

# Feinstaub und Gesundheit





# Feinstaub und Gesundheit

## Gesundheitsrisiko Feinstaub

Eine große Anzahl von Studien belegt, dass Feinstaub mit seinen negativen gesundheitlichen Auswirkungen auf die Atemwege und das Herz-Kreislauf-System als das derzeit wichtigste lufthygienische Problem anzusehen ist. Je höher die Feinstaub-Belastung ist, desto



höher ist auch das Erkrankungs- bzw. Sterberisiko. Eine Auswertung des österreichischen Umweltbundesamtes hat für Österreich eine Verminderung der durchschnittlichen Lebenserwartung um rund acht Monate ergeben. Kinder zählen mit älteren Erwachsenen und Personen mit Vorerkrankungen zu den besonders empfindlichen Gruppen. Da sich keine Konzentrationsgrenze ableiten lässt, unterhalb derer gesundheitliche Auswirkungen ausgeschlossen werden können, ist jede Verringerung der Feinstaub-Belastung eine Verbesserung der Gesundheitssituation der Bevölkerung. Die vorliegende Broschüre enthält Informationen zum Feinstaub allgemein aber auch konkrete Tipps für jede/n Einzelne/n zur Minimierung der Feinstaub-Belastung.

A handwritten signature in black ink, which appears to read 'W. Schantl'. The signature is fluid and cursive.

LR Wolfgang Schantl  
Gesundheitsreferent des Landes Kärnten

## Kärnten sagt Feinstaub den Kampf an

Kärntens Luftgütemessnetz zählt zu den besten in Europa. Mit wissenschaftlicher Unterstützung durch das Bundesumweltamt und die Technischen Universitäten Wien und Graz wird dem Feinstaub mit umfangreichen Maßnahmen massiv zu Leibe gerückt. Wie komplex das Thema ist, zeigt die Tatsache, dass selbst in Naturgebieten fernab von Industrie und Straßenverkehr – wie etwa der Haimburger Au oder im Naturpark Neusiedler See – Feinstaubbelastungen gemessen werden. So spielen neben den Emissionen aus Straßenverkehr, Hausbrand, Industrie und Gewerbe auch geografische und meteorologische Bedingungen eine wichtige Rolle. Feinstaub ist in Kärnten kein Ganzjahresproblem sondern tritt vor allem in Wintermonaten in Städten mit Kessellage bei Windstille und Inversionswetterlage auf. Mit maßgeschneiderten Maßnahmen beim Hauptverursacher Straßenverkehr konnten in Klagenfurt bereits im Vorjahr beachtliche Erfolge bei der Feinstaubreduktion erzielt werden. Die Förderung von Öko-Energie und Wärmedämmung sowie der Ausbau der Fernwärme wird die Feinstaubproduktion weiter reduzieren. Jeder Einzelne kann einen Beitrag dazu leisten. Tipps gibt es in dieser Broschüre.



Foto: Petra Spiola

A handwritten signature in black ink, reading 'Reinhard Rohr'. The signature is fluid and cursive, with the first name 'Reinhard' being more prominent than the last name 'Rohr'.

LR Reinhard Rohr  
Energie- und Umweltreferent des Landes Kärnten

## Feinstaub – das derzeit vordringlichste lufthygienische Problem

Die gesundheitlichen Folgen der Luftverunreinigung durch Feinstaub sind schon seit Jahren wissenschaftlich ausreichend nachgewiesen und gut belegt. Selbst bei heutzutage üblichen Belastungen an Feinstaub finden sich nahezu lineare Zusammenhänge mit Beeinträchtigungen des Schwangerschaftsverlaufes, entzündlichen Veränderungen der Atemwege (Bronchitis, Asthmaanfälle), verminderter Lungenfunktion, akuten Mittelohrentzündungen, Schädigung des Herz-Kreislauf-Systems bis zum Herzinfarkt und höherer Sterblichkeit.

Neben chemischen Eigenschaften ist besonders die Partikelgröße für die Ausprägung gesundheitlicher Effekte von Bedeutung, wobei feine ( $PM_{2,5}$ ) und insbesondere ultrafeine Partikel ( $PM_{0,1}$ ), die vorwiegend von Verbrennungsvorgängen stammen, ein höheres Schädigungspotential besitzen. Die ultrafeinen Partikel dienen chemisch aktiven Substanzen als Transport-Vehikel und können bis in die Lungenbläschen vordringen, dort entzündliche Prozesse hervorrufen bzw. weiter in die Blutbahn gelangen und Schädigungen im gesamten Organismus bewirken. Erdkrustenpartikel, die vom Wind verweht werden, tragen dagegen wahrscheinlich sehr wenig zu Gesundheitseffekten bei.

Die zahlreichen konsistenten Studienergebnisse zur Wirkung von Feinstaub waren die Basis für die Festlegung von EU- bzw. nationalen Grenzwerten zum langfristigen Schutz der menschlichen Gesundheit. Die bislang nur für die grobe Feinstaubfraktion  $PM_{10}$  bestehenden Grenzwerte (in Österreich gültig seit 7.7.2001) werden auch in Kärnten immer wieder und zum Teil deutlich überschritten. Das EU-Parlament hat nunmehr die Feinstaub-Bestimmungen entschärft, indem eine Erstreckung der Übergangsfristen zur Einhaltung der geltenden  $PM_{10}$ -Grenzwerte bis Ende 2011 eingeräumt wird. Ab 2015 soll es jedoch auch für  $PM_{2,5}$  eine verbindliche Obergrenze geben. Inwieweit diese Vorgehensweise dem Gesundheitsproblem Feinstaub gerecht wird sei dahingestellt.

Die Broschüre soll dazu beitragen, das Bewusstsein in der Öffentlichkeit dahingehend zu schärfen, dass Feinstaub in der Umgebungsluft eine reale Gesundheitsgefährdung besonders für Kinder, ältere Personen und solche mit schwerwiegenden Vorerkrankungen darstellt, über die Hauptemittenten Verkehr, Hausbrand und Industrie weite Verbreitung findet und die ohnehin große Häufigkeit von Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen in der Bevölkerung zusätzlich ungünstig beeinflusst.

Die Besonderheit des Risikofaktors Feinstaub ergibt sich aus der enormen Anzahl von Menschen, die durch ihn beeinträchtigt werden können, sofern angemessene Maßnahmen zur Reinhaltung der Luft nicht adäquat umgesetzt werden. Aufgrund der linearen Zusammenhänge zwischen Exposition und gesundheitlicher Wirkung und in Hinblick auf das Fehlen eines Schwellenwertes der Wirkung, dient jede Reduktion der Feinstaubbelastung der menschlichen Gesundheit.

Aus umweltmedizinischer Sicht sind daher dringend nachhaltige Maßnahmen zur deutlichen Verringerung der Emission grober, feiner und ultrafeiner Partikel aus allen relevanten Quellen zu fordern.



Dr. Elisabeth Oberleitner

Leiterin des UA Umweltmedizin und Gesundheitsförderung

# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Was ist Feinstaub?</b>	<b>8</b>
1.1	Grenzwerte für Feinstaub	
1.2	Größenordnungen	
1.3	Zusammenfassung	
<b>2.</b>	<b>Wie entsteht Feinstaub?</b>	<b>12</b>
2.1	Verursacher	
2.2	Zusammenfassung	
<b>3.</b>	<b>Messung von Feinstaub</b>	<b>16</b>
3.1	Österreichisches Messnetz	
3.2	Zusammenfassung	
<b>4.</b>	<b>Die chemische Zusammensetzung von Partikeln</b>	<b>20</b>
4.1	Zusammenfassung	
<b>5.</b>	<b>Woher stammt der Feinstaub, den wir einatmen?</b>	<b>24</b>
5.1	Regionale Belastung	
5.2	Europäischer Vergleich	
5.3	Zusammenfassung	
<b>6.</b>	<b>Wetterlage und Staubverfrachtung</b>	<b>28</b>
6.1	Belastung im Winter und in der Nacht am größten	
6.2	Täler und Becken besonders betroffen	
6.3	Zusammenfassung	



<b>7.</b>	<b>Gesundheitliche Auswirkungen von Feinstaub</b>	<b>30</b>
7.1	Teilchengröße und ihre gesundheitliche Bedeutung	
7.2	Gesundheitliche Effekte	
7.2.1	Risikogruppe Kinder	
7.2.2	Quantifizierung der Gesundheitsfolgen	
7.2.3	Gesundheitlicher Nutzen durch Feinstaub-Reduktion	
7.3	Zusammenfassung	
<b>8.</b>	<b>Wie kann man die Wirkung von Feinstaub untersuchen?</b>	<b>38</b>
8.1	Zusammenfassung	
<b>9.</b>	<b>Was wissen wir über Nanopartikel?</b>	<b>42</b>
9.1	Zusammenfassung	
<b>10.</b>	<b>Lässt sich die Feinstaubkonzentration senken?</b>	<b>46</b>
10.1	Was kann jede/r Einzelne tun?	
10.2	Übersicht über wichtige Maßnahmen zur Feinstaub-Reduktion bei den hauptsächlichen Verursachergruppen	
<b>11.</b>	<b>Feinstaubmessung in Kärnten</b>	<b>52</b>
11.1	Messnetz	
11.2	Ergebnisse	
<b>12.</b>	<b>Maßnahmen zur Senkung der Feinstaubbelastung in Kärnten</b>	<b>58</b>

# 1. Was ist Feinstaub?

- Feinstaub ist eine Sammelbezeichnung für Partikel, die kleiner als 10 µm (1 µm ist ein Tausendstel Millimeter) sind
- Feinstaub ist normalerweise ein Gemisch von Partikeln unterschiedlicher Größe und Herkunft

Seit einigen Jahren ist die Feinstaubproblematik in den Mittelpunkt der europäischen und österreichischen Luftreinhaltepolitik gerückt. Ausschlaggebend dafür war, dass einerseits rechtlich verbindliche Grenzwerte für diesen Schadstoff festgesetzt wurden, die an zahlreichen Messstellen in Österreich überschritten werden. Andererseits legen neuere Auswertungen über die Auswirkungen von Luftschadstoffen in Österreich und Europa nahe, dass die durch Schwebestaub verursachten Gesundheitseffekte erheblich sind.

Feinstaub ist eine Sammelbezeichnung für sehr kleine Teilchen, die in der Luft schweben. Im englischen Sprachgebrauch wird dafür der Begriff „particulate matter“ (PM) verwendet.

Im Gegensatz zu gasförmigen Luftverunreinigungen wie Ozon oder Schwefeldioxid ist Feinstaub ein komplexes und heterogenes Gemisch aus festen und flüssigen Teilchen. Diese unterscheiden sich in ihrer Größe, Form, Farbe, chemischen Zusammensetzung, in ihren physikalischen Eigenschaften und in ihrer Herkunft.

## 1.1 Grenzwerte für Feinstaub

Die Feinstaub-Grenzwerte sind zum Schutz der Gesundheit festgelegt. Die Feinstaubbelastung und die Einhaltung der Grenzwerte werden über das Luftgütemessnetz, das von den Ämtern der Landesregierungen und dem Umweltbundesamt betrieben wird, kontinuierlich erhoben.

Tabelle 1: Grenzwerte für die Feinstaubbelastung gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft.

Konzentration in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mittelungszeit
50	Tagesmittelwert; darf nicht mehr als 30-mal pro Kalenderjahr überschritten werden (ab 2010: 25-mal).
40	Jahresmittelwert

## 1.2 Größenordnungen

Ein wesentliches Kriterium für die Charakterisierung von Feinstaub ist die Größe der Teilchen. Der menschliche Atemtrakt filtert grobe Teilchen bereits zum Großteil im Rachenraum und im Kehlkopf aus der Atemluft. Nur Teilchen mit einem Durchmesser von etwa  $10\ \mu\text{m}$  (Mikrometer; ein Mikrometer ist ein Tausendstel Millimeter) – daher die Bezeichnung  $\text{PM}_{10}$  – gelangen über den Kehlkopf hinaus in die Lunge, noch kleinere Teilchen (kleiner etwa  $2,5\ \mu\text{m}$ ) gelangen bis in die Lungenbläschen. Die Messgeräte zur Bestimmung der Staubkonzentration in der Luft wurden dieser Charakteristik angepasst. (So ist bei der Messung von  $\text{PM}_{10}$  (Feinstaub) vorgesehen, die Hälfte der Teilchen mit einem Durchmesser von  $10\ \mu\text{m}$  zu erfassen, einen höheren Anteil kleinerer Teilchen und einen niedrigeren Anteil größerer Teilchen.)

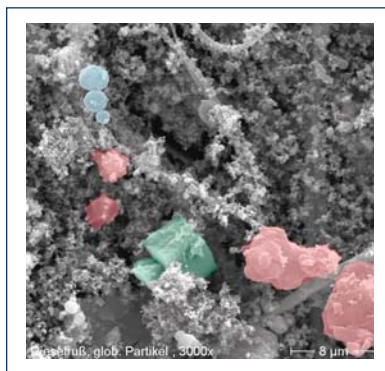


Abbildung 1: Durch ein Elektronenmikroskop betrachteter Feinstaub. Deutlich sichtbar ist die uneinheitliche Zusammensetzung von Feinstaub.

