AefU o.J.: 4).

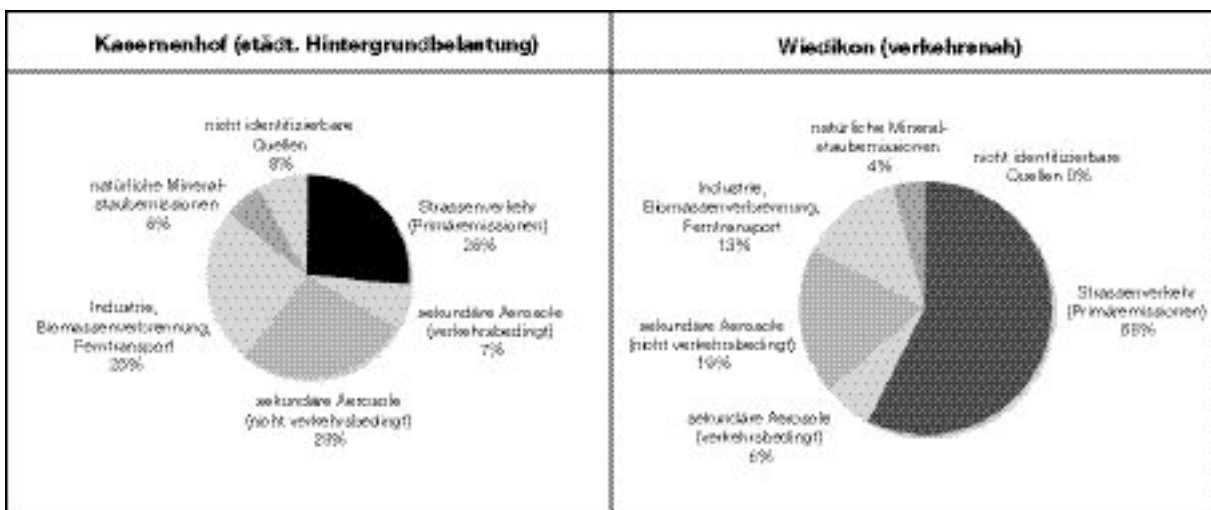
Land- und Forstwirtschaft spielen als PM10 Verursacher in den Städten und Agglomerationen praktisch keine Rolle. Im Einflussbereich der Hauptverkehrsstrassen ist auch der Anteil aus Industrie und Gewerbe gering.

An Hauptverkehrsstrassen sieht die Zusammensetzung der PM10 Verursacher also ganz anders aus als auf die gesamte Schweiz bezogen. Für Abbildung 1 wurde ein Verkehrsanteil von 65% angenommen. Die restlichen Anteile sind für den Standort Hauptverkehrsstrassen nicht bekannt (Straehl 2003: 23) und darum in der Abbildung 1 vereinfacht mit gleich grossen Anteilen zu je 7% dargestellt.

Wie unterschiedlich die Anteile des Strassenverkehrs an den gesamten PM10-Emissionen auch innerhalb der Stadt, je nach Lage, sein können, zeigen Messungen (vgl. nachstehende Abbildung 2), die im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms NFP41 von der EMPA in Zürich durchgeführt wurden. Die Messstelle im Kasernenhof liegt abseits der grossen Verkehrsströme in einer parkähnlichen Umgebung. Die hier gemessenen Werte ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) stellen die sogenannte *Hintergrundbelastung* dar, also die Belastung, die auch bei wenig Verkehr, am Stadtrand und nachts gemessen wird¹⁰. An der stark befahrenen Westtangente in Wiedikon beträgt der Jahresdurchschnitt $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Anteil des Strassenverkehrs, zusammengesetzt aus Primäremissionen (58%) und sekundären, verkehrsbedingten Aerosolen (6%), beträgt an dieser Stelle 64%. Im Kasernenhof, mit einer Belastung von ‚nur‘ $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, beträgt der gesamte Verkehrsanteil am Feinstaub lediglich 33%, also rund die Hälfte der Messung in Wiedikon.

Abbildung 2 ist nicht direkt vergleichbar mit Abbildung 1, weil die Emittenten resp. Quellen anders zusammengefasst wurden.

Abbildung 2: Beiträge der verschiedenen Quellen resp. Quellengruppen zu den PM10-Immissionen an unterschiedlichen Standorten in der Stadt Zürich



Im Kasernenhof beträgt der Jahresdurchschnitt $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, in Wiedikon $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Darstellung mit den verschieden grossen Kreisen veranschaulicht diesen Unterschied nur ungefähr.

Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an EMPA 2001: K-2

¹⁰ Die Hintergrundbelastung beträgt auch in der Agglomeration etwa $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Stadtrat 2005b: 2). Anzumerken bleibt, dass auch die Hintergrundbelastung zu einem grossen Teil durch Verkehrsemissionen - neben Heizung, Industrie und importierter Verschmutzung - verursacht wird.

2.3 Anteile von Lastwagen und Personenwagen an Hauptverkehrsstrassen

Im Vergleich zu ihrem Anteil am Verkehrsaufkommen ist der Anteil der (dieselbetriebenen) Lastwagen an den PM10-Emissionen massiv überproportional. An Zürichs Westtangente machen die Lastwagen werktags 8% des gesamten Verkehrsaufkommen aus, verursachen aber rund 50% der primären PM10-Strassenemissionen (EMPA 2001: K-1f und K-14)¹¹. Noch viel höher ist der Anteil der Lastwagen bei den feinsten Feinstaub-Emissionen (PM1). „Schwere Nutzfahrzeuge emittieren innerorts eine rund 12-mal grössere Masse PM10 als Personenwagen. Bei den motorisch erzeugten Feinpartikeln (PM1), zu denen die besonders gefährlichen Dieselrußpartikel gehören, ist es ca. die 65-fache Masse“ (UGZ 2006).

Die Bedeutung des Lastwagen-Anteils für die Belastung im Strassenumfeld zeigt sich in Vergleichsmessungen. Sonntags, wenn ausser Bussen praktisch keine schweren Nutzfahrzeuge unterwegs sind, sinken die PM10-Werte, trotz insgesamt leicht höherem Verkehrsaufkommen, von 31 auf 24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Russwerte sinken um mehr als 50%, die Partikel-Anzahl nimmt sogar um 75% ab.

Nach Abzug der mehr oder weniger konstanten *Hintergrundbelastung* von rund 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (siehe unten), heisst das, dass die zusätzliche, *ortsspezifische Belastung ohne Lastwagen-Verkehr um zwei Drittel* (von 11 auf 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) *abnimmt*.

2.4 Strassenverkehrsbedingtes PM10 - Abgas und Abrieb

Von den 4'400 Tonnen Feinstaub, die der Strassenverkehr in der Schweiz jährlich verursacht, stammen 1'300 Tonnen aus Abgasen und 3'100 Tonnen aus mechanisch erzeugtem Abrieb von Reifen, Bremsen, Strassenbelag sowie aus aufgewirbeltem Material¹².

Die nachstehende Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Anteile von PM10 aus Abgasen und aus Nicht-Abgasen (Abrieb und Aufwirbelung) in der Schweiz. Dabei handelt es sich um eine Darstellung der Massen in Tonnen pro Jahr. Eine Darstellung nach Anzahl Partikel würde anders aussehen. Partikel aus dem Abrieb sind gröber und weniger zahlreich als die feinen und ultrafeinen, sehr zahlreichen Partikel aus den Abgasen.

Zwischen 1980 und den Prognosen für 2030 ist eine markante Veränderung bei den verschiedenen Anteilen des Feinstaubes aus dem Strassenverkehr erkennbar. PM10 aus *Abgasen* - vor allem aus den Benzinfahrzeugen - ist aufgrund besserer Motoren und Filter drastisch zurück gegangen. Beim Diesel ist der Rückgang weniger markant, weil in den letzten Jahren sehr viel mehr Dieselaautos gekauft wurden. Der *Abrieb* von Reifen, Bremsen und Strassenbelag hat dagegen absolut zugenommen. 1980 stammte der grösste Teil des Feinstaubes noch aus Abgasen, seit 2000 überwiegt der Anteil aus Abrieb.

Sowohl bei den Abgasen als auch bei Abrieb und Aufwirbelung werden mittel- und langfristig aber kaum weitere Abnahmen, sondern sogar leichte Zunahmen erwartet; dies vor allem weil insgesamt mehr Kilometer gefahren werden (vgl. Abbildung 4)¹³, die Autos im Durchschnitt schwerer und die Motoren grösser werden.

Abgas: Wegen ihres gesundheitsgefährdenden Potenzials und weil sie mittel- und langfristig nicht weiter abnehmen werden, müssen die Abgase, vor allem aus Diesel-, aber auch aus Benzinmotoren, weiterhin als grösstes Problem betrachtet werden. Bei den Abgasen stammen rund 86% der PM10-Partikel aus *Dieselmotoren*. Der Beitrag der (zahlreicheren) *Benzinmotoren* beläuft sich auf nur rund 14% (BUWAL 2004a: 71). Rund 60% des Dieselanteils stammen von Last- und Lieferwagen sowie Bussen, 40% von PW und Motorrädern¹⁴ (BUWAL 2004a: 61).

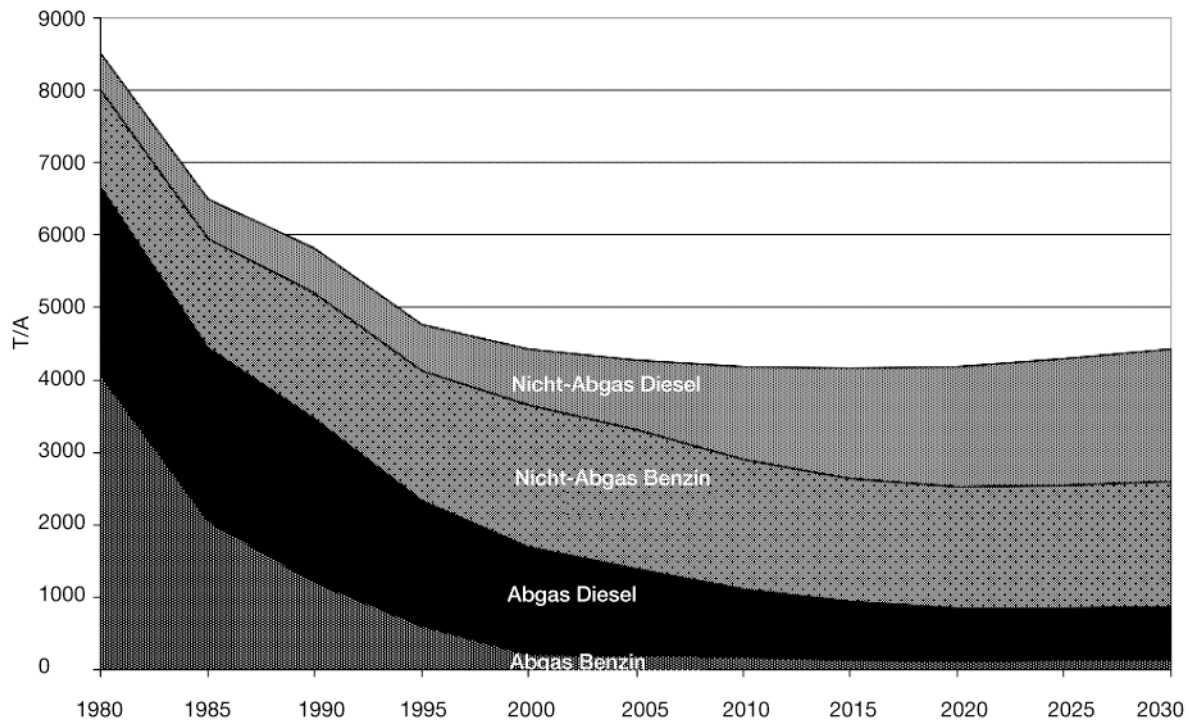
¹¹ Vergleichbare Zahlen gibt es auch für die NO_x-Emissionen des Schwerverkehrs: „Auf der Gotthardroute zwischen Erstfeld und Bellinzona sowie am San Bernardino zwischen Chur und Bellinzona erbrachte der Güterschwerverkehr im Jahr 2003 zwar nur 11 Prozent der Fahrleistungen, doch verursachte er rund 60% der gesamten Stickoxid-Emissionen NO_x“ (BUWAL 4/2004: 30).

¹² Neben den Auspuff-Emissionen und mechanisch erzeugtem Abrieb, gibt es noch weitere Quellen, die zum Teil noch wenig erforscht sind, aber bezüglich der gesundheitlichen Wirkung von Bedeutung sind bzw. sein könnten: Motorischer Abrieb, Additiv-Partikel aus Treibstoff und Schmieröl, Faserbruch aus Schalldämpfern, Abrieb von Katalysator-Beschichtungen, Abrieb von Kupplungen (vgl. dazu Mayer 2005).

¹³ Alleine in der Stadt Zürich beträgt die jährliche Fahrleistung 1'740 Millionen Kilometer (Stadtrat 2005b).

¹⁴ Auf die besondere Problematik der Zweitaktmotoren (Mopeds, Motorroller, Motorräder) wird hier nicht weiter eingegangen (vgl. dazu AefU 2002a: 13, Nordmann 2005, EMPA 2001 und BUWAL 2005c).

Abbildung 3: Partikelemissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz nach Quelle: Abgas / Nicht-Abgas von Benzin- bzw. Diesel-Fahrzeugen (Massenbilanz in Tonnen pro Jahr)



Quelle: Eigene Darstellung, in Anlehnung an BUWAL 2004a: 40

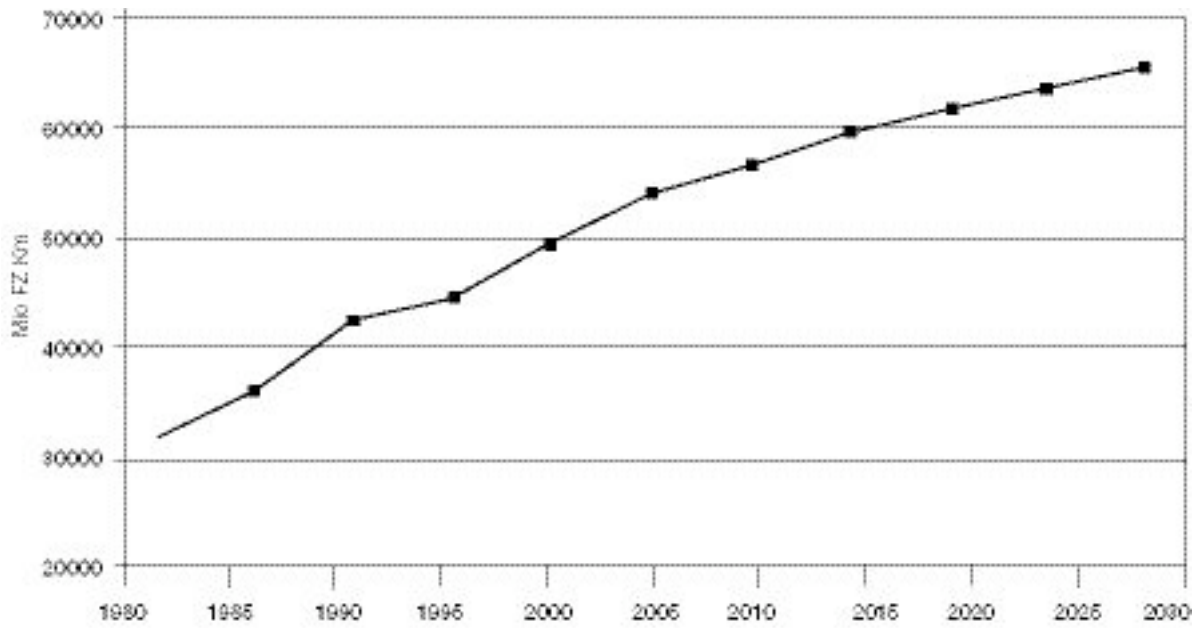
Dieselmotoren ohne Partikelfilter produzieren pro gefahrenem Kilometer 1000-mal mehr PM10 als Benzinmotoren mit Katalysatoren (BUWAL 4/2004: 30)¹⁵. Mit Partikelfiltern können beim Dieselmotor rund 99% des Feinstaub-Ausstosses eliminiert werden.

