

Untersuchung des Einflusses der Feinstaubbelastung (PM10) auf die notfallmässigen Spitaleinweisungen in den Jahren 2001 bis 2006

Kurzbericht

Erstellt im Auftrag der Kantone

Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Bern, Genf, Luzern, Nidwalden, Obwalden, Schwyz, Solothurn, St. Gallen, Tessin, Uri, Waadt, Wallis, Zug und Zürich

Verfasst von:

Dr. phil. Christian Schindler, ISPM Basel
Dr. phil. Leticia Grize, ISPM Basel
Reto Schüpbach, AWEL
Gian-Marco Alt, AWEL
Dr. sc. techn. Robert Gehrig, Empa

Basel/Zürich, Juni 2009

 **Baudirektion
Kanton Zürich**

AWEL Amt für
Abfall, Wasser, Energie und Luft

Management Summary

Die Studie weist nach, wie sich eine erhöhte Feinstaubbelastung (PM10) auf die Anzahl notfallmässiger Spitaleinweisungen auswirkt. Erhöhte PM10-Werte lassen die Zahl notfallmässiger Spitaleinlieferungen kurzfristig ansteigen. Die gesundheitlichen Auswirkungen betreffen dabei vor allem das Herz und die Lunge. Verstärkt treten die gesundheitlichen Auswirkungen bei älteren Personen auf. Die Wirkungen sind auch in schwach belasteten Regionen der Schweiz zu beobachten.

Einleitung

Diese Studie entstand in Zusammenarbeit zwischen dem Institut für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Basel und dem Amt für Abfall, Wasser, Energie und Luft des Kantons Zürich. Sie wurde von einem Konsortium von Kantonen (Zürich, Basel-Stadt, Basel-Land, Bern, St. Gallen, Solothurn, Luzern, Zug, Schwyz, Uri, Ob- und Nidwalden, Waadt, Genf, Wallis und Tessin) in Auftrag gegeben. Den Ausgangspunkt des Projekts bildete die Frage, inwieweit sich kurzzeitig erhöhte Feinstaubkonzentrationen auch in der Schweiz auf die Spitaleinweisungen auswirken. Aufgrund von Resultaten der europäischen APHEA2-Studie^[1], welche Daten aus über 30 europäischen Städten einbezog, war bisher lediglich bekannt, dass erhöhte Feinstaubkonzentrationen auch in der Schweiz zu vermehrten Todesfällen führen. Die Schweiz war in APHEA mit den drei grössten städtischen Agglomerationen Zürich, Genf und Basel vertreten. Bei der Untersuchung von kurzfristigen Effekten des Feinstaubes auf notfallmässige Spitaleinweisungen beschränkte sich die APHEA-Studie^[2,3] jedoch auf grosse europäische Städte. Parallele Auswertungen von Schweizer Spitaldaten durch einen der Autoren der vorliegenden Studie ergaben zwar auch bereits Hinweise auf mögliche Feinstaubeffekte bei Spitaleinweisungen in Zürich, Basel und Genf in den Jahren 1990 - 1996^[4], aber aufgrund der beschränkten Datenqualität liessen diese Resultate keine zuverlässigen Schlüsse zu.

Die vorliegende Studie beschreitet für die Schweiz Neuland. Zum ersten Mal konnten zuverlässige und umfassende Spitaleinweisungszahlen mit PM10-Tagesmittelwerten korreliert werden. Möglich machte dies die Einführung der nationalen Spitalstatistik im Jahre

2000 und die Umstellung von Gesamtschwebstaub- auf PM10-Messungen im Jahre 1998. Durch den zusätzlichen Einbezug nicht-städtischer Gebiete könnte die vorliegende Studie international einen gewissen Stellenwert bekommen, haben sich doch Studien dieser Art bisher vorwiegend auf grosstädtische Gebiete beschränkt.

Ein spezielles Augenmerk galt den Spitaleinweisungen aufgrund von Problemen im Bereich des Herzens, des Kreislaufs und der Lunge. Diese Organe reagieren am stärksten auf kurzzeitige Veränderungen in der Luftqualität. Die Auswertungen stützten sich primär auf die Spitaldaten der Jahre 2001 – 2005, welche vom Bundesamt für Statistik zur Verfügung gestellt wurden. Da wegen des interkantonalen Interventionskonzepts PM10 die gesundheitlichen Auswirkungen von Smogepisoden besonders interessieren, wurde in einer gesonderten Auswertung auch die Smogepisode im Januar/Februar 2006 genau betrachtet.

Leserinnen und Leser, die sich im Detail über die Resultate der Studie informieren möchten, seien auf den umfassenden Bericht^[5] verwiesen, welcher unter <http://www.feinstaub.ch> bezogen werden kann.

Verwendete Fachbegriffe aus Luftreinhaltung, Medizin und Statistik werden in einem Glossar am Ende dieses Berichtes erläutert.