Analog dazu umfasst  $PM_{2,5}$  im Wesentlichen alle Partikel kleiner gleich ( $\leq$ )  $2,5 \mu\text{m}$ . Die Staubfraktion, die auch Teilchen größer als ( $>$ )  $PM_{10}$  beinhaltet, wird als Gesamtschwebestaub (total suspended particulates = TSP) bezeichnet. Ultrafeine Partikel umfassen Partikel kleiner gleich  $0,1 \mu\text{m}$ .

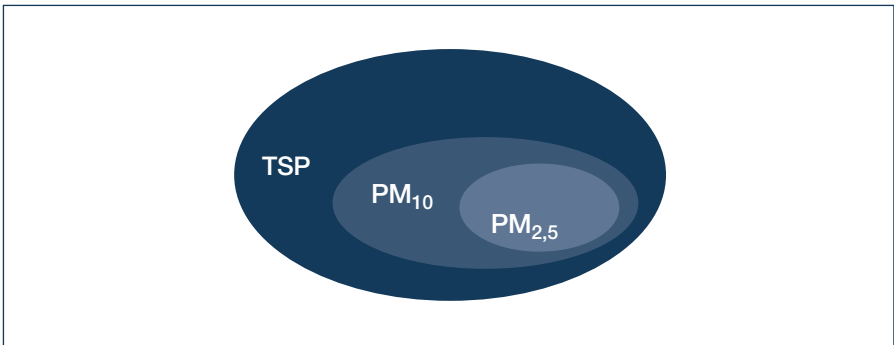


Abbildung 2: Der Gesamtschwebestaub (TSP) umfasst alle luftgetragenen Staubteilchen. Feinstaub ( $PM_{10}$ ) ist eine Teilmenge von TSP und bildet die nächstkleinere Größenordnung. Noch kleiner ist  $PM_{2,5}$  – eine Teilmenge von  $PM_{10}$ .

## 1.3 Zusammenfassung

Feinstaub ist ein komplexes und heterogenes Gemisch aus festen und flüssigen Teilchen, die sich in ihrer Größe, Form, Farbe, chemischen Zusammensetzung, in ihren physikalischen Eigenschaften und in ihrer Herkunft unterscheiden. Der Sammelbegriff Feinstaub umfasst Staubteilchen mit einem Durchmesser von kleiner gleich  $10 \mu\text{m}$  ( $PM_{10}$ ) und solche mit einem Durchmesser von kleiner gleich  $2,5 \mu\text{m}$  ( $PM_{2,5}$ ). Diese Teilchen sind klein genug, um beim Atmen über den Kehlkopf hinaus in die Lunge zu gelangen.



## 2. Wie entsteht Feinstaub?

- Feinstaub hat viele unterschiedliche Quellen; die besonders kleinen Partikel stammen oft aus Verbrennungsprozessen

Feinstaub kann entweder unmittelbar in die Luft emittiert (freigesetzt) werden (primäre Partikel) oder aus Vorläufersubstanzen durch chemische Reaktionen in der Luft entstehen (sekundäre Partikel). Die wichtigsten Vorläufersubstanzen sind Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid, Ammoniak und flüchtige organische Verbindungen wie z. B. Lösungsmittel oder flüssige Treibstoffe. Sekundäre Partikel, die durch chemische Reaktionen in der Luft gebildet werden, sind in der Regel sehr klein (kleiner als 1 µm).

Primäre Partikel können durch Aktivitäten und Tätigkeiten von Menschen (anthropogene Quellen) oder aus natürlichen Quellen freigesetzt werden.

Tabelle 2: Typische Größenverteilung der Partikel je nach Quelle.

Quellen		Größe der Partikel in µm
Anthropogen	Stationäre Verbrennung	0,005 bis 2,5
	Verkehr: Abgase	0,005 bis 0,1
	Verkehr: Abrieb und Aufwirbelung	größer 1
	Industrielle Prozesse	0,005 bis 2,5
	Schüttgutumschlag	10 bis 150
	Zigarettenrauch	0,02 bis 10
Natürlich	Bodenerosion	1 bis 150
	Sandstürme	1 bis 150
	Vulkane	0,005 bis 150
	Meersalz-Aerosole	1 bis 20
	Biogene Stäube (Pollen, Schimmelpilze, Milbenexkreme, ...)	2 bis 50

## 2.1 Verursacher

In Österreich berechnet das Umweltbundesamt jährlich die Freisetzung primärer Partikel. Im Jahr 2005 beliefen sich die österreichischen  $PM_{10}$ -Emissionen auf 44.000 Tonnen, die  $PM_{2,5}$ -Emissionen auf 24.500 Tonnen. 36 Prozent der Feinstaubemissionen kommen aus der Industrie, 22 Prozent aus Gewerbe und Hausbrand (Kleinverbrauch), 21 % aus der Landwirtschaft und 17 % aus dem Verkehr.

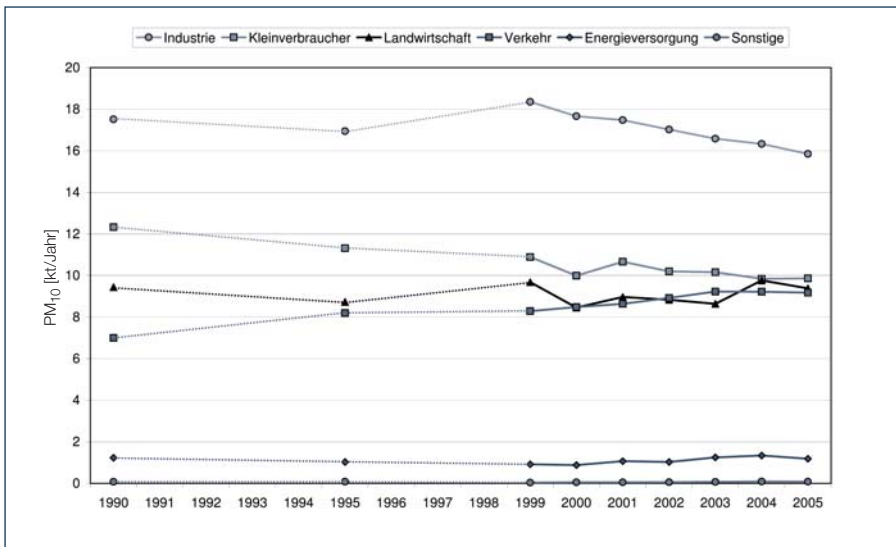


Abbildung 3: Trend der  $PM_{10}$ -Emissionen in Österreich von 1990 bis 2005.\*

Im Sektor Industrie sind vor allem die Bautätigkeit sowie diffuse Emissionen, das sind solche, die nicht über einen Kamin oder Auspuff freigesetzt werden, maßgebliche Verursacher der Feinstaubemissionen. Im Kleinverbrauch resultiert Staub aus dem Einsatz fester Brennstoffe wie Holz oder Kohle. Im Verkehr entsteht  $PM_{10}$  nicht nur aus Abgasemissionen von Dieselfahrzeugen, sondern auch durch Bremsabrieb und Aufwirbelung von Straßenstaub in Städten. Durch den hohen Anteil an Diesel-Pkw stammt mehr Dieselruß aus Pkw als aus Lkw. In der Landwirtschaft sind Viehhaltung und Ackerbau die wichtigen Einflussfaktoren.

\* Vor 1999 liegen nur Daten für 1990 und 1995 vor.

Tabelle 3: Bedeutendste österreichische Quellen für Vorläufersubstanzen von sekundären Partikeln.

Vorläufer	Quellen
Stickoxide (NO <sub>x</sub> )	Verkehr
Schwefeldioxid (SO <sub>2</sub> )	Industrie, Kraftwerke, Kleinverbrauch
Ammoniak (NH <sub>3</sub> )	Landwirtschaft
Flüchtige organische Verbindungen (VOC)	Lösemiteileinsatz und Kleinverbrauch

### 2.2 Zusammenfassung

Feinstaub kann entweder direkt in die Luft freigesetzt werden (primäre Partikel) oder entsteht durch chemische Reaktionen von Vorläufersubstanzen in der Luft (sekundäre Partikel). Die wichtigsten Quellen für Feinstaub sind Tätigkeiten und Aktivitäten von Menschen. Primäre Partikel entstehen hauptsächlich in Verbrennungsprozessen und durch Wiederaufwirbelung in Industrie und Gewerbe, Hausbrand, Landwirtschaft und Verkehr.





## 3. Messung von Feinstaub

- Die Grenzwerte für Feinstaub werden an vielen Standorten in Österreich überschritten

Als Messgröße für Feinstaub wird üblicherweise die Massenkonzentration, das heißt, die Masse in Mikrogramm ( $\mu\text{g}$ ) pro Kubikmeter ( $\text{m}^3$ ) Luft, in Abhängigkeit von der Größenfraktion verwendet. Im österreichischen Immissionschutzgesetz-Luft (IG-L) sind Grenzwerte für die Feinstaubbelastung als Massenkonzentration für  $\text{PM}_{10}$  festgelegt. Ziel der  $\text{PM}_{10}$ -Messung ist, in etwa jene Partikel zu erfassen, die beim Atmen im menschlichen Körper über den Kehlkopf hinaus in die Lunge gelangen können.

Für die Messung von Feinstaub stehen unterschiedliche Messsysteme zur Verfügung. Bei der Referenzmethode – der Gravimetrie – zur Bestimmung der  $\text{PM}_{10}$ -Konzentration wird Außenluft jeweils 24 Stunden durch einen Filter angesaugt. Der abgeschiedene Feinstaub lässt sich durch eine Referenzwägung vor und nach der Besaugung bestimmen. Alternativ dazu werden automatische Messgeräte eingesetzt, mit deren Hilfe die aktuellen Werte kontinuierlich erfasst werden.

### 3.1 Österreichisches Messnetz

$\text{PM}_{10}$  wird in Österreich seit 1999 gemessen. Das Messnetz wurde seither kontinuierlich ausgebaut. Mit über 100 Messstellen verfügt Österreich inzwischen – auch im internationalen Vergleich – über ein sehr dichtes Netzwerk zur Erfassung der Feinstaubbelastung. Die Messstellen werden von den Ämtern der Landesregierungen und dem Umweltbundesamt betrieben.

Die Anzahl der Messstellen mit Überschreitungen der Grenzwerte für  $\text{PM}_{10}$  in den Jahren 2003 bis 2006 sind in Tabelle 4 dargestellt. Die Unterschiede in der Belastung der Jahre 2003 bis 2006 korrelieren mit dem Auftreten bestimmter meteorologischer Situationen.

Tabelle 4: Anzahl der Messstellen mit Überschreitungen der jeweils geltenden Immissionsgrenzwerte für PM<sub>10</sub> gemäß IG-L in Österreich 2003 bis 2006.

Jahr	Anzahl der zulässigen Tage mit Tagesmittelwerten über 50 µg/m <sup>3</sup>	Messstellen mit Überschreitungen	Gesamtanzahl der PM <sub>10</sub> -Messstellen	Anzahl der Tage mit Überschreitung an der am höchsten belasteten Messstelle
2003	35	50	90	131
2004	35	27	101	113
2005	30	58	113	117
2006	30	71	111	120

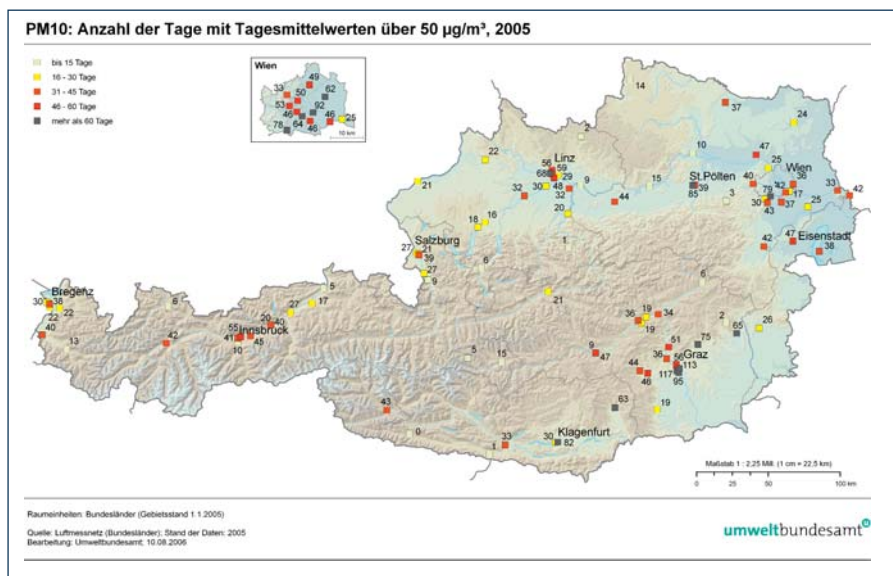


Abbildung 4: Messstellen, an denen der als Tagesmittelwert definierte Grenzwert für PM<sub>10</sub> gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft überschritten wurde.

Ein Überblick über die PM<sub>10</sub>-Belastung ist jeweils aktuell im Internet auf der Website [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at) verfügbar.