Abrieb: Auch beim Abrieb ist der Anteil der Lastwagen stark überproportional: „Ein LKW emittiert im Durchschnitt ca. 10 Mal soviel *nicht motorbedingtes* PM10 wie ein PKW“ (Düring et al. 2005: 519). Die Abriebproblematik ist - ebenso wie die Fragen der Aufwirbelung von PM10 - noch wenig untersucht und wird deshalb in Zukunft sehr viel stärker beachtet werden müssen¹⁶.

¹⁵ Auch bei den Stickstoffemissionen (NO_x) schneiden Dieselmotoren 6- bis 10-mal schlechter ab als Benziner.

¹⁶ Über die anteilmässige Bedeutung der Aufwirbelungen liegen jedoch keine Angaben vor (vgl. auch EMPA 2001: K-2).

Abbildung 4: Entwicklung der Fahrleistung von Personenwagen in der Schweiz 1980 – 2030
(in Millionen Fahrzeug-Kilometern pro Jahr)



Quelle: BUWAL 2004a: 22

3 PM10-Grenzwerte in der Schweiz und in der EU

3.1 Grenzwerte für PM10-Emissionen

Als Emissionen werden die Schadstoffe bezeichnet, welche von den Verursachern ausgestossen werden. Bei den Motoren werden sie in den Abgasen (am Auspuff) gemessen.

Für *Strassenfahrzeuge* gelten in der Schweiz seit 1992 die EU-Normen. Gegenwärtig gilt Euro 3, welche für Diesel-PW den Grenzwert für Russpartikel-Emissionen auf 50 mg/km festlegt. Ab 2006 gilt für Diesel-PW Euro 4 mit einem halbierten Grenzwert von 25 mg/km. Ab ca. 2010 soll Euro 5 gelten mit einem neuen Grenzwert von voraussichtlich 5 mg/km.

Für *Lastwagen* bzw. schwere Motorfahrzeuge mit über 3.5 Tonnen Gewicht, gelten andere Emissionsgrenzwerte. Wegen der grossen Leistungsbreite der Antriebe werden hier die Emissionen nicht in Gramm pro Kilometer (g/km), sondern in Gramm pro Kilowattstunde (g/kWh) gemessen. Euro 3 begrenzt die Emissionen auf 0.1 g/kWh, Euro 4 auf 0.02 g/kWh und für Euro 5 ist noch keine weitere Verschärfung vorgesehen¹⁷. Erwähnenswert ist der Vorschlag der EU-Kommission vom 21. Dezember 2005 für eine strengere Euro 5-Norm, welche den Einbau von Partikelfiltern bei PW bedingen würde¹⁸.

Strengere Abgasvorschriften für den PM10-Ausstoss gelten in der Schweiz bisher nur für grössere *Baustellen* und im *Tunnelbau*. Seit 2002 gilt die 'Baurichtlinie Luft', welche die Ausrüstung von Baumaschinen mit Partikelfiltern vorschreibt (BUWAL 4/2004: 30).

Zur Ergänzung sind hier noch andere *gesetzliche Emissions-Bestimmungen*¹⁹ erwähnt, welche direkt oder indirekt die PM10-Belastung beeinflussen: Die VOC-Lenkungsabgabe seit dem Jahr 2000 und die LSVA²⁰ seit dem Jahr 2001. Die Reduktion der Schwefel- und Benzol-Emissionen wurde im Rahmen der Luftreinhalteverordnung erreicht.

3.2 Grenzwerte für PM10-Immissionen

Als Immissionen sind die Schadstoffe, die am Ort des Eintreffens gemessen werden, also nicht als am Ausgangsort ausgestossene (emittierte), sondern als am Zielort eingetragene (immitierte) Schadstoffe.

Gemessen wird in der Schweiz PM10.

Immissionsgrenzwerte für Feinstaub (PM10), seit 1. März 1998 in der LRV:

- 24-Stunden-Grenzwert für PM10: 50 µg/m³ (Durchschnittsbelastung über 24 Stunden gerechnet. Wert, der maximal einmal pro Jahr überschritten werden darf).
- Jahresgrenzwert für PM10: 20 µg/m³ (Durchschnittsbelastung über ein Jahr gerechnet. Wert, der nicht überschritten werden darf).

Zum Vergleich:

In der *EU* gilt für PM10 auch ein 24-Stunden-Grenzwert von 50 µg/m³, der – im Unterschied zur Schweiz - an maximal 35 Tagen pro Jahr überschritten werden darf. Der Jahresgrenzwert beträgt 40 µg/m³. Die Grenzwerte befinden sich gegenwärtig in Überarbeitung.

In *Kalifornien* gelten schon seit dem Jahr 1983 ein 24-Stunden-Grenzwert von 50 µg/m³ und ein Jahresmittelwert von 30 µg/m³. In den *USA* wurde 1997 zusätzlich auch PM2.5-Grenzwerte eingeführt.

¹⁷ Eine Übersicht über die verschiedenen Grenzwerte geben Zihlmann 2005: 8f und der EU-Website www.euractiv.com

¹⁸ <http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/1660&format=HTML&aged=0&language=DE&guiLanguage=en>

¹⁹ Für eine Übersicht 'Gesetzliche Rahmenbedingungen CH und EU', die in einem Zusammenhang zur Feinstaub-Problematik stehen, siehe Krebsliga Schweiz o.J. und Kt. ZH 2002: 16.

²⁰ LSVA = Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe, die von allen Lastwagen in Abhängigkeit von Fahrleistung und Gewicht zu entrichten ist. Siehe auch Kapitel Forschung: MFM-U Studie.

Die Werte betragen $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Tagesmittel und $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für das Jahresmittel (nach BUWAL 2001)²¹.

Die WHO empfiehlt für PM2.5 einen Jahresmittelwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

In der Schweiz wird PM2.5 in keiner Stadt regelmässig gemessen.

Für die als besonders gesundheitskritisch betrachtete Anzahl der Ultrafeinen (Nanopartikel) hat bisher kein Staat Emissions- oder Immissionsgrenzwerte festgelegt.

Bei den Diskussionen um Grenzwerte darf nicht vergessen werden, dass Grenzwerte v.a. politisch und nicht aufgrund medizinischer Kriterien festgesetzt werden. Aus medizinischer Sicht gibt es keine PM10-Konzentration, die als unbedenklich gelten kann²². Darum setzt sich die WHO dafür ein, dass weltweit die Grenzwerte für Feinstaub (und Ozon) reduziert werden (AefU 2002a: 18). Grundsätzlich sollte auch für Feinstaub, wie für andere toxische Substanzen, das Minimierungsprinzip gelten. Das heisst, dass der Feinstaub auch unterhalb der Grenzwerte weiter minimiert werden muss.

²¹ Eine tabellarische Darstellung sämtlicher kalifornischen und US-amerikanischen Grenzwerte für Luftschadstoffe 'Ambient Air Quality Standards' findet sich unter www.arb.ca.gov/aqs/aaqs2.pdf.

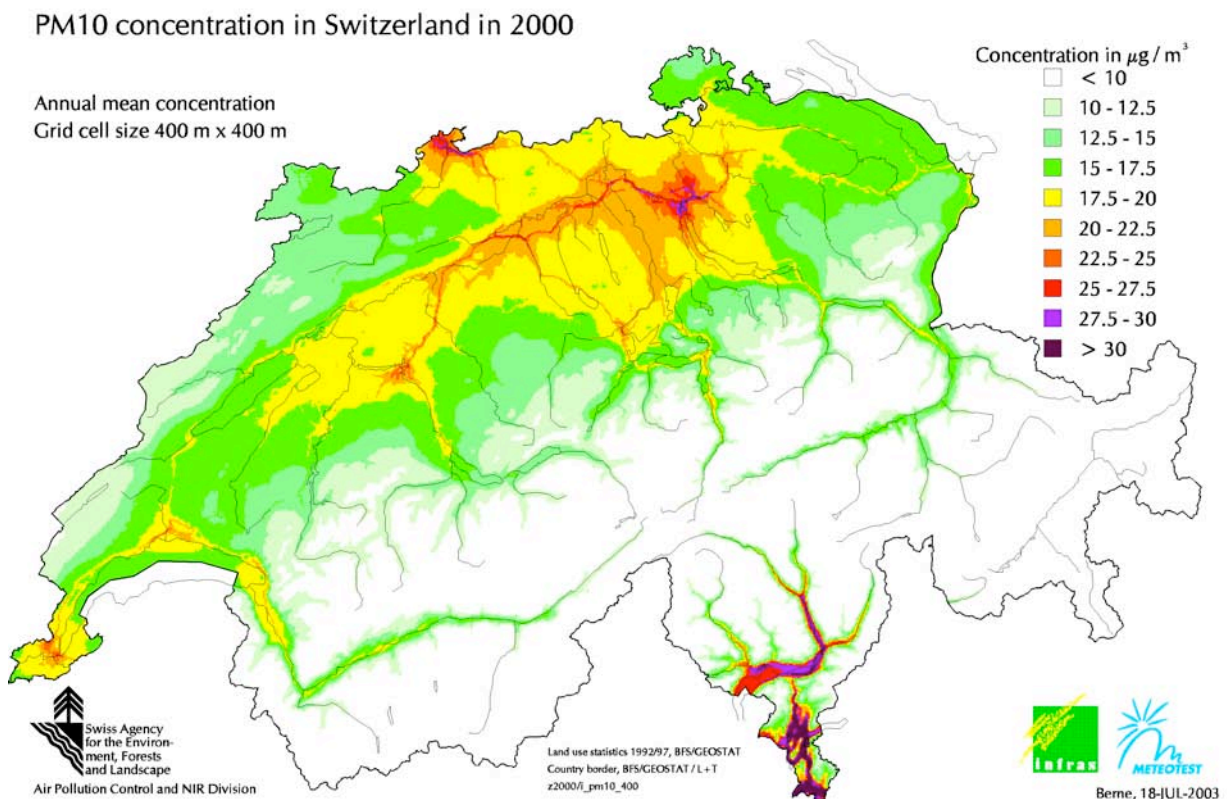
²² Diese Einschätzung wurde auch an der 9. Nanopartikel Konferenz der ETH Zürich 2005 nicht bestritten.

4 PM10-Immissionen

4.1 Regionale Verteilung

Die *Bevölkerung der Schweiz* war im Jahr 2000 im Durchschnitt einer PM10-Belastung von $19.12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt (ARE 2004: Z-2), was ganz knapp unter dem Jahresgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt. Je nach Region ist die Belastung aber unterschiedlich (vgl. Abbildung 5). Vor allem in den Agglomerationen, in grossen Teilen des Mittellandes und des Tessins²³ liegt die Belastung zum Teil massiv über $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es bestehen auch bedeutende Unterschiede zwischen ländlichen und städtischen Gebieten bei den *Ursachen* des Feinstaubs. So ist der Beitrag aus Land- und Forstwirtschaft *in den Städten* viel kleiner, derjenige des Verkehrs dafür umso wichtiger.

Abbildung 5: Feinstaub-Belastung in der Schweiz im Jahr 2000, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Quelle: AWEL 2005²⁴

Insgesamt sind heute ungefähr 40 Prozent der *Schweizer Bevölkerung* im Jahresdurchschnitt zu hohen Feinstaub-Konzentrationen ausgesetzt (PUSCH 2005: 7, BUWAL 4/2004: 28)²⁵. Die Bedeutung, die

²³ Für das Tessin ist anzumerken, dass sich hier auch die schlechte Luft des Grossraums Mailand auswirkt.

²⁴ Um die Belastung durch Luftschadstoffe gesamtschweizerisch darzustellen, wurden aus Messdaten und aus Modellrechnungen Karten zur Luftbelastung erzeugt. Die dargestellten Werte sind Mittel über Gitterzellen, die effektiven Werte an einem Ort können von diesem Mittelwert abweichen. Aufgrund dieser Unsicherheiten können die effektiven $20 \text{ mg}/\text{m}^3$ im Bereich zwischen 17.5 und $22.5 \text{ mg}/\text{m}^3$ liegen.

²⁵ In Europa leben mehr als 150 Millionen Menschen in städtischen Gebieten, in denen sie verschmutzte Luft einatmen (AefU 2002a: 11).

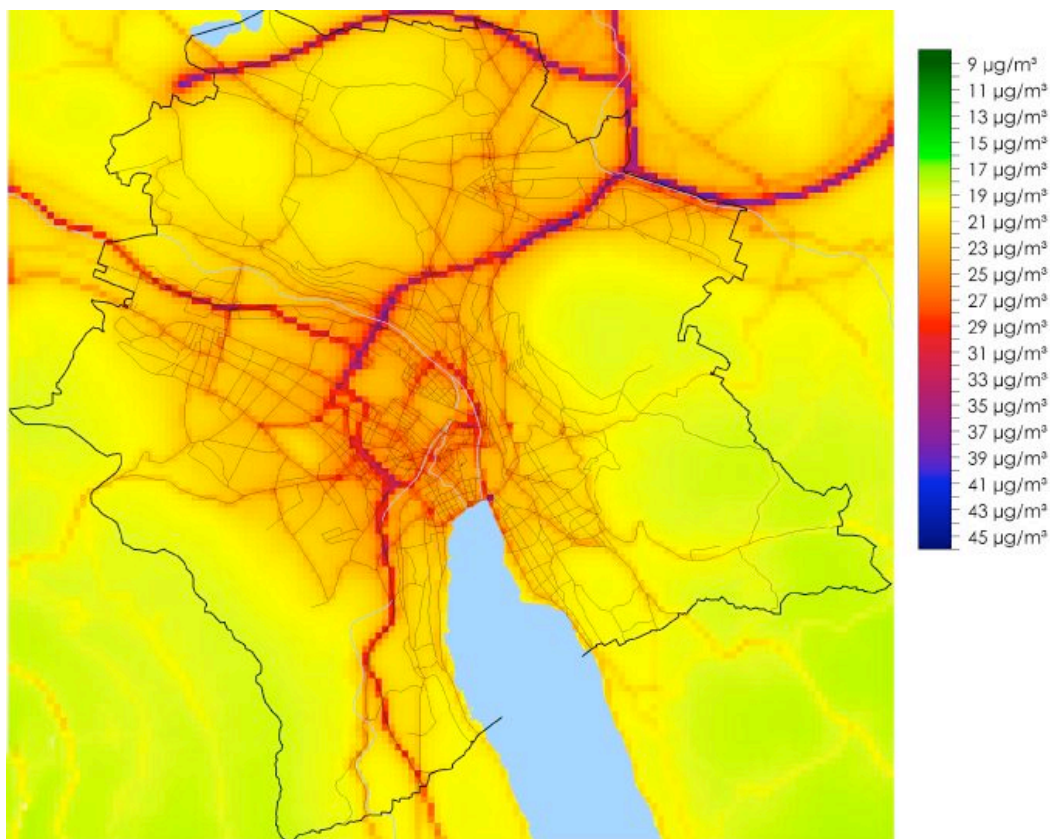
dabei dem Strassenverkehr zukommt, zeigt die folgende Überlegung: „Liesse man die Strassenverkehrsemissionen ausser Acht, so wären weniger als 1% der Bevölkerung von Immissionen betroffen, die $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ übersteigen“ (BfS 2005). Während heute also in der Schweiz fast 3 Millionen Menschen PM10-Werten über $20 \text{mg}/\text{m}^3$ ausgesetzt sind, wären es ohne Strassenverkehrsemissionen weniger als 70'000.

Im Kanton Zürich liegt die PM10-Konzentration praktisch flächendeckend am oder über dem Jahresgrenzwert (Kt. ZH 2002: 7). 91% der Bevölkerung des Kantons Zürich wohnten im Jahr 1997 in Gebieten mit zu hohen PM10-Werten (über $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresdurchschnitt) (Kt. ZH 2002: 13)²⁶.

In der Stadt Zürich ist die Belastung besonders gross. Abbildung 6 (siehe unten) zeigt, dass der Grenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft in der Stadt fast überall überschritten wird, am massivsten entlang den Hauptverkehrsachsen, die sich auf dieser Karte wie in einem Strassenplan abzeichnen. An stark befahrenen Strassen stammen 50 bis 80% der Feinstaub-Menge vom Verkehr, der die kleinsten und giftigsten Partikel verursacht. „Praktisch die gesamte Wohn- und Arbeitsbevölkerung ist übermässigen PM10-Belastungen ausgesetzt“ (Stadtrat 2005a: 5). Sogar verkehrsarme Quartiere, wie z.B. Fluntern (Stadtkreis 7), weisen mit $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Belastungen auf, die über dem gültigen Grenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen (Stadtrat 2005a: 5).