### 3.2 Zusammenfassung

Feinstaub wird in Österreich an über 100 Messstellen gemessen. An vielen dieser Standorte liegt die Belastung über den im Immissionsschutzgesetz-Luft festgelegten Grenzwerten zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Die Feinstaubbelastung und die Einhaltung der Grenzwerte werden von den Ämtern der Landesregierungen und dem Umweltbundesamt kontinuierlich erhoben.



## 4. Die chemische Zusammensetzung von Partikeln

- Feinstaub besteht aus einer Vielzahl chemischer Verbindungen
- Die genaue chemische Zusammensetzung unterscheidet sich von Ort zu Ort

Da Partikel in unterschiedlichen Prozessen gebildet werden, unterscheiden sie sich nicht nur in ihrer Größe, sondern auch in ihrer chemischen Zusammensetzung. Die mengenmäßig wichtigsten Inhaltsstoffe sind:

**Ammonium, Sulfat, Nitrat** (sekundäre anorganische Partikel): Diese Ionen entstehen in der Atmosphäre durch chemische Umwandlungsprozesse aus den Vorläufersubstanzen Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ), Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ) und Stickoxid ( $\text{NO}_x$ ).

**Elementarer Kohlenstoff** (elemental carbon, EC): EC stammt vor allem aus Verbrennungsprozessen („Dieselruß“, Hausbrand).

**Organischer Kohlenstoff** (organic carbon, OC): Die Zusammensetzung und Herkunft des organischen Kohlenstoffs ist sehr variabel. Ein Teil wird bei (unvollständiger) Verbrennung aus den gleichen Quellen wie EC freigesetzt. Weitere Quellen für organischen Kohlenstoff sind sekundäre organische Partikel, die aus (anthropogenen und biogenen) flüchtigen organischen Verbindungen entstehen können, sowie biologische Materialien wie z. B. Bakterien, Pilzsporen, Blattfragmente etc. Der Beitrag von biologischem Material dürfte jedoch insbesondere im Winter eher gering sein. Ein nicht unerheblicher Teil an EC und OC kann an verkehrsbelasteten Standorten auch aus dem Reifenabrieb stammen.

**Wasser:** Je nach chemischer Zusammensetzung und Luftfeuchtigkeit können Partikel einen variablen Anteil an Wasser enthalten.

**Lösliche Ionen wie Natrium ( $\text{Na}^+$ ), Kalium ( $\text{K}^+$ ), Chlor ( $\text{Cl}^-$ ) etc.:** Kochsalz ( $\text{NaCl}$ ) im Feinstaub ist insbesondere im Winter auf den Einsatz von Auftaumitteln zurückzuführen. Kalium kann ein Indikator für Biomassefeuerungen sein, während Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) und Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) von Straßenabrieb, Einsatz von Streusplitt und Erosion stammen.

Weitere mineralische Komponenten können aus Winderosion, aufgewirbeltem Straßenstaub, Mineralrohstoffabbau, Baustellen etc. stammen. Darunter fallen etwa Silikate (u. a. Quarz).

Schwermetalle wie Eisen, Zink, Kupfer, etc. kommen aus unterschiedlichen Quellen wie z. B. Bremsen-, Reifen- und Schienenabrieb, der metallverarbeitenden Industrie aber auch aus der Kohle- und Schwerölverbrennung.

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen Korngröße, chemischer Zusammensetzung und den Quellen von Feinstaub.

	feine Partikel (< 2,5 µm)	grobe Partikel (> 2,5 µm)
Entstehung aus:	Gasen sowie bei Verbrennungsprozessen	größeren Partikeln
Entstehung bei:	chemischen Umwandlungen; Nukleation; Kondensation; Koagulation; Evaporation von Nebel- und Wolkentropfen, in denen Gase gelöst waren	mechanischen Vorgängen (Abrieb, Vermahlen, ...), Aufwirbelung
Zusammensetzung:	Sulfat, Nitrat, Ammonium, elementarer Kohlenstoff, organischer Kohlenstoff, Schwermetalle, Wasser	aufgewirbelter Staub (geogener Staub, Straßenabrieb), Flugasche, Elemente der Erdkruste als Oxide (Si, Al, Ti, Fe), CaCO <sub>3</sub> , NaCl, Meersalz, Pollen und Sporen, andere Teilchen biogenen Ursprungs, ...
Löslichkeit:	teilweise wasserlöslich	oft unlöslich
Quellen:	Verbrennungsvorgänge (Dieselruß, NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , ...), Landwirtschaft (NH <sub>3</sub> ), atmosphärische Transformationen (sekundäre Partikel), bestimmte industrielle Prozesse, Lösemittel	(Wieder-)Aufwirbelung von Straßenstaub, Winderosion, Aufwirbelung durch anthropogene Tätigkeiten (Schüttvorgänge, Befahren unbefestigter Straßen, Bergbau, Abbruch- und Bauarbeiten, ...), biologische Quellen, ...
Verweildauer in der Atmosphäre:	Tage bis Wochen	Minuten bis Stunden
Atmosphärische Transportdistanz:	einige 100 bis >1.000 km	<1 km bis einige 10 km

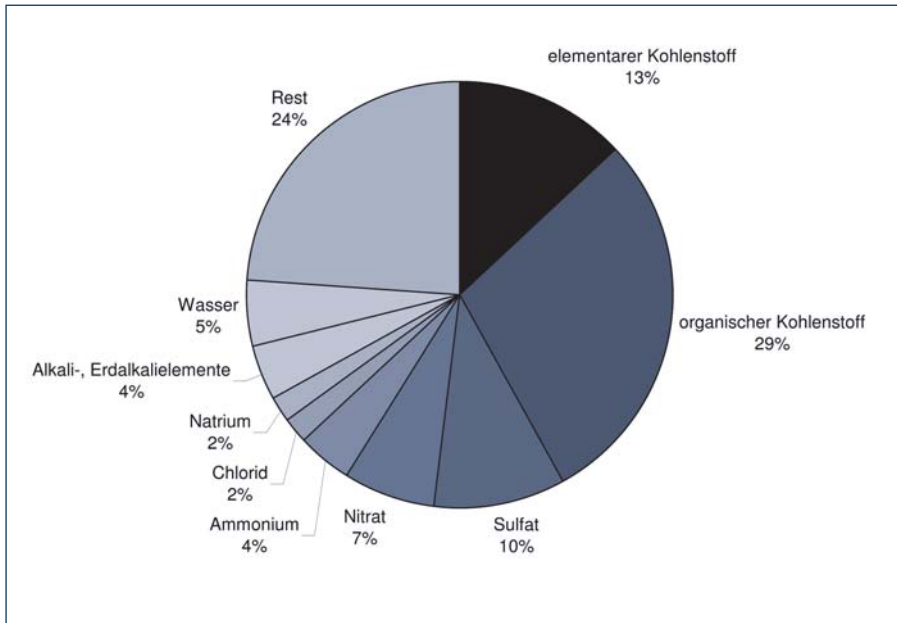


Abbildung 5: Zusammensetzung von Feinstaub an Wintertagen an einer verkehrsnahen Messstelle in Wolfsberg, Kärnten im Winter 2004/05 (der mit „Rest“ bezeichnete Anteil umfasst v. a. mineralische Bestandteile).

#### 4.1 Zusammenfassung

In städtischen Gebieten besteht Feinstaub im Wesentlichen aus organischen Verbindungen und elementarem Kohlenstoff, aus mineralischen Stoffen sowie aus Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat, die oft durch Ferntransport verursacht werden, und zu einem geringen Teil aus Schwermetallen.





## 5. Woher stammt der Feinstaub, den wir einatmen?

- Die wichtigsten Verursacher der Feinstaubbelastung sind der Verkehr, der Hausbrand sowie Gewerbe und Industrie
- Die höchsten Belastungen treten im Nahbereich dieser Quellen auf, etwa an stark befahrenen Straßen

Atmosphärische Prozesse bewirken Verdünnung, Transport (Transmission) und unter Umständen eine chemische Umwandlung von Schadstoffen. Dadurch werden Luftschadstoffe von der Schadstoffquelle wegtransportiert und wirken mitunter in großer Entfernung von der Quelle. Die Konzentration der Schadstoffe am Ort der Einwirkung wird Immission genannt. Als Exposition wird die Belastung von einzelnen Personen durch Luftschadstoffe bezeichnet. Diese kann sich je nach Aufenthaltsort und Lebensgewohnheiten deutlich unterscheiden.

Hinweise auf die Quellen von Feinstaub gibt ein Emissionskataster, in dem die Menge an jährlich freigesetztem Staub verschiedenster Gruppen von Schadstoffquellen verzeichnet ist. Der Anteil einer Verursacherguppe an den Emissionen kann sich aber stark von den Immissionsbeiträgen dieses Verursachers an bestimmten Standorten unterscheiden. Auswertungen der Messergebnisse zeigen z. B., dass der Anteil des Verkehrs an der an städtischen Straßen gemessenen Belastung deutlich höher ist als der Anteil des Verkehrs an den österreichischen Emissionen insgesamt.

Im jahreszeitlichen Verlauf tragen verschiedene Verursacher im unterschiedlichen Ausmaß zur Belastung bei. So tragen Emissionen aus dem Hausbrand vor allem im Winter zur Feinstaub-Belastung bei. Im Frühjahr ist oft die Wiederaufwirbelung von Straßenstaub aus der Splittstreuung eine wichtige Quelle; Emissionen aus der Landwirtschaft und der Bautätigkeit treten dagegen verstärkt in den Sommermonaten auf. Einige wenige Male im Jahr ist Staub aus der Sahara für eine erhöhte Belastung verantwortlich.

## 5.1 Regionale Belastung

Detaillierte Untersuchungen zeigen, dass für die erhöhte  $PM_{10}$ -Belastung in den einzelnen Regionen Österreichs unterschiedliche Quellen verantwortlich sind.

In allen Städten sorgen Quellen wie Straßenverkehr (Dieselabgase sowie Nicht-Abgasemissionen wie Wiederaufwirbelung von Straßenstaub und Abrieb von Bremsen und Straßen) und Hausbrand, gebietsweise auch Industrie und Gewerbe für hohe Emissionen primärer Partikel. Dadurch werden in den Städten höhere Konzentrationen als im Umland gemessen. An stark befahrenen Straßen liegen die Belastungen wiederum höher als in städtischen Hintergrundgebieten wie in Parks oder Wohngegenden ohne viel Verkehr.

In manchen Städten tragen die primären  $PM_{10}$ -Emissionen der Industrie einen wesentlichen Teil zur  $PM_{10}$ -Belastung bei (u. a. Linz, Leoben-Donawitz, Brixlegg).

Stickoxidemissionen ( $NO_x$ ) – vor allem in größeren Städten durch Verkehr und Hausbrand besonders hoch – tragen auf städtischer bis regionaler Skala wesentlich zur Bildung von sekundären Partikeln (Ammoniumnitrat) bei.

Im außeralpinen Raum spielt der Ferntransport primärer und sekundärer Partikel eine wesentliche Rolle. So können beispielsweise  $PM_{10}$ - und  $SO_2$ -Emissionen – letztere als Vorläufer für die Bildung von sekundären Partikeln – aus Mittel- und Osteuropa, v. a. Rumänien, Serbien, Bosnien, Slowenien, Tschechien und Polen als Quellen für Belastungen in Nordostösterreich identifiziert werden.

In den alpinen Becken und Tälern, aber auch in den gegenüber Nord- bis Westwind abgeschirmten Becken und Tälern am Südostrand der Alpen sind die ungünstigen Ausbreitungsbedingungen, die eine Anreicherung von lokal emittiertem Schwebestaub begünstigen, ein wesentlicher Faktor für erhöhte  $PM_{10}$ -Belastung.

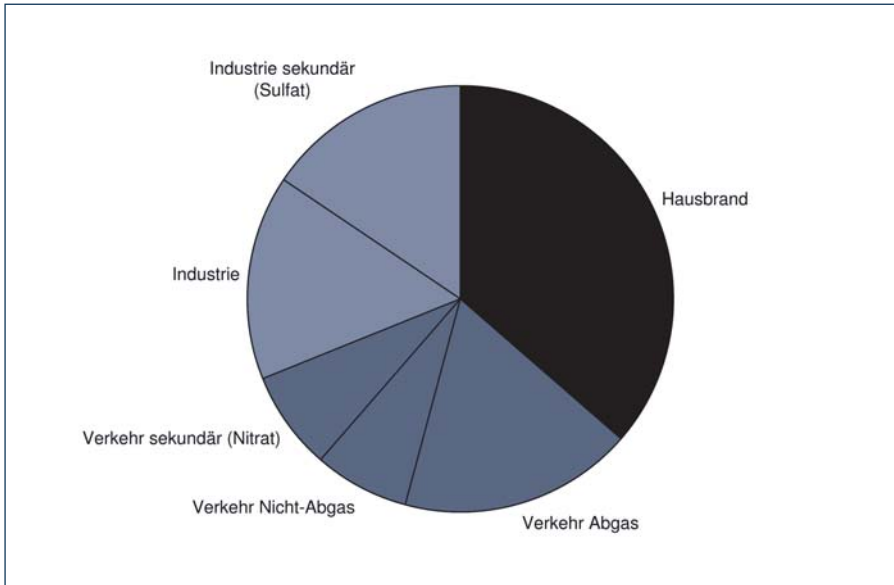


Abbildung 6: Beispiel für eine Herkunftszuordnung. Quellen der erhöhten PM<sub>10</sub>-Belastung im Winter 2004/05 in Wolfsberg.

Die genaue Herkunft der Feinstaubbelastung lässt sich aufgrund der vielfältigen Quellen oft sehr schwer und nur mit hohem Aufwand ermitteln. Aufschluss können Informationsquellen wie Emissionsinventuren, chemische Analysen von PM<sub>10</sub>-Filtern oder die Immissionssituation geben.

## 5.2 Europäischer Vergleich

Im europäischen Vergleich ist die Feinstaubbelastung in Österreich keineswegs extrem hoch. In anderen zentraleuropäischen Ländern werden vergleichbare und z. T. höhere Konzentrationen gemessen.

### 5.3 Zusammenfassung

Die Quellen für Feinstaub sind vielfältig und variieren lokal und jahreszeitlich. In den Städten stammen wesentliche Teile aus dem Verkehr, dem Hausbrand und der Bautätigkeit. Im außeralpinen Flachland trägt auch der Ferntransport von Partikeln zur Belastung bei.

## 6. Wetterlage und Staubverfrachtung

- Die Feinstaubbelastung ist im Winter besonders hoch
- Das Wetter beeinflusst die jeweils herrschende Feinstaubbelastung stark

Die Konzentration von Feinstaub, ihre zeitliche und räumliche Veränderung wird entscheidend von der Witterung, d. h. von den meteorologischen Verhältnissen, beeinflusst. Diese bestimmen die Verdünnung oder Anreicherung von Feinstaub in Bodennähe, aber auch den Transport über größere Distanzen und die chemische Umwandlung.

Als Ausbreitungsbedingungen werden jene atmosphärischen Verhältnisse bezeichnet, die für gute oder schlechte Verdünnung von Schadstoffen in Bodennähe verantwortlich sind. Ungünstige Ausbreitungsbedingungen, die hohe Konzentrationen am Boden verursachen, zeichnen sich durch stabile Temperaturschichtung (im Extremfall Temperaturinversionen) und niedrige Windgeschwindigkeiten aus.

### 6.1 Belastung im Winter und in der Nacht am größten

Generell führt stärkere Sonneneinstrahlung zu einer stärkeren Durchmischung der bodennahen Atmosphäre und damit zu einer rascheren Schadstoffverdünnung. Nachts und im Winter herrschen daher tendenziell ungünstigere Ausbreitungsbedingungen als tagsüber bzw. im Sommer. Dementsprechend werden nachts bzw. im Winter vielfach höhere Schadstoff-Konzentrationen beobachtet als tagsüber oder im Sommer.

Im Winter sind vor allem Hochdruckwetterlagen mit Inversionen und niedrigen Windgeschwindigkeiten verbunden, insbesondere dann, wenn kalte Luft aus Osteuropa (kontinentale Kaltluft) nach Mitteleuropa kommt. Demgegenüber sind Luftmassen, die mit Westwind vom Atlantik nach Mitteleuropa kommen (ozeanische Luftmassen) mit hohen Windgeschwindigkeiten verbunden, die für günstige Ausbreitungsbedingungen sorgen.

Episoden stark erhöhter Feinstaubbelastung treten bevorzugt im Winter während Hochdruckwetterlagen auf. Änderungen dieser Wetterlagen durch den Einfluss ozeanischer Luftmassen führen häufig zu einem raschen Rückgang der Feinstaubbelastung.

Feinstaub verweilt mehrere Tage in der Atmosphäre. Dadurch kann es zur Anreicherung von Feinstaub über mehrere Tage kommen, wenn eine Wetterlage mit ungünstigen Ausbreitungsbedingungen länger anhält.

## 6.2 Täler und Becken besonders betroffen

Die geographische Lage ist für die Höhe der Feinstaubbelastung entscheidend. In alpinen Tälern und Becken behindern die umliegenden Berge die Verdünnung von Schadstoffen. Im Vergleich zum außeralpinen Flach- und Hügelland treten in Tal- und Beckenlagen zudem deutlich niedrigere Windgeschwindigkeiten auf. Die Becken und Täler südlich und östlich des Alpenhauptkamms sind zudem gegenüber Nord- und Westwind – d. h. gegenüber sauberen, ozeanischen Luftmassen – abgeschirmt. Dies ist mit ein Grund für die hohen Feinstaubbelastungen in der Steiermark, in Kärnten und Osttirol.

## 6.3 Zusammenfassung

Die täglichen Wetterbedingungen haben einen sehr großen Einfluss auf die aktuelle Feinstaubbelastung. Hohe  $PM_{10}$ -Konzentrationen treten vor allem im Winterhalbjahr auf, wenn ungünstige Ausbreitungsbedingungen herrschen. Diese Hochdruckwetterlagen mit kontinentaler Kaltluft sind durch geringe Windgeschwindigkeiten und das Auftreten von Inversionen gekennzeichnet.

# 7. Gesundheitliche Auswirkungen von Feinstaub

- Partikel sind das vordringlichste lufthygienische Problem.  
Die Feinstaubbelastung ist in Österreich für eine Verkürzung der Lebenserwartung um rund acht Monate verantwortlich
- Je höher die Feinstaub-Konzentrationen,  
desto größer das Gesundheitsrisiko
- Jede – auch die kleinste – Reduktion  
bringt einen gesundheitlichen Vorteil für die Bevölkerung

Seit Anfang 2005 findet in Österreich eine mitunter lebhaft öffentliche Auseinandersetzung über Feinstaub in der Außenluft und dessen gesundheitliche Wirkungen statt. Diese Diskussion ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die derzeit geltenden Feinstaub-Grenzwerte, welche im österreichischen Immissionsschutzgesetz-Luft festgesetzt sind, an zahlreichen Messstellen in Österreich z. T. häufig und deutlich überschritten werden.

Grund für die Festlegung dieser Grenzwerte (national und in der EU) war die große Anzahl an Studienergebnissen, die belegen, dass Partikel mit ihren negativen gesundheitlichen Einwirkungen auf Atemwege und Herz-Kreislauf-System als das derzeit wichtigste lufthygienische Problem anzusehen sind.

### 7.1 Teilchengröße und ihre gesundheitliche Bedeutung

Aus Studien ist bekannt, dass nicht jeder Anteil des atembaren Staubes die gleichen Wirkungen besitzt und besonders die Partikelgröße für die Ausprägung gesundheitlicher Effekte von Bedeutung ist. Dies erklärt sich folgendermaßen:

- Je größer die Partikel, desto weiter „oben“ werden sie im Atemtrakt abgefangen. Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von über 10 Mikrometer ( $\mu\text{m}$ ) bzw. 0,01 mm können kaum den Kehlkopf passieren; Teilchen bis zu einer Korngröße von



etwa 2,5 µm Durchmesser werden großteils in den oberen Atemwegen (Nase, Rachen, Kehlkopf, Luftröhre) abgefangen, d. h. abgehustet oder verschluckt. In dieser Staubfraktion befinden sich sowohl Teilchen biologischen Ursprungs, wie Pollen und Schimmelpilzsporen, die starke Entzündungsreaktionen auslösen können, als auch mineralische Staubanteile (Abrieb von Streusplitt, etc.), die durch spezifische toxische Eigenschaften die Atemwege schädigen können.

Gelangen größere Teilchen in die Bronchien, können die meisten mittels Flimmerhärchen (= Flimmerepithel) und Schleimtransport aus den größeren Atemwegen beseitigt werden. Bei Vorerkrankungen der Schleimhäute (Infekte, chronische Bronchitis, Allergien) oder Begleitschäden – z. B. durch Reizgase – ist dieser Selbstreinigungsmechanismus jedoch gestört, und die Staubbelastung führt zu einer Verstärkung bestehender Schäden.

- Tiefer in die Lunge bzw. in die kleineren Bronchien gelangen feinere Staubteilchen (0,1 bis 2,5 µm Durchmesser, PM<sub>2,5</sub>), wo sie starke Entzündungsreaktionen auslösen können (akute Bronchitis und Asthma). Viele dieser Teilchen stammen aus der Aggregation, also der Zusammenballung von Rußteilchen, aber auch Partikel mineralischen Ursprungs sind darunter. An diesen feinen Teilchen können auch Bakterien bzw. Bakterien-Teile (Endotoxin) oder Giftstoffe wie etwa bestimmte polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (z. B. krebserregendes Benzpyren) anhaften, die so in diese tiefer gelegenen Lungenabschnitte befördert werden.

- Noch tiefer gelangt die nächst kleinere Teilchenfraktion (ultrafeine Partikel, UFP) mit einem Durchmesser kleiner 0,1 µm (PM<sub>0,1</sub>), die u. a. von Verbrennungsvorgängen (Ruß) stammt. UFP können sogar bis in die Lungenbläschen, wo der Sauerstoffaustausch stattfindet, vordringen. Da die Lungenbläschen nicht mehr mit Flimmerepithel ausgekleidet sind, erfolgt deren Reinigung nur verlangsamt über bestimmte Immunzellen. Wenn diese spezialisierten Zellen mit dem Abtransport der Staubteilchen nicht nachkommen und überlastet sind, lösen sie in den Lungenbläschen eine entzündliche Reaktion aus; selbst dann, wenn die Staubteilchen selbst chemisch „harmlos“ sind. Problematischer sind freilich chemisch aggressive Anteile im ultrafeinen Staub wie polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Schwermetalle.

Die ultrafeinen Teilchen schädigen allerdings nicht nur die Atemwege und die Lungenbläschen. Sie können sogar die Wand der Lungenbläschen durchdringen, in die Blutgefäße gelangen und zu Entzündungen im Gefäßsystem und, falls sie die Gefäße des Herzmuskels erreichen, zu Herzrhythmus-Störungen führen. Außerdem werden sie über das Kreislauf-System im gesamten Organismus verteilt und konnten z. B. auch in Leber und Milz nachgewiesen werden.

Ein wesentlicher Aspekt ist, dass die Gefährlichkeit der inhalierten Partikel nicht nur auf ihrer Gesamtmasse basiert, sondern vor allem durch die Größe der gesamten Partikeloberfläche bestimmt wird. Aus diesem Blickwinkel gesehen spielen daher die ultrafeinen Partikeln eine besonders problematische Rolle. Diese Teilchen mit einem Durchmesser von weniger als  $0,1 \mu\text{m}$  tragen zwar nur geringfügig zur Masse der  $\text{PM}_{10}$ -Belastung bei, die an den einzelnen Messstationen ausgewiesen wird. Aufgrund ihrer sehr großen Anzahl haben UFP im Vergleich zu gröberen Partikeln bei gleicher Masse aber eine weit größere Oberfläche. Das bedeutet natürlich gleichzeitig: Je größer die Oberfläche, desto mehr Schadstoffe können sich anlagern. Ultrafeine Partikel dienen somit chemischen Schadstoffen als Transport-Vehikel in tiefere Atemwege. UFP haben dadurch ein höheres gesundheitliches Schädigungspotential als größere Partikel.

Wissenschaftliche Daten weisen auch darauf hin, dass gerade die feineren Staubteilchen aus Verbrennungsvorgängen (z. B. Straßenverkehr, Zigarettenrauch, Verbrennung von Feststoffen) für viele gesundheitliche Endpunkte das größte Schadenspotential besitzen. Sie sind daher viel relevanter als etwa Erosionsmaterial aus der Landwirtschaft, Streusplitt oder Reifenabrieb.

## **7.2 Gesundheitliche Effekte**

Die oben angeführten Beispiele zeigen, dass unterschiedliche Staubfraktionen unterschiedliche Wirkungen entfalten und keine Fraktion unwirksam oder „harmlos“ ist.

Die gesundheitlichen Folgen der Luftverunreinigung durch Feinstaub sind wissenschaftlich gut belegt. Selbst bei heutzutage üblichen Belastungen an Feinstaub finden sich in Studien Zusammenhänge mit Beeinträchtigungen des Schwangerschaftsverlaufes, entzündlichen Veränderungen der Atemwege (Bronchitis, Asthmaanfälle), verminderter

Lungenfunktion, akuten Mittelohrentzündungen, Schädigung des Herz-Kreislauf-Systems bis zum Herzinfarkt und täglicher Sterblichkeit (Weltgesundheitsorganisation 2003, 2004).

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) stellt fest, dass es bisher auf Basis der vorliegenden epidemiologischen Studien nicht gelungen ist, einen so genannten Schwellenwert für die Expositions-Wirkungs-Beziehungen abzuleiten. Das bedeutet, es gibt keine feste Konzentrationsgrenze, unterhalb derer die PM<sub>10</sub>-Belastung keine gesundheitlichen Auswirkungen hätte. Für Feinstaub gilt daher: Je höher die Konzentrationen, desto größer das Gesundheitsrisiko.

### **7.2.1 Risikogruppe Kinder**

Kinder zählen mit älteren Erwachsenen (über 65 Jahre) und vorgeschädigten Personen (mit Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, der Atemwege oder Diabetiker) zu den empfindlichen Gruppen in der Bevölkerung.

Beispielsweise zeigen viele regionale Untersuchungen, dass Kinder, die in Gegenden mit hoher partikelförmiger Luftbelastung aufwachsen, häufiger an nicht-allergischen infektiösen Atemwegserkrankungen (z. B. Bronchitis) erkranken. Bei einem Anstieg der Exposition um 10 Mikrogramm PM<sub>10</sub> pro m<sup>3</sup> Luft im Jahresmittel steigt das Risiko von Kindern an Bronchitis zu erkranken um etwa 20 bis 40 %.