In Städten wie Basel, Genf und Lugano ist die Situation ähnlich gravierend. In Stadtrandlagen oder in Parks werden Werte um $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, während an den am stärksten belasteten Standorten Werte über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen werden.

Abbildung 6: Feinstaub-Belastung in der Stadt Zürich 2004, in $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Quelle: Stadt Zürich, UGZ 2004, www.zueri-luft.ch

²⁶ Die aktuellen Belastungswerte für die ganze Schweiz resp. die Ostschweiz können über das Internet abgefragt werden. BUWAL und 'Ostluft' stellen neben PM10- auch Ozon- und NO_x -Belastungen in Tabellen und Karten dar. Die Werte werden *mehrmals täglich* aktualisiert: www.ostluft.ch, www.buwal.ch (Interaktive Karten Feinstaub usw. > Luft > Luftbelastung > Schadstoffkarten für ‚PM10‘, ‚PM10 heute‘ und als ‚Prognose für 2010‘).

4.2 Die Immissionen an Hauptverkehrsachsen

Vor allem entlang den Hauptverkehrsachsen in der Stadt Zürich liegt die Feinstaub-Konzentration wesentlich über den Grenzwerten. Die Jahreswerte liegen hier je nach Strasse und Lage zwischen $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (siehe auch Abbildung 7). An der Pfingstweidstrasse, wo die höchsten Werte gemessen werden, wurde im Jahr 2005 der Tagesgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an 59 Tagen überschritten, was laut Gesetz maximal 1-mal pro Jahr geschehen darf. Am 1. Februar 2006 wurde der Rekordwert von $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht, was einer vierfachen Überschreitung des Tagesgrenzwerts entspricht. Alleine im Januar 2006 wurde der Tagesgrenzwert an 18 von 31 Tagen übertroffen (statt maximal 1-mal im Jahr!).

Abbildung 7: PM10-Filter im Vergleich: neuer Filter - sonntags - werktags



PM10-Messungen Ecke Pfingstweidstrasse / Hardstrasse in Zürich. Links ein **neuer Filter**, in der Mitte ein Filter vom Sonntag, 14.4.2005, mit einer Tagesbelastung von $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$, und rechts ein Filter des Werktags Mittwoch, 6.4.2005, mit $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Durchschnitt wurden vom UGZ zwischen 6.1. und 30.6.2005 sonntags $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und wochentags über $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Die Belastungen können auch noch viel höher liegen, mit Spitzen bis $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Belastung an einem Werktag mit Lastwagen ist sehr viel höher als an einem Sonntag, wenn keine Lastwagen fahren.

Quelle: Eigene Darstellung. Die Filter stammen vom Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich UGZ.

An den Hauptverkehrsachsen geht die Differenz zur Hintergrundbelastung (rund $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siehe auch Kapitel 2) praktisch vollumfänglich auf Kosten des Strassenverkehrs. Andere Emissionsquellen, wie Heizungen²⁷ oder Industrie, tragen an diesen Lagen kaum zur zusätzlichen Belastung bei. Die Emissionsquelle Strassenverkehr ist auch deshalb besonders problematisch, weil „PM10 aus dem Verkehr stets bodennah und meist im unmittelbaren Aufenthaltsbereich des Menschen ausgestossen wird. Dies trifft auf die motorischen (Auspuff) als auch auf die mechanischen Emissionen (Abrieb und Aufwirbelung) zu“ (Stadtrat 2005b: 3).

Von Hauptverkehrsachsen aus strömt das PM10 in die Häuser, Hinterhöfe und Seitenstrassen. Im Unterschied zu Lärm gibt es keine ‚Schutzwälle‘ gegen das Vordringen des Gifts in die angrenzenden Quartiere. Auch verschwindet PM10 nicht wie Lärm mit dem Fahrzeug. „Zur relativ homogenen Verteilung von PM10 trägt andererseits die Stabilität der Feinpartikel bei. Die lange Verweilzeit in der Atmosphäre begünstigt ihre Verfrachtung über grössere Distanzen“ (Stadtrat 2005b: 2).

Da zuverlässige kleinräumige Ausbreitungsmodelle und Messreihen fehlen, ist weitgehend unbekannt, wie breit der Korridor ist, in dem das PM10 übermässig konzentriert ist. Ebenso unbekannt sind die

²⁷ Die Anteile von Öl- und Gasfeuerungen an die PM10-Belastung an Hauptverkehrsstrassen ist „von völlig untergeordneter Bedeutung“ (EMPA 2001: K-15).

Belastungen auf der Höhe von Kindernasen oder direkt an Fussgängerstreifen von Hauptstrassen. Auch über die Qualität der Luft im Innern der Gebäude in stark belasteten Lagen weiss man zu wenig (vgl. Kapitel 6.1).

Hingegen wurde die vertikale Abnahme von PM10-Werten zumindest an der Pflingstweidstrasse in Zürich gemessen. Während auf 2 Metern Höhe im Herbst 2005 im Schnitt $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wurden, waren es auf dem rund 20 Meter hohen Dach des angrenzenden Gebäudes noch $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, also immer noch 75% des an der Strasse gemessenen Wertes²⁸.

²⁸ Messungen des UGZ.

5 Entwicklung der PM10-Belastungen und Prognosen

Die PM10-Belastung hat in der Schweiz „im letzten Jahrzehnt *kontinuierlich abgenommen*“ (BUWAL 4/2004: 28), von gesamtschweizerisch 80'000 Tonnen im Jahr 1960 auf 21'000 Tonnen im Jahr 2000 (Medienservice 2001 und BUWAL 2005a: 8). Diese Verbesserung hat sich direkt auf die Gesundheit ausgewirkt. Zum Beispiel kommen Husten, Bronchitis, Grippe und Augenbindehautentzündungen bei Kindern heute weniger häufig vor als früher (PUSCH 2005: 7, R. Rapp)²⁹. Der Anteil der Bevölkerung, der PM10-Konzentrationen ausgesetzt ist, welche die Immissionsgrenzwerte der LRV überschreiten, ist seit Mitte der 90er-Jahre von 61%, d.h. mehr als 4,3 Millionen Menschen, auf rund 40%, entsprechend knapp 3 Millionen, gesunken³⁰.

Es wäre aber falsch, aus dieser Entwicklung der letzten Jahre eine Prognose für die weitergehende Verbesserung der Luftqualität abzuleiten, wie dies z.B. der Kanton Zürich in seiner - auf allzu optimistischen Annahmen beruhenden - Trendperspektive tut³¹ (Kt. ZH 2002: 15). Gemäss Angaben des BUWAL stagnieren nämlich die PM10-Werte seit drei Jahren und nehmen in einzelnen Regionen sogar wieder zu³² (BUWAL 4/2004: 28).

Auch für die Feinstaub-Emissionen des Strassenverkehrs in der Schweiz werden für die Jahre 2005 bis 2030 Zunahmen prognostiziert (vgl. Abbildung 3). Diese Entwicklung gilt ebenso für die Stadt Zürich: „In den 90er-Jahren wies die PM10-Belastung eine klar sinkende Tendenz auf. Seit dem Jahr 2000 ist hingegen keine weitere Abnahme mehr sichtbar, sondern tendenziell zeigt sich eher wieder eine Zunahme“ (Stadtrat 2005a: 5)³³. Beunruhigend ist zudem, dass die *aktuellen Prognosewerte zwei- bis dreimal höher* liegen als jene, die vor 10 Jahren erstellt wurden³⁴. Ausserdem gilt es zu beachten, dass die Annahmen, die den Prognosen zugrunde liegen, möglicherweise zu optimistisch sind und die Emissionen tatsächlich noch mehr zunehmen könnten. Was das BUWAL für die Prognosen der CO₂-Entwicklung feststellt, dürfte angesichts des Trends zu immer grösseren Autos ebenso für PM10 zutreffen: „... würde der technologische Effizienzgewinn vor allem in leistungsfähigere und schwerere Fahrzeuge investiert, so läge das Emissionsniveau künftig deutlich höher als hier unterstellt ...“ (BUWAL 2004a: 43).

²⁹ SCARPOL Studie, vgl. Anhang 2.

³⁰ „Ähnliche Ergebnisse liegen aus einigen Nachbarländern vor: So waren in Frankreich (1996) 63% und in Österreich (1991) 74% der Bevölkerung PM10-Konzentrationen von mehr als 20 mg/m³ ausgesetzt“ (BfS 2005, website).

³¹ Im Jahr 2002 hat der Kanton Zürich eine 'Trendperspektive' für die PM10-Emissionen bis ins Jahr 2010 errechnet (Kt. ZH 2002: 15). Diese sagt voraus, dass bis 2010 im Kanton Zürich die PM10-Emissionen aus dem Verkehr gegenüber dem Jahr 2000 von 1762 t/a auf 1695 t/a zurückgehen werden (eine Reduktion um nur 4%), wobei der Rückgang fast ausschliesslich beim Güterverkehr auf der Strasse anfallen soll. Dies „unter der Voraussetzung, dass alle Massnahmen des Luftprogramms 96 sowie alle rechtskräftig und im Grundsatz beschlossenen Massnahmen des Bundes umgesetzt werden (sic!) ...“ (Kt. ZH 2002: 15). Effektiv sind aber längst nicht alle Massnahmen umgesetzt und es macht leider auch nicht den Anschein, als ob sich daran in Zukunft viel ändern würde. Es handelt sich also um eine sehr optimistische Prognose (vgl. Übersicht über die Massnahmen in Kt. ZH 2002: 16).

³² Das gilt auch für Deutschland, wo der Umweltbundesamts-Emissionsexperte Wolf-Dieter Garber erklärt, dass die Staubbelastung *allgemein* zurückgegangen sei, sie *an städtischen Hauptstrassen* aber weiter *zunehme* (Spiegel 2005: 90).

³³ Zur Entwicklung der Feinstaub-Emissionen aus dem Verkehr existieren für die Stadt Zürich Berechnungen für die Jahre 1990 bis 2015 (unveröffentlichte Daten des UGZ, Stadt Zürich).

³⁴ Vergleich zwischen BUWAL Studie 255 des Jahres 1995 und Studie 355 des Jahres 2004 (BUWAL 2004a: 10).

6 Gesundheitsschäden und Folgekosten wegen PM10, generell und in der Schweiz

Feinstaub gilt als die schädlichste Komponente der Luftverschmutzung (BUWAL 4/2004: 28). Die verschiedenen Bestandteile gefährden die Gesundheit in unterschiedlichem Ausmass. Grundsätzlich gilt, dass die Partikel je feiner umso schädlicher sind. Die Forschung untersucht darum die feinsten Partikel mit besonderem Interesse. Aus der Erkenntnis heraus, dass die kleineren Feinstaub-Teilchen gefährlicher sind als die gröberen, werden vermehrt auch PM 2.5 oder sogar PM1 gemessen³⁵. Noch einen Schritt weiter gehen Methoden, welche die *Anzahl* der Partikel messen. Neben der Grösse und der Anzahl der Partikel sind es auch deren Oberflächenstruktur und chemische Zusammensetzung, die für die Gefährlichkeit der Partikel entscheidend sind (BUWAL 4/2004: 29). PM10 aus Motoren unterscheidet sich z.B. stark von PM10 aus anderen Quellen (siehe Kapitel 1).

6.1 Drei Besonderheiten des Feinstaubes

Es gibt keine PM10-Belastung, die unschädlich ist

Es gibt keinen Schwellenwert, also auch keinen Grenzwert unterhalb dessen keine Gesundheitsschäden auftreten. Konsequenterweise muss eine kontinuierliche Senkung der Feinstaub-Belastung, die auch unterhalb des Grenzwertes fortgesetzt wird, das Ziel sein. Die Grenzwerte sind entsprechend nach unten anzupassen.

PM10 kann man nicht ausweichen

Im Unterschied zu Lärm, gibt es keine Schutzwände oder -wälle, die PM10 fernhalten. PM10 verschwindet auch nicht einfach zusammen mit der Emissionsquelle, wie Lärm. PM10 hält sich über längere Zeit in der Luft. Auch in Innenräumen beträgt der Feinstaub-Gehalt noch ungefähr 70 bis 80% der aussen gemessenen Werte (BUWAL 2005c: 38). Luftfilter können zwar einen Teil des Feinstaubes fernhalten, aber erstens nicht vollständig und zweitens nur, wenn die Filter gut gewartet werden und man nicht zusätzlich über die Fenster lüftet.

PM10 kann man nicht wahrnehmen

Mit den menschlichen Sinnesorganen lässt sich PM10 - insbesondere die Nanopartikel - nicht oder nur unter bestimmten Umständen wahrnehmen³⁶. Auch dies im Unterschied zu Lärm, den man hört und dem man entsprechend ausweichen kann. PM10 kann nur mit speziellen und teuren Geräten wahrgenommen werden.

6.2 Übersicht über die durch Feinstaub verursachten gesundheitlichen Probleme³⁷

Es gibt verschiedene Untersuchungen über die gesundheitlichen Auswirkungen und die Kostenfolgen von Feinstaub-Belastungen. Die Ergebnisse sind z.T. nicht direkt vergleichbar, belegen aber einhellig das grosse Schädigungspotenzial. Die wichtigsten Resultate sind nachfolgend zusammengestellt:

- Verminderung der Lungenfunktion und Reizungen der Schleimhäute;
- Vermehrte Anfälle von Atemnot und häufigem Husten;
- Zunahme von Infektions-Erkrankungen der Atemwege³⁸ und Bronchitis;
- Verschlimmerung bestehender Lungenkrankheiten;
- Erhöhte Anfälligkeit für Allergien, je nach Zusammensetzung des Feinstaubes;

³⁵ Die WHO und die EU bezeichnen die *PM2.5-Partikel* als wichtigsten Indikator für die gesundheitlichen Auswirkungen der Feinstaub-Belastung (BUWAL 4/2004: 29).

³⁶ „Partikel streuen das Licht und sind z.B. bei sommerlichen Hochdrucklagen als Dunst oder bei winterlichen Inversionen von erhöhten Standorten aus als bräunliche Trübung ‚sichtbar‘. Sie vermindern die Sichtweite“ (BUWAL 2005c: 38, nach Eidgenössisches Departement des Innern 1984: Waldsterben und Luftverschmutzung). Dazu ein konkretes Beispiel: „1880 konnte man von Zürich aus den 57 Kilometer entfernten Urirotstock an 100 Tagen pro Jahr sehen - 1980 nur noch an 50 Tagen“ (Lungenliga Schweiz o.J.).

³⁷ Zusammengefasst in Anlehnung an AefU o.J.: 3, Gehr 2005, u.a.

³⁸ Zum Thema Atemwegserkrankungen siehe auch Anhang 2 ‚Forschung und Konferenzen‘.

- Auslösen von Herz-/Kreislaufkrankungen, wie Herzinfarkt und Arteriosklerose;
- Steigendes Krebsrisiko;

Je kleiner die Teilchen sind, desto tiefer dringen sie in den Körper ein.³⁹ Während Teilchen, die *grösser als PM10* sind, in der Nase zurückgehalten werden, gelangt Feinstaub über die Atemluft in die Lunge, die Bronchien und die Alveolen. „Gesundheitlich von Bedeutung sind die lungengängigen Teilchen mit einer Grösse von 10 µm und kleiner (PM10) (...). Sind PatientInnen mit einer Lungen- oder Herz-Kreislauf-Krankheit vorbelastet, so ist das Risiko für eine Schädigung durch Schwebestaub besonders gross. Zusätzliche Bedeutung haben die Feinstäube als Träger von Allergenen und schwerflüchtigen Substanzen, wie Pestiziden, krebserregenden PAK und Dioxinen“ (AefU 2002b: 67)⁴⁰.

Die feinsten Partikel stammen überwiegend aus motorischen Verbrennungsprozessen. „Gesundheitlich besonders relevant sind die in den Abgasen von Dieselmotoren enthaltenen Dieselerusspartikel. Sie besitzen im Vergleich zu Teilchen anderer Herkunft eine sehr viel grössere Partikeloberfläche. Diese Eigenschaft in Kombination mit der hohen Lungengängigkeit ermöglicht es einer Vielzahl krebserregender oder toxischer Substanzen, ins Körperinnere vorzudringen. Der eigentliche Russkern aus elementarem Kohlenstoff besitzt ebenfalls ein krebserzeugendes Potenzial. Bereits die mechanischen Eigenschaften dieser Partikel wirken sich negativ auf die Gesundheit aus. Damit sind Einschränkungen der Lungenfunktion und die Auslösung von Entzündungsreaktionen sowie von Herz-/Kreislaufkrankheiten verbunden“ (Stadtrat 2005b: 3).