Auch Zusammenhänge zwischen dem Auftreten akuter Mittelohrentzündungen bei Kindern während der ersten beiden Lebensjahre und verkehrsbedingten Luftschadstoffen (PM<sub>2,5</sub>, Stickstoffdioxid), denen diese ausgesetzt waren, wurden beobachtet (Brauer et al. 2006). Als Wirkmechanismus wird vermutet, dass eine erhöhte Luftschadstoffbelastung in den Atemwegen Entzündungen verursacht und die Funktionsfähigkeit der Flimmerhärchen, die für den Abtransport inhalierter Partikel zuständig sind, in den oberen Atemwegen einschränkt. Eine verminderte Funktionsfähigkeit der Flimmerhärchen erhöht nachweislich das Risiko für Atemwegsinfekte, die wiederum als Ursache für die Entstehung akuter Mittelohrentzündungen gelten.

### 7.2.2 Quantifizierung der Gesundheitsfolgen

Bei Verwendung der besten derzeit vorliegenden Daten und nach den nötigen Anpassungen zur Berücksichtigung möglicher Fehlerquellen kann die Größenordnung der gesamten „Krankheitsbelastung“ und der Schäden, die in einer bestimmten Bevölkerung durch Luftschadstoffe verursacht werden, angegeben werden. Damit kann das Ausmaß der Gesundheitsfolgen (u. a. für Entscheidungsträger) „verständlicher“ dargestellt werden.

Für Österreich wurden anlässlich einer großen Drei-Länder-Studie für die WHO die gesundheitlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung bereits für die Situation des Jahres 1996 genauer ermittelt. Als Indikator für das Luftschadstoff-Gemisch wurde  $PM_{10}$  gewählt. Zunächst wurde abgeschätzt, welcher Anteil von Krankheiten der Luftverschmutzung zugeordnet werden kann. Danach erfolgte zudem die Berechnung jenes Anteils, der vom Straßenverkehr verursacht wird (siehe Tabelle 6).

So führt die belastete Atemluft in Österreich u. a. zu rund 5.600 zusätzlichen vorzeitigen Sterbefällen, 48.000 zusätzlichen Fällen von akuter Bronchitis und zu 35.000 zusätzlichen Asthmaanfällen bei Kindern (<15 Jahre) pro Jahr. Nicht ganz die Hälfte dieser Fälle sind der verkehrsbedingten Luftverschmutzung zuzurechnen (Künzli et al. 2000).

Tabelle 6: Gesundheitliche Auswirkungen der Luftverschmutzung in Österreich (Künzli et al. 2000).

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

Bei einer weiteren quantitativen Abschätzung der durch den Feinstaub verursachten Gesundheitsrisiken wurden die Einbußen an Lebenszeit aufgrund der Feinstaub-Belastung für die europäische Region berechnet. Für Österreich ergibt sich nach diesen Berechnungen im Rahmen des Clean Air for Europe-Programms (CAFE; Europäische Kommission 2005) eine Verkürzung der Lebenserwartung von etwa acht Monaten, zurückzuführen auf die  $PM_{2,5}$ -Belastung. Dies entspricht ungefähr 5.500 zuordenbaren Todesfällen pro Jahr. Die Luftverschmutzung (Leitschadstoff Feinstaub) verursacht auch beträchtliche Gesundheitskosten: Berechnungen (durchgeführt im Rahmen einer trinationalen Studie Schweiz/Österreich/Frankreich in Zusammenarbeit mit der Weltgesundheitsorganisation 1999) zeigen, dass die Gesundheitskosten bis zu drei Milliarden Euro pro Jahr betragen.

Da die Feinstaubbelastungen und damit auch die gesundheitlichen Auswirkungen regional stark unterschiedlich sind, wurden vom österreichischen Umweltbundesamt (UBA 2005) solche Daten zusätzlich für einzelne österreichische Städte ausgewertet. Dabei ergab sich eine Verminderung der Lebenserwartung von 7 Monaten in der Stadt Salzburg, von 9 Monaten in Klagenfurt und von 12 Monaten in Wien. Für Graz waren es sogar 17 Monate.

### **7.2.3 Gesundheitlicher Nutzen durch Feinstaub-Reduktion**

Einen anderen Ansatz wählte man im Projekt APHEIS (Air Pollution and Health: A European Information System). In diesem europäischen Projekt (Zusammenschluss von über 30 Städten) versuchte man, die gesundheitlichen Vorteile abzuschätzen, die aus realistischen Szenarien der Immissionsminderung resultieren.

In Wien ließen sich beispielsweise jährlich je nach eingesetztem Modell bis zu 335 nicht-traumatische Todesfälle vermeiden, wenn die  $PM_{10}$ -Belastung täglich um  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  reduziert würde (basierend auf Luftmessdaten des Jahres 2002). Das bedeutet, dass jede – auch die kleinste – Reduktion der Feinstaubbelastung für die Gesundheit der Bevölkerung von Vorteil ist.

### Literatur:

Brauer M. et al. (2006): Traffic-Related Air Pollution and Otitis Media. *Environmental Health Perspectives* 114(9):1414-1418.

Europäische Kommission (2005). *Impact Assessment of the Thematic Strategy and the CAFE Directive (SEC(2005) 133)*.

Künzli N. et al. (2000): Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet* 356:795-801.

UBA (2005): Abschätzung der Gesundheitsauswirkungen von Schwebestaub in Österreich. Studie des österreichischen Umweltbundesamtes, Wien, Dezember 2005.

WHO (2003): Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide. Report on a WHO working group. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2003 (document EUR/03/5042688).

WHO (2004): Health aspects of air pollution – answers to follow-up questions from CAFE. Report on a WHO working group. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2004 (document EUR/04/5046026).

### 7.3 Zusammenfassung

Das Thema „Feinstaub“ betrifft uns alle. Feinstaub ist in Österreich für eine Verkürzung der durchschnittlichen Lebenserwartung um rund acht Monate verantwortlich.

Alle Anteile des Feinstaubgemisches tragen zu Krankheitsrisiken bei. Am gefährlichsten sind jedoch die feinsten Teilchen (ultrafeine Partikel) mit einem Durchmesser kleiner als 0,1 Mikrometer, da sie bis in die Lungenbläschen vordringen und von dort auch in den Blutkreislauf gelangen können. Sie schädigen damit sowohl die Lunge als auch Herz und Blutgefäße.

Je höher die Feinstaub-Konzentration bzw. -Belastung ist, desto höher ist das Erkrankungs- und Sterberisiko. Es lässt sich keine „unbedenkliche“ Konzentration angeben. Jede Verringerung der Feinstaub-Belastung bedingt – unabhängig von der Ausgangssituation – eine Verbesserung der Gesundheitssituation der Bevölkerung.



## 8. Wie kann man die Wirkung von Feinstaub untersuchen?

- Es sind eine Vielzahl unterschiedlicher Methoden notwendig, um die komplexen Wirkungen und deren Mechanismen aufzudecken
- Diese Untersuchungen zeigen nicht nur die mit der Feinstaubbelastung verbundenen gesundheitlichen Risiken auf, sondern liefern auch die Grundlagen zur effizienten Planung von Maßnahmen des Gesundheitsschutzes

Als im Dezember 1952 während einer Smogepisode in London die Masse an Rußteilchen in der Atemluft auf das bis zu Vierfache des üblichen Winterwertes anstieg, starben mehrere Tausend Menschen. Durch Vergleich mit den täglichen Sterbefällen an Tagen außerhalb dieser Episode konnte man folgende Schlussfolgerungen ziehen: Viele Menschen mit fortgeschrittenen Erkrankungen starben offensichtlich frühzeitig, d. h. einige Tage bevor sie vermutlich auch ohne diese Episode verstorben wären, aber ein nicht unerheblicher Anteil starb infolge der Exposition durch direkte Schädigung der Luftverschmutzung. Diese Beobachtung markiert einen Wendepunkt in der Einstellung zu und Erforschung von Verunreinigungen der Atemluft. Hatte man früher fast ausschließlich die Staubexposition am Arbeitsplatz behandelt, so widmete man sich nun verstärkt der Untersuchung von Auswirkungen von Luftverunreinigungen in der Umwelt.

Um die aufgeworfenen Fragen zu klären und eine wissenschaftliche Basis für die Begrenzung der Exposition zu gewinnen, sind seit diesen Tagen mehrere Tausend wissenschaftliche Untersuchungen erschienen, in denen im Wesentlichen vier unterschiedliche Zugänge gewählt wurden.

Der früheste Ansatz war das **Provokationsexperiment** bei normalen Personen oder bei Personen mit bestimmten Erkrankungen (z. B. Asthma). Dabei werden entweder reale Luftproben oder künstlich hergestellte Proben der Atemluft beigemischt, sodass z. B. die unmittelbaren Auswirkungen auf den Atemwegswiderstand ermittelt werden können. Mit diesen Experimenten können Effekte, die bis zu wenigen Stunden nach der Exposition eintreten, ermittelt werden. Aus ethischen Gründen muss dabei aber selbstverständlich die Höhe der Exposition beschränkt werden. Daher können solche Experimente Auswirkungen von kurzfristig sehr hohen oder langfristigen niedrigen Konzentrationen nicht erfassen.



Der Ansatz des Provokationsexperiments muss also in mehreren Richtungen durch andere Techniken ergänzt werden: in Richtung kurzfristig hoher Expositionen durch Inhalationsstudien mit Versuchstieren, bzgl. Langzeitwirkungen durch langfristige Tierexperimente und epidemiologische Studien, letztere auch im Hinblick auf das Auftreten von schwerwiegenden Erkrankungen und Todesfällen. Weiters sind Techniken entwickelt worden, um auch an Gewebeproben oder Zellkulturen die Schädigung von Staub und Staubbestandteilen zu untersuchen.

Eine wichtige Erkenntnis aus Provokationsstudien in den 1960er bis 1970er Jahren, die durch Experimente an Modellen des Atemtraktes ergänzt wurden, war, dass die Ablagerung von Staubteilchen im Atemtrakt sehr gut durch die Gesetze der Strömungslehre beschrieben werden kann. Daraus ergab sich, dass die bisherigen Messungen des Schwebstaubs in der Atemluft die Belastung des Menschen nur unzureichend wiedergibt. Denn nur ein kleiner Teil der Gesamtmasse des Schwebstaubs kann in die Lunge gelangen und davon wieder nur ein kleiner Teil in deren tiefe Anteile, die Bronchiolen und Lungenbläschen. Je kleiner die Teilchen sind, umso tiefer gelangen sie in den Atemtrakt (diese Regel gilt aber nicht mehr für Nanopartikel, die komplexeren Gesetzmäßigkeiten folgen). Erst Teilchen, deren strömungstechnischer Durchmesser kleiner als ca.  $2,5 \mu\text{m}$  (= 2,5 Tausendstel Millimeter) sind, gelangen in den unteren Atemtrakt. Deshalb hat man zum Zweck der Überwachung der Atemluft zunächst Messverfahren entwickeln müssen, um so kleine Teilchen überhaupt verlässlich nachzuweisen. Zunächst beschränkte man sich auf die Messung der Konzentration an  $\text{PM}_{10}$  (d. h. von Schwebstaub mit einem strömungstechnischen Teilchendurchmesser kleiner als  $10 \mu\text{m}$ ) und danach ging man dazu über, auch  $\text{PM}_{2,5}$  oder sogar  $\text{PM}_1$  zu messen. Sobald über einen ausreichenden Zeitraum Messungen zur Verfügung standen, konnte man versuchen, die Messergebnisse mit dem Auftreten von Erkrankungen und Todesfällen im Rahmen **epidemiologischer Studien** in Verbindung zu bringen. Die ersten dieser Untersuchungen waren Querschnittsuntersuchungen, bei denen die Erkrankungshäufigkeiten oder Todesfälle in Regionen unterschiedlich hoher Staubbelastung verglichen wurden. Eine weitere häufig angewandte Methode war die Verknüpfung von Zeitserien der Staubbelastung mit Zeitserien von Erkrankungs- und Todesfällen. Diese beiden Methoden haben jedoch den gravierenden Nachteil, dass andere Risikofaktoren wie z. B. Aktiv- oder Passivrauchen in ihrem Zusammenhang mit den untersuchten Erkrankungen nicht ausreichend berücksichtigt werden können. Die am besten geeignete Methode, um den Einfluss des Feinstaubes unter Berücksichtigung solcher Störfaktoren zu untersuchen, ist die

Kohortenstudie. Dabei werden Personen in ein Studienkollektiv aufgenommen und danach werden ein- oder mehrmals im Laufe der Zeit die relevanten Informationen (wie z. B. ob die Person derzeit raucht oder an einem Arbeitsplatz mit erhöhter Staubbelastung arbeitet) gesammelt. Entscheidend ist, dass diese Kohorten in Regionen mit unterschiedlich hoher Staubbelastung leben. Die Kohorten werden über einen langen Zeitraum hinsichtlich des Auftretens von Krankheiten oder Todesfällen beobachtet. Man kann dann ermitteln, welchen Einfluss die Staubbelastung auf das Auftreten der Erkrankungen und Todesfälle hat. Die erste dieser Untersuchungen war die bekannte Harvard-sechs-Städte-Untersuchung. Diese Untersuchung war die wichtigste Grundlage für die Senkung des Staubgrenzwerts in den USA.

Während also Provokationsexperimente kurzfristige Auswirkungen erfassen können und epidemiologische Untersuchungen zusätzlich auch langfristige Zusammenhänge zwischen Staubbelastungen und Gesundheitsstörungen ermitteln können, geben diese Untersuchungen höchstens Anhaltspunkte für die Wirkungsweise der Staubpartikel. Manche Wirkungsmechanismen lassen sich dann durch **Untersuchungen von isolierten Geweben** wie z. B. Präparationen des Flimmerepithels, das einen Teil des Atemtraktes auskleidet, näher erfassen. **Versuche an Tieren** können Aufschluss über die Verteilung der Partikel im Organismus geben. Und Schließlich kann man die Reaktion von Zellen auf Bestandteile des Feinstaubes überprüfen. Auf diese Weise konnte man z. B. einige Mechanismen, durch die Feinstaubbelastungen Asthmaanfälle auslösen oder verschlimmern, aufdecken.

Erst die Gesamtsicht aller dieser einzelnen Bausteine der Forschung kann ein Bild von den Gesundheitsrisiken durch Feinstaubbelastung geben. Dieses Bild ist heute klarer und detailreicher als noch vor wenigen Jahren. Der Beitrag des Feinstaubes bei einer Reihe von Erkrankungen ist kaum mehr umstritten, aber es ist auch klar geworden, dass die Auswirkungen von vielen spezifischen Eigenschaften des Staubgemisches abhängen, das wir täglich einatmen. Die weitere Erforschung dieser Eigenschaften wird dazu beitragen, die Staubbelastung wirksam zu reduzieren.

## 8.1 Zusammenfassung

Die gesundheitlichen Wirkungen von Feinstaub werden im niedrigen Konzentrationsbereich mithilfe von Provokationsexperimenten an Menschen (das sind Inhalationsversuche im Labor), durch epidemiologische Untersuchungen (das sind Untersuchungen mit großen Gruppen von Menschen hinsichtlich des Auftretens von Krankheiten und Todesfällen), im hohen Konzentrationsbereich mithilfe von Tierversuchen und zur Aufklärung von Wirkungsmechanismen mittels Untersuchungen von Gewebeproben und Zellsystemen im Labor wissenschaftlich erfasst.

## 9. Was wissen wir über Nanopartikel?

- Nanopartikel haben eine große Zukunft in Medizin und Technik, ihre gesundheitlichen Auswirkungen und Effekte auf das Ökosystem müssen aber vor ihrem massenhaften Einsatz geklärt werden
- Viele der Schadwirkungen von Nanopartikel können auf die Bildung von Sauerstoffradikalen zurückgeführt werden, es gibt aber auch spezifische, von den Charakteristika der Partikel abhängige Effekte, über die noch viel zu wenig bekannt ist

Nanopartikel sind Partikel mit einem Durchmesser von 1 bis 100 nm (1 nm ist ein Millionstel Millimeter). Sie sind daher mit dem Lichtmikroskop nicht sichtbar und haben atom- bis molekülähnliche Dimensionen. Das Präfix ‚Nano‘ hat wie ‚Bio‘ eine nahezu magische Wirkung auf Konsumenten und Politiker. Es signalisiert Modernität und Spitzentechnologie. Tatsächlich produziert z. B. jeder Dieselmotor Nanopartikel, sie sind im Zigarettenrauch vorhanden und entstehen durch Umwandlungsprozesse aus Vorläufergasen in der Atmosphäre. Während über diese unbeabsichtigt erzeugten Partikel einiges zur Schadwirkung bekannt ist, stellen absichtlich und für einen bestimmten Zweck hergestellte Nanopartikel eine neue Herausforderung für die Beurteilung hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Gesundheit und das Ökosystem dar.

Die Forschung zur Entwicklung von Nanopartikel nimmt rasant zu und Schätzungen gehen dahin, dass in den nächsten Jahren die Umsätze in diesem Bereich in die Tausende Milliarden Euro gehen werden. Es besteht die reale Befürchtung, dass die Erforschung der möglichen Nachteile für Umwelt und Gesundheit mit dieser Entwicklung nicht Schritt halten kann.

Man muss grundsätzlich zwischen Anwendungen der Nanotechnologie in der Medizin und in anderen Industriesparten wie der Kosmetikindustrie und der Genussmittelindustrie einerseits und der Herstellung von Werkstoffen für die Bauwirtschaft, Fahrzeugindustrie etc. andererseits unterscheiden. Anwendungen in der Medizin unterliegen – zumindest was die unmittelbare Wirkung auf den Menschen anlangt – strengen Prüfregeln. Darüber hinaus sind die für Anwendungen in Medizinprodukten

entwickelten Nanopartikel in vielen Fällen biologisch abbaubar (viele werden bereits im Patienten, dem sie verabreicht werden, abgebaut und gelangen deshalb nicht ins Ökosystem). Dennoch müssen auch für solche Anwendungen die bei der Produktion möglicherweise auftretenden Risiken für die Arbeitnehmer und, falls Bestandteile ausgeschieden werden, die Risiken für das Ökosystem erforscht werden. Hier besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Andere als medizinische Anwendungen der Nanotechnologie sind in ihren Wirkungen noch viel zu wenig bekannt und es besteht deshalb dringender Handlungsbedarf, für solche Produkte geeignete Methoden zu entwickeln, die eine Risikobeurteilung erlauben.

Ist es bloße Technikfeindlichkeit, die hier einer so gewinnträchtigen und zukunftsweisenden Technologie Sand ins Getriebe streuen will? Gewiss nicht. Wir wissen, dass ultrafeine Partikel im Atemtrakt ein höheres Potential besitzen, Zellen zu schädigen, Entzündungen und Gewebsumbau hervorzurufen als größere Partikel. Dabei hängt dieses Potential auch von der „Ummantelung“ der Partikel, von ihrer Neigung sich zusammenzulagern, von ihrer Form und von der Ladung, die sie an ihrer Oberfläche tragen, ab. Während man sagen kann, dass Nanopartikel in großer Menge unabhängig von den detaillierten Charakteristika allein durch die lokale Wirkung ihrer Masse schädlich sind, lässt sich dies im Allgemeinen für niedrige Mengen, wie sie etwa in der Atemluft bei der Anwendung eines Produktes auftreten, nicht ohne weiteres feststellen. Hier spielen die genannten Faktoren eine entscheidende Rolle. Deshalb müssen solche Partikel jeweils speziell für jeden Typ und Aufnahmepfad beurteilt werden.

Nanopartikel kommen schon heute in verschiedensten Produkten vor. Man muss dabei die Möglichkeit der Aufnahme solcher Partikel über die Haut (z. B. Sonnenschutzcremes), über den Atemtrakt (z. B. Sprays für schmutzabweisende Oberflächen) und über den Verdauungstrakt („Designerfood“) beachten.

Es wurde für verschiedenste Typen von Nanopartikel gezeigt, dass sie in der Lage sind, die Produktion von so genannten Sauerstoffradikalen zu erhöhen. Diese Radikale sind wegen ihrer Reaktionsfreudigkeit giftig und können zu lokalen Entzündungen und innerhalb von Zellen zu Schädigungen von Zellbestandteilen und zu Mutationen führen. Die Radikalbildung erklärt die lokalen Reaktionen, es ist aber auch bekannt, dass sie von der Eintrittspforte aus in Blutgefäße gelangen können und auf diesem Weg verbreitet

werden. Auch ein Eindringen über freie Nervenendigungen ist dokumentiert. Die Wirkungen innerhalb der Zelle können teilweise ebenfalls durch die Bildung von Sauerstoffradikalen vermittelt werden, jedoch sind auch spezifische von den Eigenschaften der Partikel abhängige Wirkungen möglich.

Ein weiteres Problem, das bisher unzulänglich erforscht ist, stellt die Verweildauer im Organismus dar. Im Tierversuch wurde gezeigt, dass sich Nanopartikel von der Eintrittspforte aus im Körper verbreiten und sich insbesondere in der Leber, aber auch in der Niere und in der Milz ansammeln. Ob und wie schnell Nanopartikel wieder ausgeschieden werden, kann für die meisten solcher Partikel heute nicht beantwortet werden.

## 9.1 Zusammenfassung

Mittels Nanopartikel werden sicher viele segensreiche technische und medizinische Anwendungen entwickelt werden, daneben gibt es aber den begründeten Verdacht, dass auch nachteilige Auswirkungen auf die Gesundheit und das Ökosystem auftreten können. Manche dieser gesundheitlichen Auswirkungen beruhen auf der Fähigkeit solcher Partikel die Bildung von Sauerstoffradikalen zu fördern. Es kann aber auch spezifische, von den jeweiligen Eigenschaften der Partikel abhängige Wirkungen geben. Diese müssen von Fall zu Fall untersucht werden, wobei auch die Verweildauer im Organismus und die Wirkung auf das Ökosystem beachtet werden müssen.



## 10. Lässt sich die Feinstaubkonzentration senken?

- Es muss dringend gehandelt werden
- Es ist bei allen Quellen anzusetzen
- Jeder kann etwas tun, um zur Minimierung der Feinstaubbelastung beizutragen

Obwohl auch Ferntransporte je nach Wetterlage zur Belastung beitragen, muss das erste Ziel die Reduktion der Schadstoffproduktion im eigenen Land sein. Hier ist es selbstverständlich wichtig, bei allen Partikelquellen anzusetzen und die Emissionen zu reduzieren. Dabei ist jenen Maßnahmen der Vorzug zu geben, die gleichzeitig auch andere günstige Effekte mit sich bringen (z. B. Lärmreduktion, Erhöhung der Verkehrssicherheit, Hebung der Lebensqualität, Verbesserung der Infrastruktur, Schaffung von Arbeitsplätzen, Einsparung von Treibhausgasen).

Aus ärztlicher Sicht sollten allerdings die in Verbrennungsvorgängen entstandenen Partikel bzw. frische, reaktive Abgase (wie sie etwa im Straßenraum eingeatmet werden) die höchste Priorität genießen. Staub aus natürlichen Quellen (Winderosion im Bereich landwirtschaftlicher Flächen, zu uns transportierter Wüstensand) dürfte hingegen weniger schädlich sein.

Zum Schutz der Gesundheit ist es höchste Zeit, dass umfassende Maßnahmen ergriffen werden. Dazu bedarf es klarer umweltpolitischer Rahmenbedingungen und einer aktiven Mithilfe und Unterstützung aus der Bevölkerung.

Im Folgenden finden Sie Tipps, wie jede/r Einzelne persönlich zu einer Reduktion der Feinstaubbelastung beitragen kann, sowie eine Übersicht über die wichtigsten Maßnahmen im Bereich der vier hauptsächlichen Verursacherguppen.



## 10.1 Was kann jede/r Einzelne tun?

Die meisten Tipps sind einfach im Alltag umzusetzen, kosten nichts (bzw. sparen Geld) und wirken sich positiv auf die Gesundheit und unsere Umwelt aus.

### Haushalt

- Die Wohnung nicht überheizen  
(optimale Raumtemperatur im Wohnzimmer ca. 20 bis 21 °C)
- Energie sparen: z. B. Stand-by-Betrieb von Elektrogeräten vermeiden, Fenster abdichten, Stoßlüften statt Fenster gekippt lassen, bessere Wärmedämmung
- Regelmäßig vom Installateur oder Rauchfangkehrer die Einstellungen am Heizsystem überprüfen lassen (weniger Abgase)
- Alte Holzheizungen ersetzen, den Einsatz einer thermischen Solaranlage erwägen
- Den Ofen nicht für die Müllverbrennung missbrauchen
- Auf Fernwärme, Nahwärme umsteigen
- Kauf von lokalen, umweltfreundlich erzeugten Produkten:  
So ersparen Sie der Umwelt lange Transportwege und der Luft viele unnötige Abgase

### Verkehr und Mobilität

- Kurzfahrten mit dem Auto nach Möglichkeit vermeiden, mehr zu Fuß gehen oder Rad fahren und sich so jeden Tag 30 Minuten körperlich bewegen:  
Dies ist erwiesenermaßen gut für Ihre Gesundheit

- Hohe Geschwindigkeiten vermeiden. Selbst beim gleichförmigen Fahren nehmen Abgase, Staub aus Abrieb und Aufwirbelung und der Spritverbrauch mit zunehmender Geschwindigkeit zu.  
Noch ausgeprägter ist dies bei häufigem Beschleunigen und Bremsen
- Klimaanlage und Heckscheibenheizung bewusst (nicht) verwenden
- Steht das Auto – Motor abschalten:  
Müssen Sie länger als 20 bis 30 Sekunden anhalten  
(Bahnübergang, Stau), stellen Sie den Motor ab
- Öffentliche Verkehrsmittel in die Überlegungen  
„Wie komme ich am besten da- und dorthin?“ einbinden
- Fahrgemeinschaften bilden
- Wenn Sie ein Dieselauto kaufen, dann bitte nur eines mit Partikelfilter