Ultrafeine Partikel (< 0.1 µm) sind am gefährlichsten, weil sie bis in die Blutbahnen vordringen (PUSCH 2005: 6, R. Rapp) und somit auch in die Föten (vgl. New York Times 16.2.2005). Übers Blut werden die Partikel so im ganzen Körper verteilt und in den Organen abgelagert. Die Ultrafeinen können „auch im Herz aufgenommen werden und dort wieder in die Zellen eintreten“ (Krebsliga Schweiz o.J.). Deshalb erhöht sich auch das Risiko des Herzinfarkts und der Arteriosklerose (Gehr 2005).

Die Ultrafeinen (weniger als 0.1 µm Durchmesser) können die Blut-/Hirnschranke überwinden und ins Gehirn eindringen. Welchen Schaden sie dort anrichten, ist noch nicht genau bekannt. Untersucht werden gegenwärtig auch Zusammenhänge zu Parkinson, Alzheimer und Genschädigungen⁴¹.

„Tierversuche haben zudem gezeigt, dass besonders kleine Partikel über die Nase dem Riechnerv entlang wandern und bis ins Hirn gelangen können, wo möglicherweise ebenfalls Schäden entstehen“ (BUWAL 4/2004: 29).

6.3 Gravierende Krankheitsfolgen (in Zahlen)

Im Jahr 2000 war Feinstaub verantwortlich für:

- 39'000 Fälle von akuter Bronchitis bei Kindern⁴²
- 1.77 Millionen Tage mit eingeschränkter Aktivität,
- 12'500 Asthmaanfälle bei Kindern unter 15 Jahren,
- 41'000 Asthmaanfälle bei Erwachsenen,
- 5'900 Spitaltage wegen Atemwegserkrankungen,
- 9'800 Spitaltage wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- 2'300 zusätzliche Spitalaufnahmen (AefU 2002a: 16)⁴³.

³⁹ Pro Atemzug werden in stark belasteter Luft bis zu 50 Millionen Teilchen eingeatmet, bei schwachen Belastungen bis zu 10-mal weniger (Straehl 2006).

⁴⁰ PAK = Polyaromatische Kohlenwasserstoffe

⁴¹ Vgl. dazu New York Times 16.2.2005 und Krebsliga Schweiz o.J.

⁴² Alle Zahlen aus BUWAL 2005a: 5. Weitere Zahlen in AefU 2002a: 16 und auch AefU o.J.: 5. Einen Überblick über zusätzliche Spitaltage, Bronchitis- und Asthmafälle sowie Tage mit eingeschränkter Aktivität gibt auch ARE 2004: Z-3ff resp. BUWAL 2005a: 5. Die Zahlen zu den Krankheitsfolgen aus AefU 2002a sind Seethaler 1999 entnommen.

Die Krebsliga Schweiz (o.J.) gab für 1996 noch durchwegs rund doppelt so hohe Zahlen an.

⁴³ Die Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz zitieren Zahlen aus der WHO Studie „Health Costs due to Road Traffic-related Air Pollution, 1999. Dabei handelt es sich um Schätzungen, da genaue Zahlen nicht vorhanden sind, wie auch der Stadtrat von Zürich erklärt: „Die Anzahl der Hospitalisationen, die auf eine übermässige Feinstaub-

„In Genf und Lugano, wo die PM10-Belastung im Jahresdurchschnitt gut $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höher lag als in Montana oder Davos, war der Anteil Betroffener mit krankhaften Lungenfunktionswerten etwa doppelt so gross“ (Ergebnis aus der Sapaldia-Studie, zitiert in Stadtrat 2005a: 3, siehe dazu auch Anhang 2).

Besonders von Feinstaub betroffen sind *Kinder*⁴⁴:

- „In Kalifornien fanden Wissenschaftler bei Kindern aus Wohngebieten mit schlechter Luft ein geringeres Lungenwachstum“ (Lungenliga o.J.: 13).
- 45% der Kinder, die einem PM10-Jahresmittelwert von $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt sind, erkranken häufig an Grippe und/oder Bronchitis, während es bei Kindern, die einem PM10-Jahresmittelwert von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt sind, nur 32% sind (Ergebnisse einer im Auftrag des BUWAL durchgeführten Messreihe, BUWAL 2001: 30).

Weitere Ergebnisse verschiedener Studien sind zusammengefasst in BUWAL 2001: 28ff, AefU 2002a: 16f, ARE 2004, Stadtrat 2005a, Lungenliga o.J.: 19.

6.4 Erhöhte Sterblichkeit (in Zahlen)

- *Insgesamt* ist die *Luftverschmutzung* gemäss ARE (2004: Z-3) pro Jahr für ca. 3'700 frühzeitige Todesfälle in der Schweiz verantwortlich⁴⁵, ca. 1'350 davon sind dem *Strassenverkehr* anzulasten. Im Vergleich dazu kamen im Jahr 2005 bei Verkehrsunfällen in der Schweiz rund 400 Menschen ums Leben.
- Eine langjährige Mehrbelastung mit Feinstaub von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erhöht die *Lungenkrebssterblichkeit* um 20% (JAMA 2002 287:1132-1141, zit. in IGW Plus 2004: 6).
- Eine *Erhöhung* des Feinstaubes um $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bewirkt eine Zunahme von 17 Todesfällen pro 100'000 EinwohnerInnen pro Jahr (APHEIS 2004: 67, zit. in IGW Plus 2004: 5).
- Eine *Erhöhung* der Konzentration von *PM2.5* um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Luft erhöht die *Sterblichkeit* um 6% pro Jahr (Ergebnis der 16-Jahre-Studie der American Cancer Society in den USA, zit. in Spiegel 2005: 94).
- In einer epidemiologischen Langzeituntersuchung mit mehreren tausend Personen in den USA (Harvard-Sechs-Städte-Studie) lag die *Gesamtsterblichkeit* in einer untersuchten Stadt mit einem PM10-Jahresmittelwert von $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um 26% liegt als in einer anderen Stadt, wo ein PM10-Jahresmittelwert von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wurde (nach Stadtrat 2005a: 2).

Belastung zurückzuführen sind, kann mit dem heutigen Stand des Wissens nicht beziffert werden, entsprechende Schätzungen wären spekulativ. In der ‚Medizinischen Statistik der Krankenhäuser‘ wird für hospitalisierte Personen lediglich die Diagnose des Gesundheitszustandes erfasst, die Ursachen der Erkrankung werden nicht festgehalten. Im kantonalen Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) sind (...) entsprechende statistische Erhebungen und Auswertungen in Arbeit. Erste Ergebnisse sind frühestens im Frühjahr 2006 zu erwarten“ (Stadtrat 2005a: 3f).

⁴⁴ Neben anderen Gründen für die höhere Sensibilität, haben Kinder im Verhältnis zum Körpergewicht eine rund 2.5-mal grössere Hautoberfläche (IGW Plus 2004: 5).

⁴⁵ Die WHO geht für die Schweiz von 3'300 frühzeitigen Todesfällen aus, wobei der Feinstaub eine der gefährlichsten Komponenten sei (NZZ 17.5.05). Die gleiche Zahl wird auch in Seethaler 1999 genannt, zit. in Krebsliga Schweiz (o.J.). Künzli et al. 2000 sprechen von 3'000 frühzeitigen Todesfällen (zit. in Straehl 2003: 11). Nach einer EU-Studie von 2005 sterben in Deutschland jährlich rund 65'000 Menschen an den Folgen von Feinstaub (Spiegel 2005: 80). Das GSF Forschungszentrum in München geht von 10'000 bis 19'000 Todesfällen in Deutschland aus, die durch Russabgase verursacht werden (NZZ 1.4.05).

In den 25 EU-Ländern sind es jährlich insgesamt 300'000 Menschen, die an den Folgen von Feinstaub sterben, gemäss der gleichen EU-Studie von 2005 (NZZ 1.4.05).

6.5 Reduzierte Lebenserwartung (in Zahlen)

- Die *gesamte Luftverschmutzung* ist in der *Schweiz* pro Jahr verantwortlich für ca. 42'000 verlorene Lebensjahre, wovon ca. 15'400 dem *Strassenverkehr* anzulasten sind (ARE 2004: Z-3⁴⁶).
- Die *Lebenserwartung* in der *EU* verkürzt sich wegen Feinstaubes um *durchschnittlich 8.6 Monate*, in Deutschland sogar um 10.2 Monate (gemäss WHO-Studie, zit. In NZZ 15.4.05), in der Schweiz um ca. 6 Monate (Straehl 2005).
- Pro 10 µg/m³ PM10 nimmt die Lebenserwartung der Bevölkerung um ca. ein halbes Jahr ab (Ergebnis der trinationalen WHO-Studie 1999, zit. in Alexander Langer Stiftung 2004).

6.6 Hohe Gesundheits- und Folgekosten (in Zahlen)

Die durch den Strassenverkehr in der Schweiz verursachte Luftverschmutzung ist für Gesundheitskosten in der Höhe von 1.525 Milliarden Franken verantwortlich⁴⁷ (877 Millionen davon ist der Anteil des Personenverkehrs und 654 Millionen Franken jener des Güterverkehrs) (ARE 2004: Z-5). Bei den vom motorisierten Verkehr insgesamt verursachten externen Kosten von rund 4.65 Milliarden Franken macht die Luftverschmutzung somit knapp 33% aus⁴⁸.

Zu den Gesundheitskosten zählen die folgenden Komponenten:

„*Medizinische Behandlungskosten*: darunter sind sowohl die Kosten der stationären Behandlung im Spital (Infrastruktur, Arzt, Medikamente etc.) als auch die Kosten der ambulanten Behandlung (Arztbesuche, Medikamente, etc.) zu verstehen.

Produktionsausfall: Die durch die Luftverschmutzung beeinträchtigte Gesundheit führt dazu, dass Personen vorübergehend oder dauerhaft nicht als Arbeitskräfte zur Verfügung stehen.

Immaterielle Kosten: Zu den immateriellen Kosten zählen wir den Verlust an Wohlbefinden, Schmerz und Leid bei der betroffenen Person. Die immateriellen Kosten können insbesondere bei Todesfällen oder chronischen Erkrankungen wesentlich grösser sein als die materiellen Kosten (Behandlungskosten und Produktionsausfall)“ (ARE 2005: Z-4).

Zusätzliche Kosten der *Luftbelastung* entstehen an der Bausubstanz:

- Entwertung von Immobilien durch Attraktivitätsverlust (MieterInnen meiden belastete Gebiete).
- Höhere Unterhaltskosten bei Immobilien (häufigere Reinigung von Fassaden und Fenstern sowie Renovationen). „Luftverschmutzungsbedingte Gebäudeschäden haben im Jahr 2000 *in der Schweiz* zu externen Kosten von 259 Millionen Franken geführt“ (ARE 2005: 2). 245 Millionen davon sind dem Strassenverkehr anzulasten.

⁴⁶ Für weitere Angaben zu den verlorenen Lebensjahren und zusätzlichen Krankheitsfällen infolge der Luftverschmutzung im Jahr 2000 siehe ARE 2004: Z-3ff und BUWAL 2005a: 8.

⁴⁷ Die gesamte Luftverschmutzung - also nicht nur die vom Verkehr verursachte - wird *in der Schweiz* für Gesundheitskosten von 4.2 Milliarden Franken verantwortlich gemacht. Für den *Kanton Zürich* werden die Gesundheitskosten infolge Luftverschmutzung auf rund 1 Milliarde Franken geschätzt (Stadtrat 2005a: 3).

⁴⁸ Andere Anteile an den externen Kosten tragen die Lärm- und Unfall-Folgekosten.

7 Zusätzliche Gesundheitsschäden infolge erhöhter PM10-Werte an Zürichs Hauptverkehrsachsen (Schätzung)

7.1 Ausgangslage und Annahmen

An Zürichs Hauptverkehrsachsen ist die Wohn- und Arbeitsbevölkerung übermässigen PM10-Belastungen ausgesetzt. Entlang diesen Strassen werden Jahresmittel zwischen $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schimmelstrasse, Stadtrat 2005a: 5) und $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Pfungstweidstrasse, UGZ 2005) gemessen (Abbildung 6 zeigt die Jahresmittelwerte für PM10). In der weniger belasteten Stampfenbachstrasse beträgt der Wert $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Hintergrundbelastung von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (vgl. Kapitel 4 und Abbildung 5) wird an den *Hauptverkehrsachsen* somit durchschnittlich um gut $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ übertroffen. Im Folgenden wird geschätzt, welche *zusätzlichen* Kosten infolge dieser *zusätzlichen* Belastung von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entstehen. Es geht bei diesen Schätzungen nur um die *Extrabelastung entlang Zürichs Hauptverkehrsachsen*.

Die gesundheitlichen und finanziellen Kosten, die als Folge der ‚Grundbelastung‘ von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entstehen, sind ausdrücklich *nicht* eingerechnet.

Die Zahlen sind als Schätzungen (‘informed guesses’) zu verstehen, die weiter zu bearbeiten sind.

Fragestellung

Um *wieviel höher* ist das Gesundheitsrisiko von Personen, die entlang den Hauptverkehrsstrassen wohnen oder arbeiten, im Vergleich zu denen, die in der Stadt Zürich an weniger belasteten Orten wohnen oder arbeiten? Wie hoch sind die daraus entstehenden Kosten?⁴⁹

Schwierigkeiten bei der Beantwortung

Es fehlen genaue Grundlagen für die umfassende Beantwortung der Fragestellung. So ist nicht bekannt, wie viele Personen in Zürich welchen PM10-Belastungen ausgesetzt sind. Im Einzelnen wären dazu statistische Bevölkerungsanalysen, detaillierte Messungen an weiteren Messorten und verlässliche Ausbreitungsmodelle für PM10 in Abhängigkeit von Exposition, Wetter, baulichen Verhältnissen usw. notwendig. Für eine hieb- und stichfeste Analyse der gesundheitlichen Auswirkungen müssten zusätzliche Informationen über die Randbedingungen, wie z.B. die lokale Zusammensetzung des Feinstaubes und die durchschnittlichen Belastungen und Spitzenbelastungen vorliegen. Da diese Daten nicht vorhanden sind, müssen wir für eine erste grobe Abschätzung einige Annahmen treffen, welche die lokalen Verhältnisse so gut wie möglich darstellen.

Annahme 1: Mehrbelastung um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Personen, die an Hauptverkehrsstrassen wohnen und/oder arbeiten, sind im Jahresmittel einer PM10-Belastung von rund 25 bis $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt. Im Folgenden wird eine durchschnittliche Belastung von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angenommen. Im Vergleich zu Personen, die an wenig belasteten Lagen wohnen, beträgt die durchschnittliche PM10-Mehrbelastung somit rund $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hervorzuheben ist, dass die Schadstoffe in Strassennähe ca. doppelt so toxisch sind als jene, die in grösserer Distanz zu Strassen analysiert werden. Dieser Sachverhalt wird mit der unterschiedlichen Zusammensetzung der Schadstoffe erklärt und damit, dass die Schadstoffe in Strassennähe frischer und somit aggressiver sind (Straehl 2005).

Annahme 2: 100'000 betroffene Personen in Stadt Zürich

Die Zahl der Personen, die einer übermässigen PM10-Belastung von im Durchschnitt $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt sind, beträgt rund 100'000.

Wie bereits oben ausgeführt, gibt es noch keine Zahlen dazu, wie viele Personen in der Stadt Zürich in den höchstbelasteten Immissionszonen leben und/oder arbeiten. Zu berücksichtigen wären neben der

⁴⁹ Vgl. dazu auch die Studien BRISKA und EXPOLIS des Instituts für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel (siehe Anhang 2).

Aufenthaltsdauer in der belasteten Liegenschaft viele zusätzliche Faktoren, wie z.B. Distanz des Gebäudes zur Hauptachse, Gebäudetyp, Exposition des Gebäudes, Lüftungssituation usw.

Wir sind deshalb auf Schätzungen angewiesen und ziehen die Zahlen zur übermässigen Lärmbelastung bei. Dies in der Annahme, dass dort, wo der Lärm gross ist, auch die Luftbelastung hoch ist. 140'000 Menschen leben in der Stadt Zürich an Strassen mit zu hoher Lärmbelastung (Tagblatt 20.9.05), d.h. in der Regel an stark befahrenen Hauptverkehrsstrassen. Für unsere Schätzungen nehmen wir an, dass 100'000 von ihnen an Orten mit einer Belastung von *im Durchschnitt* $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wohnen und/oder arbeiten.