### **10.2 Übersicht über wichtige Maßnahmen zur Feinstaub-Reduktion bei den hauptsächlichsten Verursachergруппen**

#### Industrie

- Eine weitere Verminderung der Staubemissionen bei Großfeuerungsanlagen ist durch Verbesserungen bzw. Erweiterungen der bestehenden Filteranlagen möglich
- Alle Staub produzierenden Anlagen müssen nach dem Stand der Technik betrieben werden
- Förderung von Maßnahmen zur Staubreduktion im Bereich der Energieproduktion und der Industrie
- Vorschreibung von Maßnahmen zur Reduktion der diffusen Staubemissionen

- Staub mindernde Maßnahmen in der Bauwirtschaft nach Vorbild der Schweizer Baurichtlinie
- Festschreibung von europaweit einheitlichen Emissionsgrenzwerten für wesentliche Großemittenten

## Hausbrand

- Ehrliche Information der Bevölkerung zum Thema „Feinstaub aus Holzheizungen“, Berücksichtigung des Problems bei Förderungen
- Vermehrter Einsatz von Nah- und Fernwärme
- Initiative zum Austausch alter Festbrennstoff-Einzelöfen
- Wärmedämmmaßnahmen
- Kontrollen zur Vermeidung des Inverkehrbringens von nicht mehr zulässigen Feuerungsanlagen
- In Zukunft sollten auch Holzheizungen Partikelfilter besitzen

## Verkehr

### Verkehrslenkende und verkehrsreduzierende Maßnahmen:

- Optimierung des Verkehrsflusses
- Die Förderung des öffentlichen Verkehrs und des Güterverkehrs auf der Schiene muss weiterhin aufrecht bleiben (z. B. kein Kahlschlag bei so genannten Nebenbahnen und Bussen im ländlichen Raum)
- Weiterer Ausbau des Radwegenetzes

- Fahrverbote für Kfz mit hohem Feinstaub-Ausstoß (alte Lkw, Sport Utility Vehicles [SUV] etc.) in belasteten Straßen und Gebieten, Routenführung für Lkw, Vermeidung von Transitverkehr durch Innenstädte
- Citymaut bzw. effiziente und erweiterte Parkraumbewirtschaftung
- Verkehrsberuhigte Zonen und Geschwindigkeitsbeschränkungen
- Bewusstseinsbildende Maßnahmen – Informationskampagnen
- Staffelung der bestehenden Maut nach Abgaswerten
- Überprüfung von Straßenbauplänen unter dem Aspekt der Feinstaub-Problematik
- Verbindliche Richtlinien für die Raumordnung, um weitere Zersiedelung mit allen ihren Folgen (Zunahme des Kfz-Verkehrs etc.) zu verhindern
- Reformierung des amtlichen Kilometergeldes mit dem Ziel, die Benutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln zu forcieren

### Technische Maßnahmen im Verkehrsbereich:

- Optimierung des Streusplittmanagements, der Straßenreinigung, regelmäßige Nassreinigung von Straßen
- Einsatz abgasarmer städtischer Fahrzeuge, Nachrüsten bestehender Flotten mit Partikelfiltern, Umrüsten städtischer Fahrzeuge auf Erdgas
- Förderung des Einbaus von Nachrüst-Partikelfiltern bei Lkw und Pkw
- Einbau von Dieselpartikelfiltern im Off-Road-Bereich
- Spritspar-Initiative und Förderung des Mobilitätsmanagements

- Förderung von Entwicklung und Anwendung alternativer Fahrzeug- und Antriebskonzepte (alternative Kraftstoffe, Hybridkonzepte etc.)
- Kontrolle der Einhaltung von Emissionsstandards –  
Kontrollen hinsichtlich Schadstoffausstoß von Kfz verschärfen

## Landwirtschaft

Zudem sind auch im landwirtschaftlichen Bereich unbedingt Maßnahmen vonnöten. Zu nennen sind etwa die Verringerung der Ammoniak-Emissionen (Ammoniak ist eine Feinstaub-Vorläufersubstanz), die Begrünung von Brachflächen und Feldwegen sowie eine restriktive Handhabung der Ausnahmegenehmigungen für das Verbot von pflanzlichen Materialien.

# 11. Feinstaubmessung in Kärnten

- Seit dem Jahr 2001 werden in Kärnten Feinstaub-Messungen gemäß IG-L durchgeführt
- In Kärnten werden die Feinstaub-Grenzwerte vor allem in den Ballungsräumen der inneralpinen Tal- und Beckenlagen im Nahbereich von Partikelquellen überschritten
- Die Feinstaub-Messwerte in Kärnten sind mit jenen in topographisch ähnlich gelegenen Bereichen Österreichs vergleichbar

## 11.1 Messnetz

Gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) besteht u. a. die Verpflichtung, die Feinstaub-Konzentration ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ) zu messen, die Einhaltung der festgelegten Immissionsgrenzwerte zu kontrollieren und die zeitliche Entwicklung der Immissionssituation (Trendabschätzung) zu beurteilen. In Kärnten wird diese Aufgabe von der Abteilung 15 Umwelt – UA Ökologie und Umweltdaten des Amtes der Kärntner Landesregierung wahrgenommen.

Infolge einer Novellierung des IG-L erfolgt seit dem Jahr 2001 die gravimetrische Messung der  $PM_{10}$ -Konzentration (= Referenzmessverfahren lt. EN 12341), wobei vorerst drei Messstellen (in Klagenfurt, Villach und Arnoldstein) eingerichtet worden sind und in den Jahren 2002 und 2003 je eine weitere Messstelle in Wolfsberg bzw. in Klagenfurt hinzugekommen ist. In Klagenfurt wird zudem seit dem Jahr 2005 die  $PM_{2,5}$ -Konzentration gravimetrisch erfasst. Bei einer Messstelle in Klagenfurt und in Arnoldstein werden zusätzlich die Inhaltsstoffe Blei, Nickel, Arsen, Cadmium bzw. Blei, Nickel, Arsen, Cadmium, Zink, Kobalt, Antimon und Vanadium in  $PM_{10}$  analysiert.

Aufgrund des erheblichen Aufwands der gravimetrischen Feinstaubbestimmung und der verfahrensbedingt zeitverzögerten Verfügbarkeit der Messdaten wurden im Zuge der Erneuerung der gesamten Messgeräteausstattung des automatisierten Luftgütemessnetzes Kärnten im Jahr 2006 sämtliche Schwebestaub-Messgeräte (TSP)

gegen PM<sub>10</sub>-Messgeräte ausgetauscht, die kontinuierlich PM<sub>10</sub>-Werte liefern. Diese werden stündlich aktualisiert auf der Homepage der Abteilung 15 veröffentlicht [1] und sind als Teil der österreichweiten PM<sub>10</sub>-Messwerte auch auf der Homepage des Umweltbundesamtes abrufbar [2].

Eine Übersicht über das Kärntner Feinstaub-Messnetz gibt Abbildung 7.

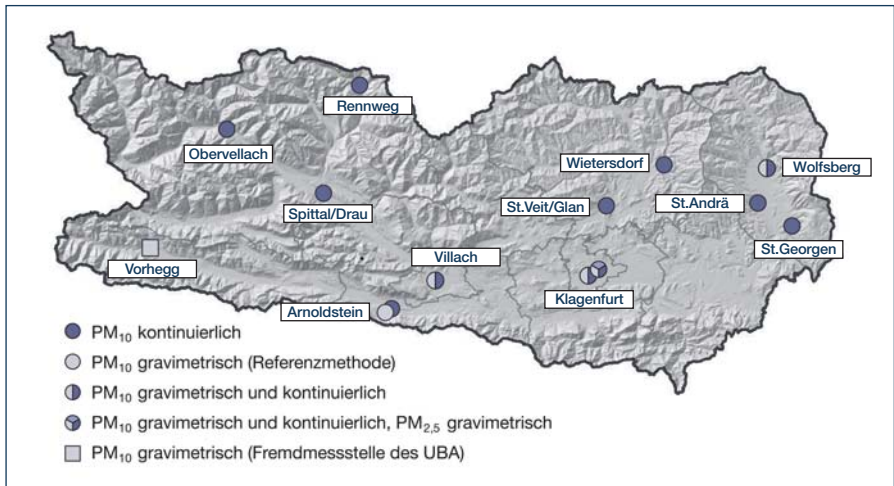


Abbildung 7: Luftgütemessnetz Kärnten, ortsfeste Feinstaub-Messstellen 2007

## 11.2 Ergebnisse

Die regionale PM<sub>10</sub>-Hintergrundbelastung in Kärnten beträgt rund 20 µg/m<sup>3</sup> und wird zum Teil auch von Episoden mit überregionalem, kontinentalem Ferntransport (primäre und sekundäre Partikel aus Ost- und Mitteleuropa) beeinflusst. Je nach topographischer Lage (Ballungsräume) setzt auf dieser regionalen noch eine lokale Hintergrundbelastung bis zu ca. 10 µg/m<sup>3</sup> auf, sodass in Verbindung mit den örtlichen meteorologischen Verhältnissen (Inversionshäufigkeit in inneralpinen Tal- und Beckenlagen) Grenzwert-Überschreitungen vor allem im Nahbereich von Partikelquellen (z. B. Verkehr, Hausbrand) leicht möglich sind.

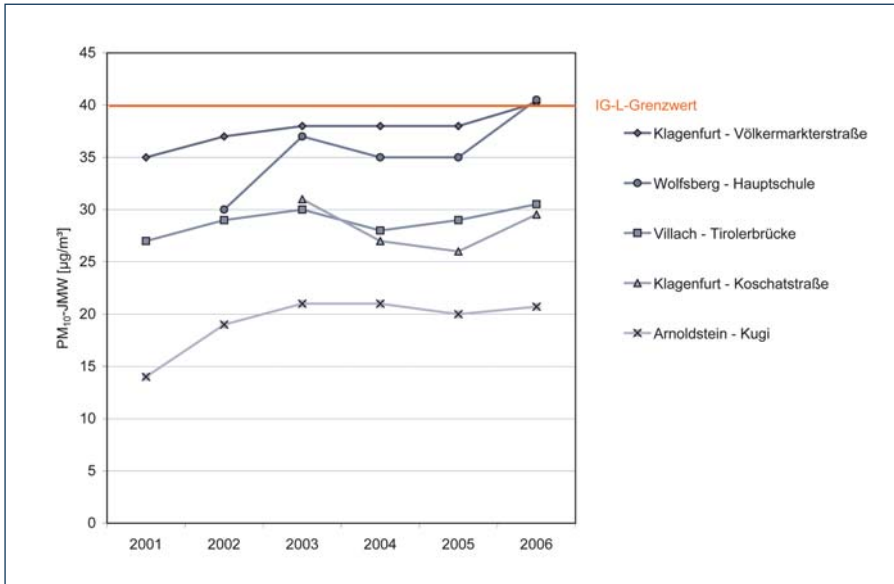


Abbildung 8: Entwicklung der gravimetrisch ermittelten  $PM_{10}$ -Jahresmittelwerte 2001-2006. Bei der Messstelle „Wolfsberg – Hauptschule“ gibt es für das Jahr 2002 keinen vollständigen JMW (Beginn der Messungen am 3.5.2002).

Die Abbildung 8 zeigt, dass der  $PM_{10}$ -Grenzwert für den Jahresmittelwert (JMW) von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemäß IG-L erstmals an der Messstelle „Wolfsberg – Hauptschule“ im Jahr 2006 überschritten wurde. Im Verlauf der Jahresmittelwerte ist auch die Wertevarianz infolge meteorologischer Einflüsse (strenge Winter mit häufig länger andauernden Inversionen) erkennbar.



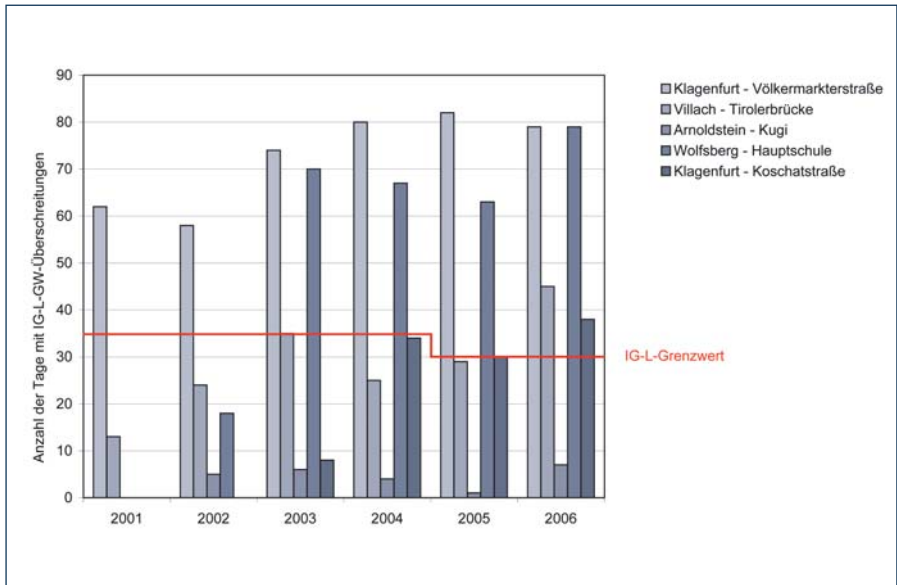


Abbildung 9: Anzahl der Tage mit Überschreitungen des IG-L-Grenzwertes für PM<sub>10</sub> in den Jahren 2001-2006

Aus Abbildung 9 geht hervor, dass vor allem in den verkehrsnahen Bereichen der Ballungsräume Klagenfurt, Villach und Wolfsberg z. T. deutliche Überschreitungen der pro Kalenderjahr zulässigen Anzahl von Tagen mit Tagesmittelwerten (TMW) über dem gemäß IG-L festgelegten Grenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> zu verzeichnen sind. Mit 1.1.2005 erfolgte eine Reduktion der zulässigen Anzahl der Grenzwert-Überschreitungen von 35 auf 30 Tage pro Kalenderjahr.