Da es in unserer Berechnung darum geht, die gesundheitlichen Folgen einer *durchschnittlichen* Belastung von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ abzuschätzen, ist es sinnvoll, auch einen Anteil der Bevölkerung einzubeziehen, die einer Belastungen von weniger als $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt sind, da auf der anderen Seite auch Personen, die an Orten mit sehr viel höheren Belastungen leben (und damit mehr als durchschnittlich geschädigt werden), in unsere Berechnung eingehen.

Zum Vergleich: Gesamtschweizerisch sind rund 330'000 Personen einer Belastung von mindestens $28 \mu\text{g}/\text{m}^3$, 570'000 mindestens $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und über 900'000 mehr als $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt (BUWAL 2005c: 20, aufgrund von Modellrechnungen aus dem Jahr 2003). Alleine im Kanton waren im Jahr 1997 rund 20% der Bevölkerung, also etwa 250'000 Personen, PM10-Belastungen von über $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgesetzt (Kt. Zürich 2002: 13).

Aufgrund dieser verschiedenen Vergleiche und Ableitungen ist es plausibel anzunehmen, dass in der grössten und verkehrsreichsten Stadt der Schweiz rund 100'000 Betroffene im Durchschnitt $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 ausgesetzt sind.

7.2 Gesundheitliche Folgen von übermässiger PM10-Belastung an Zürichs Hauptverkehrsstrassen

Im Vergleich zur durchschnittlich - mit $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - belasteten Zürcher Bevölkerung müssen Personen, die an den - mit $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - belasteten - Hauptverkehrsstrassen wohnen und/oder arbeiten mit gravierenden gesundheitlichen Nachteilen rechnen (vgl. auch Kapitel 6)⁵⁰.

Die gesundheitlichen Folgen, die aufgrund der Durchschnittsbelastung von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entstehen, sind ausdrücklich nicht aufgeführt. Es geht nur um die Auswirkungen der Mehrbelastung, die sich auf verschiedene Arten ausdrücken lassen:

(Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind hier einzelne der schon in Kapitel 6.4 dargestellten Ergebnisse wiederholt.)

1. Pro Jahr rund 44 Todesfälle mehr pro 100'000 EinwohnerInnen

Diese Berechnung des ARE basiert auf vier internationalen Studien (siehe ARE 2004: 42-45).

Andere Untersuchungen und Schätzungen kommen zu ähnlichen Zahlen: Die europäische APHEIS-Studie (Ein EU-Projekt, siehe Anhang 2) rechnet pro $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mehr Feinstaub mit einer Zunahme von 17 Todesfällen pro 100'000 EinwohnerInnen pro Jahr. Für unsere Betrachtung - Zunahme von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - entsprechend also 34 Todesfälle mehr pro 100'000 EinwohnerInnen⁵¹.

Der Umweltbericht der Stadt Zürich von 2005 rechnet für die Stadt Zürich sogar mit „mehreren hundert Todesfällen pro Jahr durch Atemwegs-, Kreislauf- und Krebserkrankungen, ausgelöst durch die (gesamte) Luftverschmutzung“ (Stadt Zürich, 2005: 20).

2. Eine um 5 bis 10% erhöhte Gesamtsterblichkeit

Diese alarmierende Zahl wird vom BUWAL (2001: 28ff) gestützt.

⁵⁰ Dazu auch ARE 2004: 67

⁵¹ APHEIS 2004: 67, zit. in: IGW Plus 2004: 5. Siehe auch die Website ‚Health Impact Assessment of Air Pollution in 26 European Cities‘ www.apheis.net/

Sie deckt sich auch mit den Ergebnissen einer epidemiologischen Langzeituntersuchung mit mehreren tausend Personen in den USA (Harvard-Sechs-Städte-Studie). Die Studie kommt zum Ergebnis, dass die Gesamtsterblichkeit in einer untersuchten Stadt mit einem PM10-Jahresmittelwert von $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um 26% höher liegt als in einer anderen Stadt, wo ein PM10-Jahresmittelwert von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wurde (nach Stadtrat 2005a: 2).

Eine 16-Jahre-Studie der American Cancer Society in den USA hat (allerdings für das noch feinere PM2.5) herausgefunden, dass eine *Erhöhung* der Konzentration von PM2.5 um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die *Sterblichkeit* um 6% pro Jahr erhöht (zit. in Spiegel 2005: 94). Da mit PM10-Messungen mehr Luftschadstoffe als mit PM2.5 erfasst werden, nimmt die Sterblichkeit bei erhöhten PM10-Werten sicher um mehr als 6% zu.

3. Die Lebenserwartung vermindert sich um rund ein halbes Jahr

Schätzungen der schon oben erwähnten trinationalen WHO-Studie von 1999 ergeben, dass die Lebenserwartung der Bevölkerung pro $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10-Mehrbelastung um ca. ein halbes Jahr abnimmt (WHO-Studie, 1999, zit. in Alexander Langer Stiftung 2004).

Gemäss der WHO verkürzt sich die Lebenserwartung in der EU wegen der Feinstaub-Belastung um *durchschnittlich 8.6 Monate*, in Deutschland sogar um 10.2 Monate (WHO, zit. in NZZ 15.4.05).

Umgerechnet auf 100'000 betroffene Personen gehen auf deren Lebensdauer somit 50'000 Lebensjahre verloren. Bei einer angenommenen durchschnittlichen Lebenserwartung von rund 80 Jahren, heisst das, dass pro Jahr 625 Jahre verloren gehen.

4. Ein erhöhtes Krankheitsrisiko von - je nach Krankheit und Alter - 20 bis 67%.

Diese Zahlen stammen vom BUWAL, das die Veränderung der Häufigkeit von Gesundheitswirkungen bei einer Erhöhung des PM10-Jahresmittels um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ untersucht hat (2001: 28ff, siehe auch BUWAL 2005c:33), wobei die berücksichtigten Krankheiten sehr unterschiedlich sind. Sie reichen von Husten bis Krebs und Herzinfarkt.

Verschiedene Schweizer und internationale Studien kommen zu ähnlichen Ergebnissen, die alle das erhöhte Krankheitsrisiko belegen. Zum Beispiel:

- $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mehr Feinstaub in der Luft erhöht die Sterberate an Lungenkrebs um 20% (JAMA 2002 287:1132-1141, zit. in: IGW Plus 2004: 6).
- $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mehr PM10-Belastung im Jahresdurchschnitt verdoppelt die Anzahl Betroffener mit krankhaften Lungenfunktionswerten (Sapaldia-Studie, zit. in Stadtrat 2005a: 3).

Zusammenfassung

Gemäss einer ersten groben Schätzung muss vermutet werden, dass Personen, die in einem Abstand von bis zu ca. 100 Metern von Hauptverkehrsachsen wohnen und/oder arbeiten, im Schnitt rund 6 Monate weniger lang leben und ein fast doppelt so hohes Risiko eingehen, an Krebs, Herz-, Lungen-, und anderen Krankheiten zu sterben, wie Leute, die in einer grösseren Distanz zu viel befahrenen Strassen leben (z. T. nach BUWAL 2005a: 7).

8 Zusätzliche wirtschaftliche Kosten infolge erhöhter PM10-Werte an Zürichs Hauptverkehrsachsen (Schätzung)

Während im vorhergehenden Kapitel die unmittelbaren *gesundheitlichen* Folgen der übermässigen PM10-Belastung geschätzt wurden, werden in diesem Kapitel die *finanziellen* Folgen ermittelt. Wiederum geht es nur um die *zusätzlichen* Kosten, die infolge einer *übermässigen* Belastung von im Durchschnitt $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entstehen, im Vergleich zu den in Zürich an weniger belasteten Orten gemessenen $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

1. Die Kosten infolge verlorener Lebensjahre betragen über 53 Millionen Franken jährlich.

Gemäss der Umrechnungsformel des ARE (2004: 95, 140 und Z-4), kostet ein verlorenes Lebensjahr rund 85'000 Franken (materielle und immaterielle Kosten). 625 verlorene Lebensjahre (vgl. Kapitel 7) entsprechen somit einem Wert von über 53 Millionen Franken.

2. Die Kosten der medizinischen Behandlung von luftimmissionsverursachten (PM10) Krankheiten belaufen sich auf weitere rund 21 Millionen Franken.

In Analogie zu den Berechnungen von Seethaler (1999) nehmen wir an, dass die Kosten der Krankheiten (Kosten für die medizinischen Behandlungen, die Produktionsausfälle und die immateriellen Kosten) noch einmal rund 40% der bereits berechneten Kosten infolge frühzeitiger Todesfälle entsprechen. Gemäss unserer Rechnung wären dies also weitere 21 Millionen Franken (40% von 53 Millionen Franken).

Insgesamt entstehen somit alleine aus der *überdurchschnittlichen* Belastung entlang den übermässig belasteten Hauptstrassen in der Stadt Zürich *zusätzliche* Gesundheitskosten in der Höhe von rund 74 Millionen Franken. **Die Kosten, die aufgrund der Durchschnittsbelastung von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entstehen, sind ausdrücklich nicht eingerechnet.**

3. Bei den Immobilien entstehen Mehrkosten von rund 20 Millionen Franken.

Gesamtschweizerisch betragen die luftverschmutzungsbedingten Gebäudeschäden rund 240 Millionen Franken pro Jahr. Für den Kanton Zürich - mit einer Bevölkerung von rund 1,2 Millionen - werden sie auf mindestens 100 Millionen veranschlagt (Sommer 2005). Proportional umgerechnet auf eine Bevölkerung von 100'000 würden sich die Gebäudeschäden auf rund 8 Millionen Franken belaufen. Da wir aber Gebäude an den am meisten belasteten Standorten betrachten, muss dieser Betrag vermutlich verdoppelt oder verdreifacht werden.

Anders gerechnet: In der Stadt Zürich gibt es ca. 50'000 Gebäude. Vereinfacht gerechnet wohnen und arbeiten die von uns betrachteten 100'000 Menschen entsprechend ihrem Bevölkerungsanteil von 27% in rund 14'000 Gebäuden (bzw. in weniger, dafür umso grösseren Gebäuden). Rechnen wir mit - bescheidenen - 2'000 Franken Gebäudeschaden pro Haus und Jahr infolge übermässiger Feinstaub-Belastung, ergibt das 28 Millionen Franken. Das deckt vermutlich kaum die zusätzlich nötigen Fensterreinigungen.

Nicht berechnet wurde die Wertverminderung der Immobilien infolge der übermässigen Immissionen⁵².

⁵² Vgl. dazu auch die neue Studie der ZKB zu den Immobilien-Wertverlusten infolge Fluglärmbelastung rund um den Flughafen Zürich Kloten. Je nach Belastungsgrad werden Minderwerte bis zu 45% berechnet (in: NZZ 3.11.2005: 53).

Konservativ geschätzt können wir luftverschmutzungsbedingte Mehrkosten bei den Immobilien von mindestens 20 Millionen Franken einsetzen.

Zusammenfassung

Gemäss einer ersten groben Schätzung kann vermutet werden, dass als Folge der überdurchschnittlichen Immissionen entlang den Hauptverkehrsstrassen in Zürich zusätzliche Gesundheitskosten und Kosten an Gebäuden in der Höhe von rund 100 Millionen Franken pro Jahr entstehen.

Diese Schätzungen müssen weiter überprüft werden. Einem ersten Plausibilitätstest halten sie aber stand: Stadt und Kanton Zürich gehen davon aus, dass die *Gesundheitskosten* infolge der *Luftverschmutzung* im *Kanton Zürich* insgesamt rund *1 Milliarde Franken* ausmachen (Stadtrat 2005a: 3). Die von uns geschätzten 74 Millionen Gesundheitskosten, die alleine an den Hauptverkehrsachsen der Stadt Zürich infolge der dort anfallenden *übermässigen* Belastung entstehen, scheinen demnach nicht übertrieben.

Der Stadtrat von Zürich schätzt, dass „die Gesundheitskosten für Erkrankungen durch überhöhte Feinstaub-Belastung in der ganzen Stadt Zürich in der Grössenordnung von einigen hundert Millionen Franken liegen“ (Stadtrat 2005a: 3).

Die Schäden und Wertverluste an Gebäuden sind in dieser Zahl nicht enthalten.

Andere, weniger gut messbare und in Franken quantifizierbare Kosten werden nicht berücksichtigt. Studien aus den USA belegen zum Beispiel, dass AnwohnerInnen stärker befahrener Strassen dreimal weniger FreundInnen und nur halb so viele Bekannte haben, als jene von stark befahrenen Strassen (zit. in AefU 2002a: 40).

9 Massnahmen gegen den Feinstaub, bezogen auf den motorisierten Strassenverkehr, und erwartete Erfolge der Massnahmen

Ein Handlungsbedarf ist klar erwiesen. Die gesundheitlichen Folgen der flächendeckenden und langfristigen massiven Überschreitungen der Feinstaub-Grenzwerte sind so eindeutig und gravierend, dass dringend Massnahmen ergriffen werden müssen. „Damit die Grenzwerte grossräumig eingehalten werden können, müssen in der Schweiz die *primären* Feinstaub-Emissionen um insgesamt mindestens 50% und die *Vorläuferemissionen* (...) um rund 50% reduziert werden, gemessen am Referenzzustand (1997)“ (PUSCH 2005: 5, BUWAL zit. in NZZ 17.5.05).

Bevor nun aber aus dem nachstehenden Massnahmenkatalog⁵³ voreilige Schlüsse gezogen werden, sei auf eine Reihe von ebenfalls zu beachtenden Rahmenbedingungen und Einschränkungen hingewiesen.

9.1 Erläuterungen zur Art der Massnahmen

- Im nachstehenden Katalog geht es um Massnahmen, die auf politischem und juristischem Weg eingeleitet werden können. Individuelle Massnahmen des/der Einzelnen, freiwillige Verhaltensänderungen auch von Gewerbe, Industrie usw. sind nicht aufgeführt. Das heisst nicht, dass sie nicht auch wichtig und effizient sind.

- Es werden vorwiegend Massnahmen aufgeführt, die von der Stadt Zürich (z. T. auch vom Kanton Zürich) beschlossen werden können. Weil das vorliegende Diskussionspapier lokal angewendet werden soll, erwähnen wir von den Massnahmen, die auf Bundesebene festgelegt werden müssen, nur die wichtigsten. Das heisst selbstverständlich nicht, dass sich Stadt und Kanton nicht auch auf Bundesebene für Massnahmen einsetzen sollen.

- Massnahmen müssen auch kantonale, nationale und im Ausland ergriffen werden, da PM10 mit der Luft auch grossräumig verfrachtet wird⁵⁴. An dieser Stelle wird darauf aber nicht weiter eingegangen.

- Der nachfolgende Katalog umfasst nur Massnahmen im Strassenverkehr⁵⁵. Die Massnahmenbereiche Baumaschinen, Landwirtschaftsmaschinen, Industrie, Landwirtschaft, Haushalt sind hier nicht aufgeführt.

- Es werden nur *noch nicht* umgesetzte Massnahmen aufgeführt.

Allgemeine Erläuterungen

- Feinstaub soll immer auch im Zusammenhang mit anderen Schadstoffen betrachtet werden. Ein Ansatz, der sich auf einzelne Schadstoffe konzentriert, kann kontraproduktiv sein. Nebenwirkungen müssen beachtet werden. So führte der Versuch, die CO₂-Emissionen von Benzin-Autos durch verbesserte Diesel-Fahrzeuge zu reduzieren, zu einem verstärkten Ausstoss von Feinstaub-Teilchen. Der dagegen propagierte Partikelfilter wiederum erhöht die ohnehin schon grösseren NO_x-Emissionen von Dieselmotoren noch weiter. Dieser Nachteil wird nun mit DeNO_x-Filtern und SCR-Katalysatoren bekämpft (BUWAL 4/2004: 30).

Erläuterungen zu den angegebenen Reduktionspotenzialen

- Bei den angegebenen Reduktionspotenzialen in Prozenten handelt es sich um eigene Schätzungen, z.T. in Anlehnung an Zahlen des BUWALs. Die Prozentzahlen beziehen sich auf das Total der in der Stadt Zürich durch den Strassenverkehr verursachten Immissionen (vgl. dazu auch Angaben in

⁵³ Für die Zusammenstellung dieses Katalogs wurden die folgenden Dokumente beigezogen: Kt. ZH 1989: C/1f; Electrowatt 2001, zusammengefasst in BUWAL 2001: 36; Straehl 2003: 53; Düring et al. 2005: 519; Kt. ZH 2002, Juni.