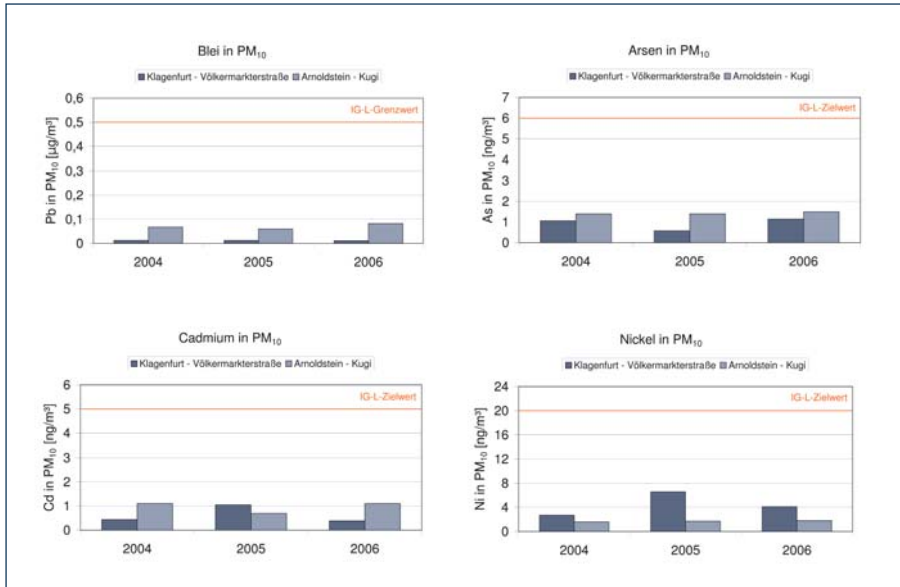


Abbildung 10: JMW der PM<sub>10</sub>-Inhaltsstoffe in den Jahren 2004-2006 an den Messstellen „Klagenfurt – Völkermarkterstraße“ und „Arnoldstein – Kugi“

Die gemessenen Konzentrationen der Inhaltsstoffe Blei, Arsen, Cadmium und Nickel in PM<sub>10</sub> liegen deutlich unter den als JMW festgelegten Grenz- bzw. Zielwerten (Abbildung 10).

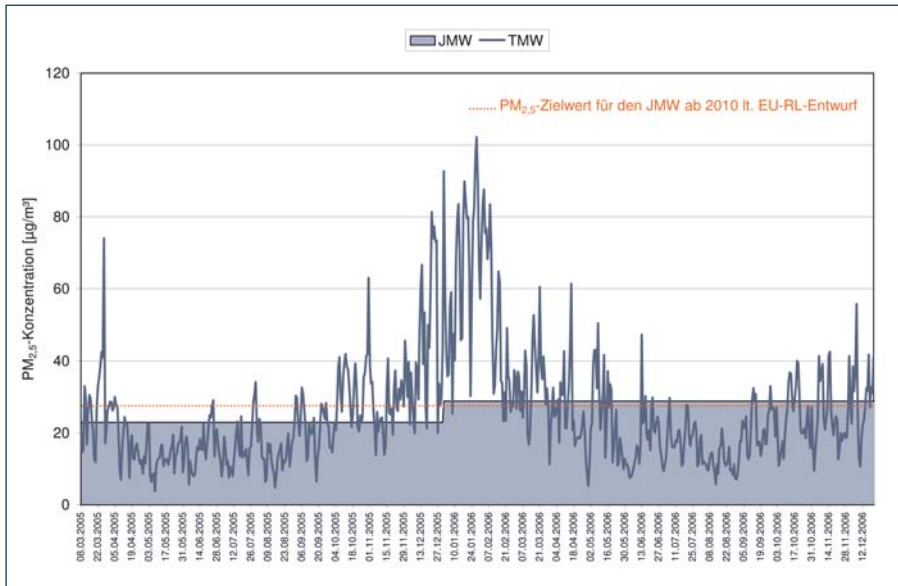


Abbildung 11: TMW- und JMW-Verlauf der  $PM_{2,5}$ -Konzentration an der Messstation „Klagenfurt – Völkermarkter Straße“

Wie aus Abbildung 11 ersichtlich, treten auch bei  $PM_{2,5}$  höhere Messwerte typischerweise während des Winterhalbjahres auf. Als Quellen sind vor allem Verbrennungsvorgänge (Verkehr, Hausbrand, Industrie), Landwirtschaft ( $NH_3$ ) und atmosphärische Transformationen (Sekundärpartikel) zu nennen. Für  $PM_{2,5}$  findet sich im Richtlinienentwurf der Europäischen Kommission vom 30.11.2007 eine Konzentrationsbegrenzung von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (JMW) als Zielwert ab 2010 und als Grenzwert ab 2015.

Ergebnisse zu den Feinstaub-Messungen werden in Tages-, Monats- und Jahresberichten publiziert [3]. Ein bundesweiter Jahresbericht wird vom Umweltbundesamt erstellt [4].

[1] [www.umwelt.ktn.gv.at/luft/pm10/feinstaub\\_online.htm](http://www.umwelt.ktn.gv.at/luft/pm10/feinstaub_online.htm)

[2] [www.umweltbundesamt.at/umwelt/luft/luftguete\\_aktuell/tgl\\_bericht](http://www.umweltbundesamt.at/umwelt/luft/luftguete_aktuell/tgl_bericht)

[3] [www.verwaltung.ktn.gv.at/7791\\_DE.61B9FFC12144023](http://www.verwaltung.ktn.gv.at/7791_DE.61B9FFC12144023)

[4] [www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete\\_aktuell/jahresberichte](http://www.umweltbundesamt.at/umweltschutz/luft/luftguete_aktuell/jahresberichte)

## 12. Maßnahmen zur Senkung der Feinstaubbelastung in Kärnten

- Bei Überschreitung von festgelegten Immissionsgrenzwerten hat der Landeshauptmann eine Stuserhebung und basierend darauf ein Programm zur Einhaltung der Grenzwerte zu erstellen
- Für Feinstaub wurden in den Jahren 2001, 2003 und 2006 in den Bereichen Klagenfurt, Wolfsberg und Villach Grenzwertüberschreitungen festgestellt
- Mit Verordnung des Landeshauptmannes vom 10. Jänner 2006 wurde der PM<sub>10</sub>-Maßnahmenkatalog Klagenfurt erlassen

Ziel der Feinstaubmessungen ist der dauerhafte Schutz der menschlichen Gesundheit vor schädlichen PM<sub>10</sub>-Konzentrationen, die vorsorgliche Verringerung der PM<sub>10</sub>-Immissionen und die Bewahrung der besten mit nachhaltiger Entwicklung verträglichen Luftqualität in Gebieten, die bessere Werte für die Luftqualität aufweisen als die festgelegten Immissionsgrenz- und zielwerte sowie die Verbesserung der Luftqualität durch geeignete Maßnahmen in Gebieten, die schlechtere Werte für die Luftqualität aufweisen.

Sofern an einer Messstelle eine Überschreitung eines festgelegten Immissionsgrenzwertes auftritt, welche nicht auf einen Störfall oder eine andere in absehbarer Zeit nicht wiederkehrende erhöhte Immission zurückzuführen ist, hat der Landeshauptmann eine Stuserhebung zu erstellen. Diese hat jedenfalls die Darstellung der Immissions-situation für den Beurteilungszeitraum, die Beschreibung der meteorologischen Situation, die Feststellung und Beschreibung der in Betracht kommenden relevanten Emittenten oder Emittentengruppen und eine Abschätzung ihrer Emissionen sowie die Feststellung des voraussichtlichen Sanierungsgebietes zu enthalten. Zur Erreichung der oben angeführten Ziele hat der Landeshauptmann auf Grundlage der Stuserhebung und eines allenfalls erstellten Emissionskatasters sowie unter Berücksichtigung allfälli-

ger Stellungnahmen ein Programm (vormals Maßnahmenkatalog) zu erstellen, in dem Maßnahmen in Hinblick auf die Einhaltung der Grenzwerte festgelegt werden.

In Anbetracht der Vielzahl der Quellen und des z. T. weiträumigen Schadstofftransports ist eine Reduktion der PM<sub>10</sub>-Belastung nicht allein durch Einzelmaßnahmen bei bestimmten Verursachern möglich. Vielmehr müssen alle relevanten Emittenten in einem unter Umständen weiten geographischen Bereich erfasst werden, wodurch ein Bündel vielfältiger, koordinierter Maßnahmen auf verschiedenen Ebenen erforderlich ist [1].

Die IG-L-Grenzwerte für PM<sub>10</sub> sind mit 7.7.2001 in Kraft getreten. Die erste Grenzwertüberschreitung wurde bereits bis zum Jahresende 2001 an der Messstelle „Klagenfurt – Völkermarkterstraße“ (36 TMW über 50 µg/m<sup>3</sup> ab 7.7.2001, 62 TMW über 50 µg/m<sup>3</sup> im gesamten Kalenderjahr 2001) festgestellt, die zweite an der Messstelle „Wolfsberg – Hauptschule“ (70 TMW über 50 µg/m<sup>3</sup>) im Jahr 2003 und die dritte an der Messstelle „Villach – Tiroler Brücke“ (45 TMW über 50 µg/m<sup>3</sup>) im Jahr 2006. In allen drei Fällen wurde die österreichische Umweltbundesamt GmbH durch das Amt der Kärntner Landesregierung mit der Erstellung einer diesbezüglichen Stuserhebung beauftragt. Diese ist für die Bereiche Klagenfurt und Wolfsberg bereits abgeschlossen [2] und für den Raum Villach in Arbeit (Fertigstellung im Jahr 2008).

Mit Verordnung des Landeshauptmannes vom 10. Jänner 2006 wurde der PM<sub>10</sub>-Maßnahmenkatalog Klagenfurt erlassen, wobei das Stadtgebiet der Landeshauptstadt als Sanierungsgebiet ausgewiesen wurde.

Ein fortlaufend aktualisierter Maßnahmenkatalog zu den Handlungsbereichen

- Straßenerhaltung / Fuhrpark / Baustellen
- Hausbrand / Fernheizkraftwerk
- Verkehrslenkung / Verkehrsplanung / Raumplanung
- innovative Maßnahmen und PR

existiert bereits für die Landeshauptstadt Klagenfurt [3] und ist für die Stadt Wolfsberg in Ausarbeitung (Fertigstellung im Jahr 2008).

[1] [www.umweltbundesamt.at/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub\\_id=1558](http://www.umweltbundesamt.at/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub_id=1558)

[2] [www.verwaltung.ktn.gv.at/7791\\_DE.61B9FFC12144023](http://www.verwaltung.ktn.gv.at/7791_DE.61B9FFC12144023)

[3] [www.klagenfurt.at/inhalt/4454.htm](http://www.klagenfurt.at/inhalt/4454.htm)

## **Impressum:**

### **Herausgeber:**

Amt der Kärntner Landesregierung  
Abteilung 12 – Sanitätswesen  
UA Umweltmedizin und Gesundheitsförderung  
9020 Klagenfurt  
Tel.: 050 / 536 – 31272  
Mail: [abt12.umweltmedizin@ktn.gv.at](mailto:abt12.umweltmedizin@ktn.gv.at)  
Internet: [www.gesundheit-kaernten.at](http://www.gesundheit-kaernten.at)

### **Autoren:**

Dipl.-Ing. Gerhard Heimbürger  
(Amt der Kärntner Landesregierung, Abteilung 15 – Umwelt)

OA Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Hutter  
(ExpertInnengruppe Medizin und Umweltschutz; Institut für Umwelthygiene,  
Medizinische Universität Wien)

Ao. Univ.-Prof. Dr. Michael Kundi  
(Institut für Umwelthygiene, Medizinische Universität Wien)

OA Dr. Hanns Moshhammer  
(Institut für Umwelthygiene, Medizinische Universität Wien)

Dr. Jürgen Schneider (Umweltbundesamt)

Dr. Peter Wallner (ExpertInnengruppe Medizin und Umweltschutz)

### **Redaktion:**

OA Dipl.-Ing. Dr. Hans-Peter Hutter  
Ing. Gabriela Pridnig

### **Konzeption:**

Ulrike Wöhlert, Agentur Echtzeit, [www.in-echtzeit.at](http://www.in-echtzeit.at)

### **Design, Gestaltung:**

Gundula Alexandra Karl, [www.gundulakarl.at](http://www.gundulakarl.at)

### **Druck:**

Kreiner Druck



# **Eine Initiative des Gesundheitsreferenten des Landes Kärnten**