⁵⁴ Das BUWAL schätzt, dass im schweizerischen Mittelland ca. 10 µg/m³ PM10 aus ausländischen Quellen stammen, v.a. Nitrat, Sulfat und Ammonium (BUWAL 2005c: 16f).

⁵⁵ Der Strassenverkehr macht in städtischen Gebieten im Durchschnitt rund 50 - 80% der Gesamtbelastung aus, siehe auch Kapitel 2.

„Massnahmen zur Reduktion der PM₁₀-Emissionen, Elektrowatt/BUWAL, 2001 sowie BUWAL 2005b: 86ff).

- Die möglichen Effekte wurden für jede Massnahme einzeln geschätzt. Wenn gleichzeitig verschiedene Massnahmen umgesetzt werden, können die Effekte der Einzelmassnahmen aber nicht einfach addiert werden. Die Zusammenhänge und Abhängigkeiten zwischen den verschiedenen Einzelmassnahmen sind komplexer als sie hier dargestellt werden können.
- In vielen Fällen reicht der aktuelle Wissensstand nicht aus, um realistische Schätzungen vorzunehmen. Hier müssen zuerst weitere Forschungsergebnisse abgewartet werden. Einige Zahlen sind bekannt, andere werden im Sinne von noch zu verifizierenden Hypothesen eingesetzt.
- Es gibt Sockelmassnahmen, die, obwohl nicht quantifizierbar, unverzichtbar sind.
- Die positiven Effekte einzelner Massnahmen können durch zum Teil nur schwer vorhersehbare Verhaltensänderungen (über-)kompensiert werden. Relativ ‚sauberere‘ Fahrzeuge können z.B. dazu verleiten, sorgloser und mehr herum zu fahren. Diese Kompensationen sollten so weit wie möglich berücksichtigt werden.

9.2 Der Nutzen der Massnahmen

Jede Reduktion der Feinstaub-Belastung (auch eine kleine) bringt eine Verbesserung der Gesundheit. Dies haben verschiedene Studien im Ausland und auch in der Schweiz gezeigt (SCARPOL, SAPALDIA etc., vgl. Anhang 2).

Nutzen von Verbesserungen bezogen auf die Lagen an Hauptverkehrsachsen

Es würde den Rahmen dieses Diskussionspapier sprengen, den Nutzen jeder einzelnen Massnahme für die Lagen an Hauptverkehrsachsen zu berechnen. Für den Partikelfilter, als eine der am meisten diskutierten Massnahmen, soll dies aber exemplarisch geschehen:

Wenn alle Dieselfahrzeuge Partikelfilter hätten, würde die PM10-Belastung an den Hauptverkehrsachsen der Stadt Zürich um rund 20% sinken. Bei diesen 20% handelt es sich zudem um den besonders gesundheitsgefährdenden Anteil des PM10⁵⁶.

Alle anderen nachstehend aufgeführten Berechnungen und Überlegungen beziehen sich auf die Schweiz oder Europa.

- „Würden die geltenden PM10-Immissionsgrenzwerte der LRV (Luftreinhalteverordnung) eingehalten, könnten über 2'000 vorzeitige Todesfälle, über 25'000 Fälle von Bronchitis bei Kindern und gegen 30'000 Asthmaanfälle bei Erwachsenen verhindert werden“ (BUWAL 2005c: 38).
- Wenn alle Dieselfahrzeuge Partikelfilter hätten, könnten in der Schweiz (gerechnet ab 2002) bis ins Jahr 2020 zirka 1'240 vorzeitige *Todesfälle*, wovon 170 Fälle wegen *Lungenkrebs*, vermieden werden, ebenso wie etwa 1'600 Fälle von chronischer *Bronchitis* und 17'000 Fälle von akuter Bronchitis bei Kindern (Krebsliga Schweiz o.J., Rapp nach BUWAL 2003).
- Damit würden bis 2020 ungefähr *1.6 Milliarden* Franken an Gesundheitskosten eingespart (Krebsliga Schweiz o.J., gemäss BUWAL).
- Eine etwas andere Rechnung kommt zu noch höheren Ergebnissen für die Schweiz: „Insgesamt lassen sich bei einer Reduktion von ca. 2'210 Tonnen feiner Auspuffpartikel in den nächsten 5 Jahren Gesundheitskosten (Mortalität und Morbidität) von rund 1'030 Millionen Franken vermeiden. Die Kosten zur Vermeidung der vorzeitigen Mortalität machen gut 70% der Gesamtkosten aus. Bis ins Jahr 2020

⁵⁶ Die Zahl von 20% ist geschätzt aufgrund folgender Rechnung: In der Schweiz erzeugt der Strassenverkehr 1'300 Tonnen Dieselruss. Das entspricht 6% der totalen PM-Belastung in der Schweiz. Gesamtschweizerisch ist der Strassenverkehr für 21% des PM10-Ausstosses verantwortlich, an den Hauptverkehrsachsen aber für rund 65% also gut dreimal mehr. Unter der Voraussetzung eines ungefähr gleichen Anteils Dieselfahrzeuge kann für innerstädtische Hauptverkehrsachsen entsprechend ein im Vergleich zur Gesamtschweiz dreimal grösserer Dieselruss-Anteil angenommen werden, also rund 20%.

könnten bei einer Reduktion von ca. 8600 Tonnen sogar rund 4 Milliarden Franken an Gesundheitskosten eingespart werden“ (Straehl 2003: 65).

- In der *EU* könnten 80'000 frühzeitige Todesfälle pro Jahr verhindert werden, wenn die gültigen EU-Richtlinien zur Feinstaub-Konzentration in der Luft eingehalten würden (NZZ 15.4.05, laut WHO).

- Die im September 2005 verabschiedete Luftreinhalteverordnung der EU hat zum Ziel, die jährliche Zahl der vorzeitigen Todesfälle infolge der Feinstaub- und Ozon-Belastung vom Jahr 2000 bis ins Jahr 2020 von 370'000 auf 230'000 zu reduzieren. Die Kosten für die dazu notwendigen Massnahmen würden 7.1 Milliarden Euro betragen. Der Nutzen aufgrund geringerer Aufwendungen im Gesundheitsbereich betragen 42 Milliarden Euro (zit. in NZZ 22.9.05: 28).

9.3 Problematik bei der Umsetzung von Massnahmen

Spätestens die Feinstaub-Konzentrationen vom Januar und Februar 2006 haben die Notwendigkeit von Massnahmen gezeigt. Auch gezeigt hat sich aber, wie schwer sich die zuständigen Behörden damit tun, diese anzuordnen und umzusetzen. Die Verantwortung für griffige Massnahmen wird von einer Instanz zur anderen hin und zurück geschoben. Dabei zeigt die Erfahrung aus anderen Politikbereichen (Drogen, Flüchtlinge / Asylwesen), dass ein entschlossenes Vorgehen der Stadt Zürich durchaus erfolgreich sein kann.

Warum wird die Feinstaub-Problematik nicht energischer angegangen? Es lassen sich dazu mindestens drei Erklärungsebenen finden:

- **politische** Erklärungsebene

Die rechtlichen Grundlagen für eine energische Politik sind vorhanden: Vom Umweltschutzartikel in der Bundesverfassung über das darin eingebettete Umweltschutzgesetz bis hin zur Luftreinhalteverordnung und - in den Kantonen - Massnahmenpläne Luft, ist das gesamte Regelwerk vorhanden, das es erlauben, ja verpflichten würde, zu handeln. Auch der Kanton Zürich verfügt seit 1985 über einen Massnahmenplan Luft, der viele wichtige und richtige Massnahmen enthält. Der Plan wurde mehrfach ergänzt, um auch die ‚neue‘ Problematik Feinstaub aufzunehmen. Umgesetzt wird aber nur sehr behutsam bis gar nicht. Im Zweifelsfall wird die Umweltverträglichkeit der Wirtschaftsverträglichkeit untergeordnet. Dies obwohl die Gesundheit das wichtigste zu erhaltende Gut sein sollte.

Der politische Wille fehlt, den Auftrag der Luftreinhaltung wirklich umzusetzen. Eine schwache Politik führt auch zu schwachen Analysen, so dass am Schluss die notwendigen Grundlagen fehlen, um sich für effiziente und sinnvolle Massnahmen entscheiden zu können. In der Schweiz war z.B. ein privat finanziertes Rechtsgutachten nötig, um dem Staat seine Handlungsmöglichkeiten bei der Einführung des Partikelfilters aufzuzeigen (Gutachten von RA Weibel, im Auftrag des VCS Schweiz, siehe auch Kapitel 10, Fussnote a). Dies im Unterschied z.B. zu Baden-Württemberg, wo der zuständige Umweltminister Sofortmassnahmen erlassen und durchgesetzt hat.

- **organisatorische** / strukturelle Erklärungsebene

Umweltschutz wird nicht als Kerngeschäft aufgefasst. In der Verwaltung ist der Umweltschutz entweder dem Verkehr und der Energie zugeordnet (beim Bund das EVED) oder dem Tiefbau (im Kanton Zürich). Nur in der Stadt Zürich sind Umweltschutz und Gesundheit im gleichen Departement vereinigt.

Wo Verkehrs-, Tiefbau- und Energiedepartemente für den Umweltschutz zuständig sind, liegt es nahe, dass sich Interessenkonflikte ergeben, die dann häufig schon auf der Departementsstufe zuungunsten der Umweltschutzanliegen entschieden werden, u.a. deshalb, weil Verkehr, Tiefbau und Energie im Verhältnis zur Umwelt über die stärkeren Lobbies verfügen. Spätestens seit der Alarmstimmung in Medien und Öffentlichkeit muss man aber fragen, warum es nicht auch auf Bundes- und Kantonsebene unabhängige und eigenständige Umweltdepartement gibt.

- **rechtliche** Erklärungsebene

Zwar liegen brauchbare gesetzliche Grundlagen vor, aber es fehlen die Möglichkeiten resp. die Praxis, das Recht einzuklagen. Ganz anders in der EU, wo z.B. in Deutschland Klagen gegen die Regierung möglich sind, weil diese ihre Sorgfalts- und Aufsichtspflicht nicht erfüllt (zum Beispiel in Stuttgart).

Angesichts der aktuellen Zustände und der bisherigen Erfahrungen ist es wenig beruhigend, wenn das BUWAL erklärt, dass die Luftreinhalteziele bis 2020 erreicht werden können, dass also ein Rückgang des PM10 um 28-45% möglich ist (BUWAL 2005c: 42, z.T. nach BUWAL 2005b). Das BUWAL geht bei dieser Aussage nämlich von einer maximalen Umsetzung der Massnahmen aus, welche alle Emittenten umfasst, also auch die Landwirtschaft, und alle Bereiche, z.B. auch eine ökologische Steuerreform, sowie solche, die mit der EU abzustimmen wären.

Diese Aussichten bleiben Makulatur, solange nicht der politische Wille und die rechtlichen Möglichkeiten vorhanden sind, diese Massnahmen anzuordnen, umzusetzen und zu überprüfen.

10 Massnahmenkatalog zur Reduktion der vom Verkehr verursachten PM10-Belastungen in der Stadt Zürich - aktuelle Vorschläge

Fett gedruckt: Massnahmen, die auf lokaler Ebene ergriffen werden können

Massnahme	Reduktionspotenzial	Nr.	Mittel	Kommentar
1. Technische Massnahmen	ca. 20%	1.1	Ausrüstung aller Diesel-Fahrzeuge mit Partikelfiltern	Filter für Dieselmotoren reduzieren den PM10 Ausstoss um rund 99%. Ein Filterobligatorium ist Bundessache ¹ . Die öffentliche Verwaltung kann ihre eigenen Fahrzeuge freiwillig mit Feinstaubfiltern ausrüsten. Bereits sind rund 72% der Busse im Kanton Zürich mit einem Filter ausgerüstet. Die Kehrtafel-LKW hingegen nicht.
	5-20%	1.2	Emissionskontrollen verschärfen	Emissionsvorschriften sind Bundesache. Die Kantone können aber Kontrollen zu deren Einhaltung von sich aus verschärfen.
	5-20% (oder mehr)	1.3	Förderung alternativer Antriebssysteme	Kanton oder Stadt könnten eine Pionierrolle übernehmen und Elektromobile, Hybridautos, mit Erdgas oder Komogas betriebene Autos von sich aus einsetzen und/oder fördern.
	5% (oder mehr)	1.4	Differenzierung der Motorfahrzeugsteuern	Der Kanton kann von sich aus die Motorfahrzeugsteuern nach Abgas-, Lärm- und Verbrauchskriterien differenzieren (wie zum Beispiel der Kanton Gené).
2. Verkehrsbeeinflussende Massnahmen	< 5%	2.1	Transitverbot bzw. Sperrzonen für Schwerverkehr	Diese Massnahme kann lokal erlassen werden und lokal die Emissionsspitzen brechen. In Bülle/CH, z.T. auch in südfranzösischen Städten und in Stuttgart wird diese Massnahme durchgesetzt. In Stadt und Kanton Zürich sind dazu Postulate hängig.
	10%	2.2	Änderungen in der Verkehrsführung und -steuerung	Verkehrsführung und -steuerung beeinflussen die lokalen Immissionen. Die Kanalisierung des Verkehrs entlastet den einen, belastet dafür einen anderen Ort zusätzlich. Bekannt ist auch, dass gleichmässig fließender Verkehr weniger Emissionen erzeugt als Stop-and-go Verkehr.
	5%	2.3	Temporeduktion Flächendeckend Tempo 30 bzw. 50 (Stadtautobahnen)	Temporeduktionen verringern die Emissionen. Vor allem auch dann, wenn der Verkehr beruhigt und verflüssigt wird ² .
	5-50%	2.4	Verkehrsbeschränkung	Lokale und temporäre Strassensperrungen bei Grenzwertüberschreitungen, evtl. nur für bestimmte Fahrzeugkategorien.
	10-20%	2.5	Lenkungsabgaben, z. B. Road Pricing	Verschiedene finanzielle Instrumente zur Reduktion der gefahrenen Kilometer, der Fahrzeuggewichte, der Anzahl Fahrzeuge usw. ³ lassen sich lokal umsetzen . Je nachdem, wie die Einnahmen verwendet werden, können sich Lenkungsabgaben aber auch kontraproduktiv auswirken, falls die eingezogenen Gebühren z.B. für den Bau neuer Strassen verwendet werden.
	5%	2.6	Abschaffung steuerlicher Vorteile	Streichung bzw. Reduktion der Arbeitswegkostenabzüge auf kantonaler Ebene.
	5%	2.7	Verkehrsmindernde Parkplatzpolitik	Über das Angebot an Parkplätzen wird der Verkehr wirksam beeinflusst.

Massnahme	Reduktionspotenzial	Nr.	Mittel	Kommentar
8. Förderung öffentlicher Verkehr, Fuss- und Veloverkehr	5%	3.1	Verlagerung MIV auf ÖV, Fuss- und Veloverkehr	Investitionen in den öffentlichen Verkehr sowie den Fuss- und Veloverkehr erhöhen deren Attraktivität.
	< 5%	3.2	Fahrgemeinschaften	Car-Pools (Mehrpersonen-Besetzung und Bevorzugung von Pwv's).
	6%	3.3	Förderung Güterverkehr auf Bahn	Bahnverkehr verursacht im Vergleich zu Strassenverkehr weniger Emissionen.
	< 5%	3.4	Effizientere Güterverteilung	In Cargo-Umschlagplätze an den Stadteinfahrten können Güter gebündelt und von dort aus effizienter verteilt werden. Dadurch wird die Anzahl Lastwagenfahrten vermindert.
4. Forschung	Sockel-massnahmen	4.1	Expertinnen – Netzwerk aufbauen	Probleme und Lösungen sollen koordiniert bearbeitet werden, auch international. Stadt und Kanton können eine prominente Rolle übernehmen.
		4.2	Forschungsarbeiten anregen	Offene Fragen sollen als Voraussetzung für die Lösung der Probleme beantwortet werden. Von der Stadt aus können Nationale Forschungsprogramme (NFP) angeregt werden zur Klärung der vielen offenen Fragen. Lokal braucht es u.a. auch weitere Messstellen und weitere Berechnungen von Gesundheitskosten sowie Nutzen einzelner Massnahmen.
5. Politik / Recht	?	5.1	Musterklage prüfen	In der ERD z.B. sind seit 1.1.06 Klagen gegen Behörden möglich, wenn der Umweltschutz nicht eingehalten wird ⁶ .
	Sockel-massnahme	5.2	Lobbying	Auf lokalen und übergeordneten Ebenen braucht es politischen Druck auf Politik und Verwaltung , um zu neuen Massnahmen und Erkenntnissen zu gelangen, auch um parlamentarische Vorstösse auszulösen.
6. Aktionen	?	6.1	Für Aufmerksamkeit und Sensibilisierung sorgen	Interventionen im öffentlichen Raum mit unterschiedlichsten Mitteln: Theater, Plakate usw., bis hin zu Strassen sperren oder besetzen.
7. Beeinflussung des persönlichen Verhaltens	Sockel-massnahmen	7.1	Dokumentieren	Website PM10⁶
		7.2	Öffentlichkeitsarbeit	Anreize schaffen, Motivationskampagnen durchführen, in der Schule und im Berufsleben Konsequenzen des Fahrverhaltens bewusst machen, Alternativen aufzeigen. Mittel: Plakate, Newsletter, TV-/V Radiosendungen, Leporello im Quartier, Veranstaltungen / Podien Beispiele: Kampagnen, z. B. „Wohnen und Arbeiten in Zürich-West - und weniger lang leben?“ Z.B. Kleber „Russpartikelfrei“ für Autos einführen.
		7.3	Kooperieren, gezielt Interessengruppen angehen	Sensibilisierung der Krankenkassen und Arbeitgeber für Gesundheitsschäden und Arbeitsausfälle infolge Feinstaub-Belastungen. Zusammenarbeit mit: Präventionsstellen der Stadtverwaltung, der Berufsschulen, des Gesundheitswesens; Autobranche; Versicherungen und Krankenkassen; Firmen, ArbeitgeberInnen und Verbänden; HauseigentümerInnen usw.
		7.4	Bilden	Weiterbildungseminare Handlungsanleitungen und Workshops für / mit PolitikerInnen, Umweltorganisationen, Firmen.

Massnahme	Reduktionspotenzial	Nr.	Mittel	Kommentar
8. Bauliche und planerische Massnahmen	10-20%	8.1	Mobilitätsminimierende Raumplanung und Siedlungsentwicklung	Auf allen politischen Ebenen sollten die Verkehrs- und damit auch die Siedlungspolitik überprüft werden, auch damit nicht immer weitere Sachzwänge geschaffen werden. Die Höhe des Verkehrsaufkommens steht in direktem Zusammenhang mit der Verteilung und Mischung verschiedener Nutzungen (Arbeitsplätze, Einkaufszentren usw.).
	5-20%	8.2	Begrenzung Strassenbau, flankierende Massnahmen	Kanton und Stadt können Strassenbaupolitik ändern. Aktuell z.B. im Rahmen der Revision des Kantonalen Richtplans Verkehr. Bau und Linienführung der Stadtautobahnen muss überprüft werden. Flankierende Massnahmen sollen mehr sein als Problemverschiebung ⁶⁾ .
	10-20%	8.3	Verbot von Schulhäusern, Spitälern etc. an höchst belasteten Lagen.	In Kenntnis der gesundheitlichen Folgen von Luftverunreinigungen und in Kenntnis der besonderen Sensibilität, sprich Gefährdung von Risikogruppen wie Kindern, Kranken oder Alten, muss verlangt werden, dass Schulen, Krankenhäuser, Altersheime usw., nicht an übermässig exponierten Lagen stehen dürfen. Das Gleiche sollte grundsätzlich auch für Wohnungen und Arbeitsplätze gelten.
	ca. 10%	8.4	Sanierung der Strassen	Verschiedene Studien zeigen, dass optimale Strassenbeläge den Strassen- und Pneumabrieb massiv reduzieren können.

a) Die ab 2006 gültigen Euro 4-Grenzwerte sind auch ohne Partikelfilter erreichbar. Ein strengerer Euro 5-Grenzwert mit Partikelfilterpflicht für Dieselpersonenwagen kommt frühestens 2010 (UREK 2003). Am 21. Dezember 2005 hat die EU-Kommission einen Vorschlag für eine Euro 5-Norm unterbreitet, welche nur mit Partikelfiltern zu erreichen wäre (<http://europa.eu.int/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/1660&format=HTML&aged=0&language=DE&guLanguage=en>).

Der Bundesrat will den Filter nicht vor der EU obligatorisch erklären, weil eine einseitige Einführung inkompatibel sei mit den internationalen Verpflichtungen (Nordmann 2005). Dagegen legt ein Rechtsgutachten vor (Weibel 2005), welches die sofortige einseitige Einführung in der Schweiz für juristisch machbar erklärt. Hängig ist ausserdem eine Motion (Postulat) von NR Doris Stump, welche verlangt, dass wenigstens alle Lastwagen mit Partikelfiltern auszurüsten seien (vgl. Stump 2005). Vgl. auch Prüfbericht zum älteren Postulat Stump von 2003: <http://www.umwelt-schweiz.ch/impria/md/content/luft/fachgebiet/d/verkehr/3.pdf>. Der Bund hat im Oktober 2005 der EU den Erlass eines Partikel-Anzahlgrenzwertes für Dieselfahrzeuge beantragt (Vermehrlassung zu Euro 5).

b) Während für die nicht motorbedingten PM10-Emissionsfaktoren – zumindest auf Ausserortsstrassen – bisher keine signifikante Abhängigkeit von der Fahrzeuggeschwindigkeit festgestellt wurde, steigen die Motoremissionen mit zunehmender Fahrzeuggeschwindigkeit an (Dünng et al. 2005: 519, nach Lohmeyer 2004). „Strassen mit sehr gutem Verkehrsfluss scheinen deutlich niedrigere nicht motorbedingte PM10-Emissionen aufzuweisen als Strassen im Bereich von Lichtsignalanlagen und dem dort auf Grund von häufigen Brems- und Beschleunigungsvorgängen vorliegenden schlechten Verkehrsfluss“ (Dünng et al. 2005: 519).

c) Vgl. auch AefU 2002a: 55.

d) Eine NFP-Studie kommt zum Ergebnis, dass Car-Pools in der Schweiz nicht erfolgsversprechend sind, weil der ÖV so gut ausgebaut ist und eine bessere Alternative darstellt.

e) Die Fraktion der Flughafen-Ausbau-Gegner im Frankfurter Magistrat haben gegen die Stadt Frankfurt eine EU-Beschwerde wegen Nichtbeachtung der seit 1.1.2005 gültigen europäischen Grenzwerte für Luftschadstoffe erhoben (vgl. NZZ 22./23.1.2005). Für andere Beispiele vgl. auch Spiegel 2005 und Deutsche Umwelthilfe o.J.

Ab Mitte 2006 kann die EU-Kommission Klagen gegen einzelne Mitgliedstaaten anstrengen, deren Luftreinhaltepläne und/oder deren Massnahmen zur Luftreinhaltung den EU-Richtlinien nicht genügen (NZZ 27.1.2006, S.17). In der Schweiz ist Greenpeace gegenwärtig daran, eine Klage vorzubereiten.

f) Auf nationaler Ebene unterhält der VCS Schweiz die Webseite www.pm10.ch

g) Vgl. SFDRS Arena 3.6.05, Transkript

http://www.sfdrs.ch/system/frame/highlights/arena/index.php?content/highlights/arena/archiv_sendung.php?docid=20050609

h) Hettlingen/ZH hat die Strasse durchs Dorf abgerissen. Innerhalb des Dorfs wurden die Immissionen radikal gesenkt. An den Emissionen hat sich aber nichts geändert, sie wurden auf die Umfahrungsstrasse durchs Naherholungsgebiet verlagert.

Anhang 1: Literatur und Websites

- AefU (2002a): Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz: Verkehr - Umwelt - Gesundheit. Broschüre, 64 S. Brig/Basel.
- AefU (2002b): Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz: Wohnen und Gesundheit. Broschüre, 104 S. Basel.
- AefU (1997): Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz: Luftverschmutzung und Gesundheit. Broschüre, 84 S. Basel.
- AefU (1995): Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz: Lärm und Gesundheit. Broschüre, 64 S. Brig/Zürich.
- AefU (o.J.): Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz: Luft ist Leben - Stopp dem Feinstaub. Leporello, 8 S.
- Alexander Langer Stiftung 2004: www.alexanderlanger.org/fondazione/a22_capitolo-4.php. Zugriff 22.9.05.
- ARE (2005): Bundesamt für Raumentwicklung: Faktenblatt Externe Kosten von Strassen- und Schienenverkehr - Überblick über die neu veröffentlichten Studien. Bern, Januar 2005.
- ARE (2004): Bundesamt für Raumentwicklung: Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz - Aktualisierung für das Jahr 2000.
- AWEL (2005): Amt des Kantons Zürich für Abfall, Wasser, Energie und Luft, Abt. Lufthygiene: Medienkonferenz vom 23.5.2005
- BUWAL (2005a): Feinstaub macht krank. Bern.
- BUWAL (2005b): Weiterentwicklung des Luftreinhaltekonzepts. Schriftenreihe Umwelt Nr. 379. Bern.
- BUWAL (2005c): PM10 - Fragen und Antworten zu Eigenschaften, Emissionen, Immissionen, Auswirkungen und Massnahmen. Bern. (per 1.12.2005 aufdatierte Version von BUWAL 2001)
- BUWAL (4/2004): Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Auch unsichtbarer Staub ruiniert die Gesundheit. Von: Peter Straehl und Klaus Kammer. In: Umwelt 4/2004, S. 28-31.
- BUWAL (3/2004): Noch zu viele Abgase in der Atemluft. In: Magazin UMWELT 3/2004; PDF, 534 KB.
- BUWAL (2004a): Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1980-2030 Schadstoffquellen - Schadstoffemissionen des Strassenverkehrs, Entwicklung 1980-2030 mit Schadstoffkarten der Luftbelastung. Schriftenreihe Umwelt Nr. 355⁵⁷. Bern.
- BUWAL (2004b): Fahrleistungen des Strassenverkehrs in der Schweiz. Arbeitsunterlage 34 von ARE und BUWAL. Bern.
- BUWAL (2004, Nov.): Resultate aus Projekt Monitoring Flankierende Massnahmen Umwelt MFM-U, 2. Verlagerungsbericht. www.umwelt-schweiz.ch/mfm-u. (zit. nach BUWAL 4/2004: 28). Bern.
- BUWAL (2003): Nachrüstung von Baumaschinen mit Partikelfiltern. Umweltmaterialien Nr. 148. Bern.
- BUWAL (2002): Verifikation von PM10-Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs
- BUWAL (2001): PM10 - Fragen und Antworten zu Eigenschaften, Emissionen, Immissionen, Auswirkungen und Massnahmen. Bern.
- BUWAL (2000): Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1950-2020⁵⁸. Nachtrag zum Bericht Nr. 255. Bern.
- BUWAL (1995): Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1950-2010. Bericht Nr. 255.
- Deutsche Umwelthilfe (o.J.): Deutsche Umwelthilfe klagt. Zu hohe Feinstaub-Belastung in Berlin. Keine weiteren Angaben.
- DRS 1 (5.4.2005) Thema PM10: Ein Beitrag von Edith Gilman, Espresso, 8.15 Uhr.

⁵⁷ Der Bericht zeigt auf, dass die Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs weiter zurückgehen werden, jedoch langsamer als bisher angenommen.

⁵⁸ Der Bericht "Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1950 - 2020 Nachtrag" wurde auf der Basis zahlreicher Arbeitsunterlagen (AU) ausgearbeitet. Sie sind entweder in deutscher oder englischer Sprache publiziert, siehe website: www.umwelt-schweiz.ch/buwal/ de

- Düring, Ingo; Rauterberg-Wulff, Annette und Richard, Jochen (2005): Verkehrsbedingte Feinstaubbelastungen in Städten - Ursachen, Minderungsmöglichkeiten und Wissensdefizite. Strassenverkehrstechnik 10.2005.
- Electrowatt Engineering (2001): Massnahmen zur Reduktion von PM10-Emissionen. BUWAL Umweltmaterialien, Bern.
- EMPA (2001): Anteil des Strassenverkehrs an den PM10- und PM2.5-Immissionen - Chemische Zusammensetzung des Feinstaubes und Quellenzuordnung mit einem Rezeptormodell, Report C4 des NFP41. Autor: Christoph Hügli. EDMZ, CH-3003 Bern.
- Gehr, Peter (2005): Feinstaub - Nanopartikel als potentielles Risiko. In: Mediendokumentation SP zu Feinstaub und Ozon vom 19.7.2005.
- Hitchins, J., Morawska, L., Wolff, R., Gilbert, D. (2000): Concentrations of submicrometre particles from vehicle emissions near a major road. Atmospheric Environment 34 (2000) 51–59.
- IGW Plus (2004): IG Westtangente Plus: Die Zürcher Westtangente. Broschüre. 16 Seiten. Zürich.
- Kt. ZH (2002, Juni): Kanton Zürich: Luft-Programm, Ergänzung 2002. Baudirektion, AWEL Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft. (Nachtrag PM10). Zürich.
- Kt. ZH (1996): Kanton Zürich: Luft-Programm 1996. Luft-Programm für den Kanton Zürich - Massnahmenplan Lufthygiene. Direktion der öffentlichen Bauten, Amt für technischen Anlagen und Lufthygiene. Zürich.
- Kt. ZH (1989): Kanton Zürich: Massnahmenplan Lufthygiene - Bericht. Fassung zur Vernehmlassung. Direktion der öffentlichen Bauten, Amt für technischen Anlagen und Lufthygiene. Zürich.
- Krebsliga Schweiz (o.J.): Dokumentationsmappe. Keine weiteren Angaben.
- Künzli, N. et al. (2001): Assessment of death attributable to air pollution: should we use risk estimates based on time series or on cohort studies? American Journal Epidemiol 153 2001; 1050-1055.
- Lungenliga Schweiz (o.J.): Luftverschmutzung - Prävention. 22-seitige Broschüre, Bern.
- Mayer, Andreas et al. (2005): Elimination of Engine Generated Nanoparticles. Haus der Technik Fachbuch. Expert Verlag. Renningen.
- Medienservice (2001): Die Luftverschmutzung kostet europaweit Menschenleben. 1.6.2001. www.ch-forschung.ch/index.php?artid=105, download 20.7.05.
- New York Times (2005): Pollution Is Linked to Fetal Harm. Nach Journal Cancer Epidemiology Biomarkers and Prevention, zit. in New York Times, 16.2.2005.
- NZZ 27.1.2006: Keine Feinstaub-Abnahme in Deutschland. S. 17.
- NZZ 17.5.05: Feinstaub - auch in der Schweiz ein Problem. S. 9.
- NZZ 15.4.05: WHO fordert Massnahmen gegen Feinstaub. S. 19.
- NZZ 1.4.05: Grosse Aufregung um den feinen Staub. S. 7.
- NZZ 22./23.1.2005: Beschwerde gegen Frankfurt wegen hoher Feinstaub-Werte. S. 19.
- Nordmann, Roger (2005): Gesundheit und Umwelt sind wichtiger als das Geschäft: Partikelfilter für Dieselmotoren müssen obligatorisch werden. In: Mediendokumentation SP zu Feinstaub und Ozon vom 19.7.2005.
- PUSCH (2005): Praktischer Umweltschutz Schweiz: Luftreinhaltepolitik beim Strassenverkehr - Agglomerationsverkehr. Publikumsintensive Einrichtungen. Partikelfilter. Thema Umwelt 1/2005⁵⁹.
- PUSCH (o.J.): Praktischer Umweltschutz Schweiz: VGL-Information 3/98, Schwerpunkt: Macht uns die Umwelt krank?
- PUSCH (o.J.): Praktischer Umweltschutz Schweiz: Verkehr - Grundlagenkurs für Gemeinden. Unterlagen.
- Rapp, Regula (2005): Persönliche Kommunikation
- Rauterberg-Wulff, A. und Israel, G.W. (1995): Bestimmung des Beitrags von Reifenabrieb zur Russimmission an stark befahrenen Strassen. In: VDI Berichte, Nr. 1228, 1995, S. 81 - 92. Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf.

⁵⁹ Das Dossier basiert auf den Referaten der Tagung „Aktuelle Luftreinhaltepolitik beim Strassenverkehr“, die PUSCH am 2. März 2005 in Zürich durchgeführt hat.

- Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (2004):
www.obsan.ch/monitoring/statistiken/4_1_2/2000/d/412.pdf. Nov. 2004. Zugriff, 22.9.05.
- Seethaler R. (1999): Health costs due to road traffic-related air pollution, an impact assessment project of Austria, France and Switzerland. UVEK, Bern.
- Sommer, Hansjörg (2005): Persönliche Kommunikation
- Spiegel (2005): Die unsichtbare Gefahr - Das Feinstaub-Gespens (Titelstory), S. 78-94, Heft 14, 4.4.2005.
- Stadt Zürich (2005): Umweltbericht 2005. Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ).
- Stadt Zürich (2003): Luftbilanz Stadt Zürich. Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ). (Leporello).
- Stadt Zürich (2000): Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ): Luftbilanz 2000 (Darin u.a. das Kapitel Feinstaub PM10.)
- Stadtrat von Zürich (2005a): Antwort des Stadtrates auf die Schriftliche Anfrage GR Nr. 2005/153 von Franziska Graf Wüthrich und 2 Mitunterzeichnenden betreffend Feinstaub, Gesundheitskosten. Auszug aus dem Protokoll des Stadtrates von Zürich vom 13.7.2005.
- Stadtrat von Zürich (2005b): Antwort des Stadtrates auf die Interpellation GR Nr. 2005/263 von Bruno Amacker betreffend Feinstaub, Bekämpfung. Auszug aus dem Protokoll des Stadtrates von Zürich vom 21.12.2005.
- Straehl, Peter (2006): 'Warum befassen wir uns mit dem Feinstaub? Vortrag gehalten an der Feinstaub Konferenz der EMPA am 20.1.2006
- Straehl, Peter (2005): Persönliche Kommunikation
- Straehl, Peter (2003): Kanzerogene Luftschadstoffe in der Schweiz. Master Thesis, Universitäten Basel, Bern und Zürich. Konolfingen.
- Stump, Doris (2005): Weitere Aktivitäten der SP Schweiz zur Verminderung des Feinstaubausstosses in der Schweiz. In: Mediendokumentation SP zu Feinstaub und Ozon vom 19.7.2005.
- Tagblatt (20.9.05): Ein autofreier Sonntag für Zürich, S.1
- UGZ (2006): Schriftliche Mitteilung des Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich vom 2. Februar, 2006.
- UGZ (2005): Schriftliche Mitteilung des Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich vom 15.7.05.
- UREK (2003): Motion 03.3572 'Vermeidung von Russpartikeln bei Dieselmotoren'. Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie NR (UREK-NR)
http://www.parlament.ch/afs/data/d/gesch/2003/d_gesch_20033572.htm.
- VCS-Magazin (März 2005): VCS-Auto-Umweltliste, Leonardo Spezial, Nr. 2.
- VCS-Magazin (7/2004): VCS-Kampagne für saubere Busse.
- VCS (o.J.): Kein Diesel ohne Filter. Broschüre.
- Weibel, Rainer (2005): Rechtsgutachten zur Vereinbarkeit einer Partikelfilterpflicht für alle neuen Dieselpersonenwagen ab 1. Januar 2006 mit den WTO und EU-Abkommen. Erstellt im Auftrag des VCS Schweiz. Bern.
- WHO (2000): Transport, Environment and Health. Edited by C. Cora and M. Philipps. WHO regional publications. European Series, No. 89. Copenhagen.
<http://www.euro.who.int/document/e72015.pdf>
- Wyss, Ursula (2005): Feinstaub und Ozon: Massnahmen ergreifen. In: Mediendokumentation SP zu Feinstaub und Ozon vom 19.7.2005.
- Zihlmann, Urs (2005): Dieselmotoren und die Luftqualität. In: PUSCH, Praktischer Umweltschutz Schweiz (2005): Luftreinhaltepolitik beim Strassenverkehr - Agglomerationsverkehr. S. 8f.

Websites zum Thema PM10 / Feinstaub

APHEIS 2005: Air pollution and Health: A European Information System. Monitoring the Effects of Air Pollution on Health. www.apheis.net/

Arbeitskreis Partikel-Filter-Systemhersteller: www.akpf.org

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz: www.aefu.ch -> Themen -> Feinstaub

Bau.umwelt: www.baupunktumwelt.ch -> Luft -> FAQ

- BfG, Bundesamt für Gesundheit, Fachstelle Gesundheit und Umwelt (...): Schwerpunkt Mobilität und Wohlbefinden. Website mit weiterführenden Links.
http://www.apug.ch/d/apug/mobilitaet_1_2.phpsite
- BFS (2005): Bundesamt für Statistik: Von übermässigen Immissionen betroffene Personen: Website mit weiterführenden Links: [www.bfs.admin.ch](http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/systemes_d_indicateurs/indicateur_de_developpement/thematisch.indicator.72101.html),
http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/de/index/themen/systemes_d_indicateurs/indicateur_de_developpement/thematisch.indicator.72101.html
- BUWAL (2005): Luftbelastung, Schadstoffkarten: Interaktive Immissionskarten zu Ozon (O₃), Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2.5}), Stickstoffdioxid (NO₂), Benzol, Ammoniak (NH₃), Stickstoff-Deposition, Schwefeldioxid. Interaktive Emissionskarten: Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2.5}), Stickoxide (NO_x), Ammoniak (NH₃)
www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_luft/luftbelastung/karten/
www.umwelt-schweiz.ch/luft -> Schadstoffe -> Feinstaub
- California Air Resources Board: <http://www.arb.ca.gov/research/aaqs/caaqs/pm/pm.htm>
- Cerclair: www.cerclair.ch -> Luftqualität
- DieselNet: www.dieselnet.com
- EMPA: Eidgenössische Materialprüfungsanstalt, www.empa.ch
- Energie Schweiz: www.energieetikette.ch
- ETH Zürich: Laboratorium für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme, u.a. auch mit Konferenz zu Nanopartikeln.
http://www.lav.ethz.ch/nanoparticle_conf/former_conference/8th_nanoparticles/program
- Euractiv EU News, Policy Positions and EU actors online: Euro 5 emission standards for cars.
www.euractiv.com/Article?tcmuri=tcm:31-137720-16&type=LinksDossier. Zugriff 20.9.05.
- Handbuch E-Faktoren des Strassenverkehrs: www.hbefa.net
- International Healthy Cities Foundation⁶⁰: www.healthycities.org/
- Die-Luft. Innerschweizer Umweltfachstellen. www.die-luft.ch
- Ostluft Vereinigung der ostschweizerischen kantonalen Fachstellen für Luftreinhaltung Tageswerte, Monatsmittel, Tabellen und Karten für Ozon, NO_x und PM₁₀, www.ostluft.ch/ (wird laufend aktualisiert):
- Sapaldia: www.sapaldia.ch
- Schweizerische Krebsliga (2004): Dieselpartikel - Luftschadstoff Nr. 1. Dokumentation.
http://www.lebensmittelkontrolle.ch/NEU_06NOV02/Umweltschutz/Luft/Dieselpartikel%20Luftschadstoff%20Nr.pdf, www.swisscancer.ch/dt
- Schweizerisches Gesundheitsobservatorium (2004):
www.obsan.ch/monitoring/statistiken/4_1_2/2000/d/412.pdf. Nov. 2004, Zugriff, 22.9.05
- SUVA: www.suva.ch -> Suchbegriff -> Partikelfilter
- UGZ (2004): Umwelt- und Gesundheitsschutz Stadt Zürich
http://www3.stzh.ch/internet/ugz/home/fachbereiche/luftqualitaet/schadstoffe/feinstaub_pm10/pm10-karte.html 15.7.2005. (www.zueri-luft.ch)
- Umtec: www.umtec.ch -> Forschung
- WHO. Healthy Cities Programme: www.euro.who.int/healthy-cities

Verzeichnisse von weiteren Websites zum Thema

BUWAL 4/2004: 31

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz 2002a: 61

Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz 2002b: 76

⁶⁰ This is a place where people interested in addressing urban and community issues along with concerns with health and quality of life issues in their communities can join and share information.

Verzeichnis konsultierter Fachleute

Dr. Heike Grossmann, Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz
Ueli Keller, Architekt, Vorstand Schweizerischer Verband für Wohnungswesen
Dr. Christian Leuenberger, Leuenberger Energie- und Umweltprojekte, Zürich
Dr. Regula Rapp, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Universität Basel
Dr. Toni Reichmuth, Ärztinnen und Ärzte für Umweltschutz
Susanne Schlatter, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich, Abteilung Umwelt, Fachbereich Labor
Dr. Hansjörg Sommer, AWEL, Kanton Zürich
Dr. Peter Straehl, BAFU / BUWAL
Dr. Alain Thierstein, Professor Technische Universität München
Rainer Weibel, Anwalt

Zusammensetzung des ‚Runden Tisches Feinstaub‘

ÄrztInnen für Umweltschutz, Regula Gysler
Fussverkehr Schweiz, Thomas Schweizer
Greenpeace Schweiz, Cyrill Studer
Greenpeace Regionalgruppe Stadt Zürich, Urs Meyer
Zentrum Sustainability, Markus Kunz
IG 22.9., Edward Kessler
IG Velo, Monika Hungerbühler
IG Westtangente, Ines Schlienger
Krebsliga Zürich, Dorothe Alb
Lungenliga Zürich, Robert Zuber, Regina Bulgheroni
Pusch, Ion Karagounis, Karin Schweiter
Stadt Zürich, Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ), Susanne Schlatter
Schweizerischer Verband für Wohnungswesen SVW, Sektion Zürich, Ueli Keller
VCS Schweiz, Elena Hauser-Strozzi
VCS ZH. Markus Knauss
Hamasil Stiftung, Martin Seiz
INURA Zürich Institut, Richard Wolff

Anhang 2: Aktuelle Forschung und Konferenzen

APHEIS 2005: Air pollution and Health: A European Information System. Monitoring the Effects of Air Pollution on Health. Created in 1999, the Apheis programme is co-funded by the EC's Directorate General of Health and Consumer Protection and by Apheis' partners. The Apheis programme is coordinated by Institut de Veille Sanitaire (InVS) in Saint-Maurice, France and by Agencia Municipal de Salut Pública de Barcelona (AMSPB) in Spain. www.apheis.net/

ARE: Bundesamt für Raumentwicklung: Externe Gesundheitskosten durch verkehrsbedingte Luftverschmutzung in der Schweiz (siehe Literaturverzeichnis, oben sowie Stadtrat 2005a: 3, der daraus zitiert).

BRISKA, Basler Risikostudie Aussenluft: Die Studie BRISKA (Basler Risikostudie Außenluft) ist ein Projekt der Stiftung MGU (Mensch-Gesellschaft-Umwelt) und wird vom Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BAFU / Buwal) finanziell wesentlich unterstützt. Die Studie wird vom Lufthygieneamt beider Basel, dem Institut für Sozial- und Präventivmedizin (Universität Basel) und dem Institut für Hygiene und Arbeitsphysiologie (ETH Zürich) gemeinsam durchgeführt. Hauptziel ist eine genaue Analyse der Luftschadstoffbelastung in der Stadt Basel und die Abschätzung des daraus resultierenden Gesundheitsrisikos.

- Umfassende Zusammenfassung der Studie: http://www.unibas.ch/ispmb/pdf/briska_s.pdf
- Bericht 'Analyse der Immissionsmessungen': <http://www.unibas.ch/ispmb/pdf/briska1.pdf>
- Bericht 'Abschätzung der kanzerogenen und nicht-kanzerogenen Gesundheitsrisiken': <http://www.unibas.ch/ispmb/pdf/briska2.pdf>

ECRHS II: Im Rahmen der Studie ECRHS II (European Community Respiratory Health Survey II), die von der Universität Basel koordiniert wird, wird erstmals in 25 europäischen Zentren gleichzeitig PM_{2.5} gemessen. Das primäre Ziel des Projekts ist die Abschätzung von Inzidenz, Verlauf und Prognose respiratorischer Erkrankungen, speziell Asthma. Neu werden in der Air Pollution Uni Basel auch die Umwelteinflüsse, insbesondere die der Luftverschmutzung, auf die respiratorische Gesundheit untersucht (siehe <http://pages.unibas.ch/ispmb/forsch/>).

Projektverantwortung am Institut der Universität Basel: C. Braun.

EXPOLIS: Air pollution exposure distributions within adult urban populations in Europe. In Zusammenarbeit mit Universität Basel. www.ktl.fi/expolis/expolis2000/2.html

MFM-U: Ein Forschungsprojekt, das untersucht, welche Umwelteinflüsse die Erhöhung der Gewichtslimiten für Lastwagen auf Schweizer Strassen bei gleichzeitiger Anhebung der LSVA hat, und wie sich die Anstrengungen für die Verlagerung des Transitgüterverkehrs auf die Schiene auswirken. Projekt Monitoring Flankierende Massnahmen Umwelt MFM-U, www.umwelt-schweiz.ch/mfm-u. (nach BUWAL 4/2004: 28).

Nanopartikel: Jährlich findet an der ETH Zürich eine Konferenz zu Nanopartikeln statt. Vom 16.-18.8.2004 war es die 8th ETH Conference on Combustion Generated Nanoparticles, bei der auch auf den Zusammenhang zwischen Nanopartikeln und Parkinson hingewiesen wurde. Im Jahr 2005 vom 15. - 17. August: 9th ETH-Conference on Combustion Generated Nanoparticles.

Kontakt: Laboratorium für Aerothermochemie und Verbrennungssysteme, ETH Zürich

http://www.lav.ethz.ch/nanoparticle_conf/

PATY: Pollution and the Young: Combined studies of respiratory health of children and air pollution. Internationales Projekt im Rahmen des 5. Forschungsprogramms der EU, in der Schweiz finanziert vom BBW (Bundesamt für Bildung und Wissenschaft).

Das Projekt setzt sich zum Ziel die Wirkung von Luftschadstoffen auf die Gesundheit von Kindern zu untersuchen und insbesondere der Frage nachzugehen, ob sensitive Untergruppen von Kindern existieren. Für die Analysen wird auf 8 bereits durchgeführte internationale Studien von hoher wissen-

schaftlicher Qualität zurückgegriffen, u. a. auf die Schweizer Studie SCARPOL. Somit stehen Gesundheits- und Umweltdaten von 58'000 Kindern aus 133 Studienregionen in 12 Ländern für die Analyse zur Verfügung. Gemeinsamkeiten und Unterschiede in den gesundheitlichen Auswirkungen von Luftschadstoffen in den einzelnen Ländern werden mit neuen statistischen Verfahren untersucht.

Das Projekt wird von der London School of Hygiene and Tropical Medicine, London, koordiniert.

Kontaktperson: C. Braun-Fahrländer, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Uni Basel.

SAPALDIA: An der Uni Basel findet auch die SAPALDIA-Nachfolgeuntersuchung statt. In diesem Rahmen werden ab 2001 ca. 1'000 Baslerinnen und Basler, welche bereits vor 10 Jahren an den beiden Studien teilgenommen haben, erneut untersucht. Wie bereits 1991 steht eine systematische Befragung, Lungenfunktionstests sowie Allergietests im Mittelpunkt. Im Rahmen von SAPALDIA werden zudem Herzkreislaufuntersuchungen angeboten (Blutdruck, Herzrhythmusvariabilität) (siehe www.sapaldia.ch und <http://pages.unibas.ch/ispmbbs/forsch/>).

Projektverantwortung am Institut: Ursula.Ackermann-Liebrich@unibas.ch

SCARPOL-Studie: Swiss Study on Childhood Allergy and Respiratory Symptoms with respect to Air Pollution, Climate and Pollen. SCARPOL ist eine Studie an Schulkindern der ersten, vierten und zehnten Klassen in 10 Gemeinden der Schweiz, deren schulärztliche Untersuchungen bis 2001 periodisch ausgewertet wurden. Diese Studienresultate wurden 2005 publiziert (Bayer-Oglesby et al. *Environ Health Perspect* 2005; 113 (11): 1632-1637). Siehe auch www.aramis-research.ch/d/2551.html

Harvard-Sechs-Städte-Studie: In einer epidemiologischen Langzeituntersuchung mit mehreren tausend Personen in den USA (Harvard-Sechs-Städte-Studie) lag die Gesamtsterblichkeit in der am höchsten mit PM10 belasteten Stadt (PM10-Jahresmittelwert $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$) um 26% höher als in der am wenigsten belasteten Stadt ($18 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (Stadtrat 2005a: 2).