Zu den Methoden der Studie

Aufgrund verschiedener Kriterien wurden für diese Auswertungen 12 Untersuchungsregionen definiert (s. Abbildung 1). Jede dieser Untersuchungsregionen sollte innerhalb ihres Perimeters möglichst ähnliche PM10-Verläufe aufweisen und musste über eine für das gesamte Gebiet repräsentative stationäre Messstation verfügen, die qualitativ hoch stehende Tageswerte von PM10 lieferte. Zudem mussten die Gebiete aus so genannten MedStat-Regionen zusammengesetzt sein, wie sie das Bundesamt für Statistik bei der geographischen Gliederung der Spitaldaten verwendet. Dabei wurden nur MedStat-Regionen berücksichtigt, in denen mindestens 90% der Bevölkerung unter der durchschnittlichen Inversionsgrenze von 900 m.ü.M. lebten. Eine Ausnahme bildete der Kanton Wallis. Hier hätten aufgrund dieser Bedingung zu viele MedStat-Regionen von der Analyse ausgeschlossen werden

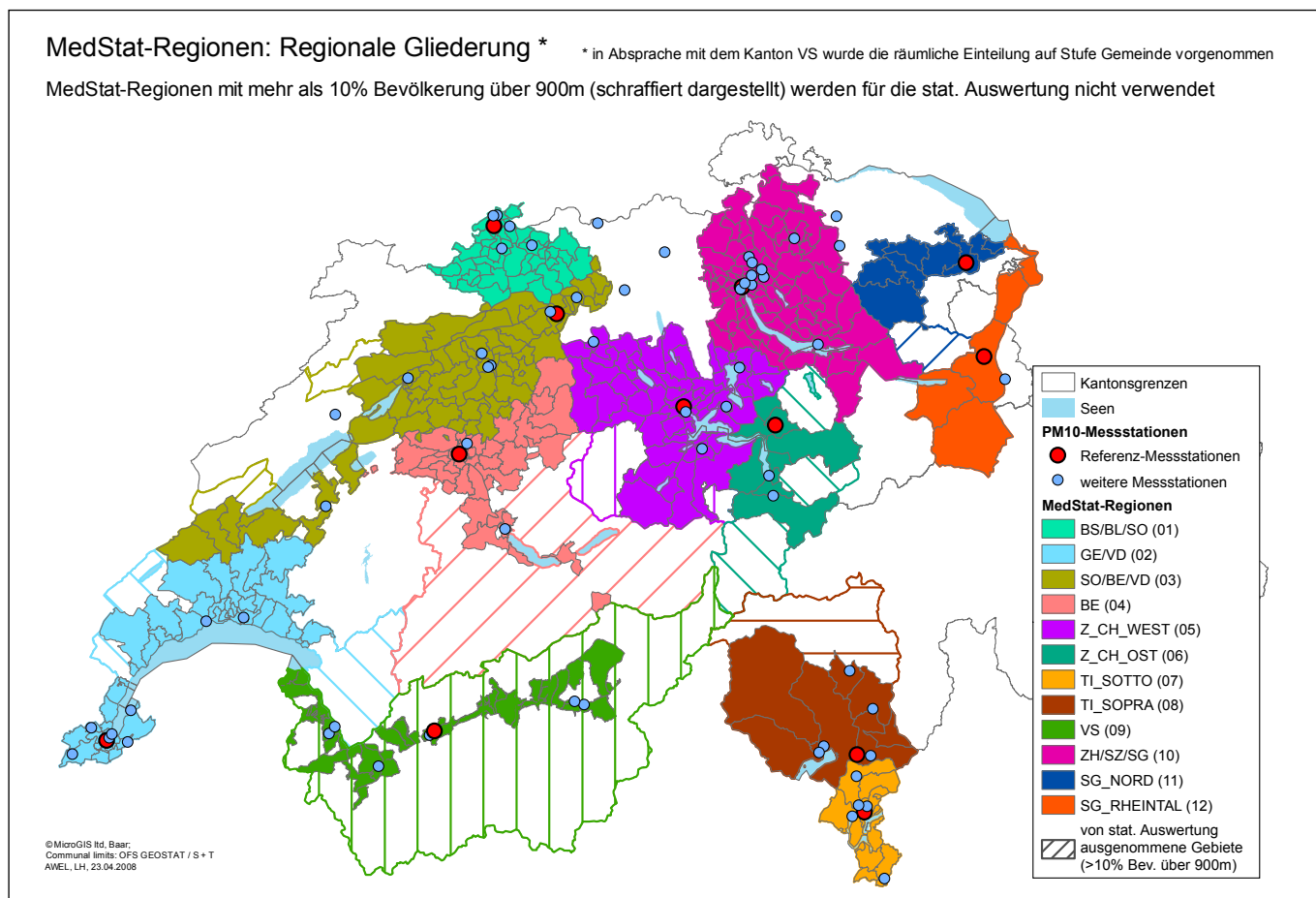


Abbildung 1. Die 12 Untersuchungsregionen und die zugehörigen Referenzstationen der Luftschadstoffmessungen.

müssen. Die medizinischen Daten wurden daher vom statistischen Amt des Kantons Wallis nach einzelnen Gemeinden geliefert.

Die statistische Auswertung der Spitaleinweisungsdaten verwendet Regressionsmodelle. Diese beziehen verschiedene Faktoren ein, die die Zahl der Notfalleinweisungen nachweislich beeinflussen. Dazu gehören systematische Veränderungen über die Zeit, saisonale Einflüsse, Unterschiede zwischen den verschiedenen Wochentagen und Einflüsse des Wetters (s. Abbildung 2). Da die Zahl der Spitaleinweisungen während Grippeperioden deutlich ansteigt, wurden auch Grippe-daten des Sentinella-Netzwerks verwendet.

Für die Auswertungen wurden verschiedene Durchschnittswerte der PM10-Belastung betrachtet:

- der Zweitagesdurchschnitt (d.h. die mittlere PM10-Belastung während des Einweisungstages und des Vortages),
- der Viertagesdurchschnitt (d.h. der Mittelwert der PM10-Belastung während des Ereignistages und der drei Vortage) sowie
- der Siebentagesdurchschnitt (welcher sinngemäss definiert wurde).

In Anlehnung an die APHEA-Studie^[1] wurde zunächst der Zweitagesdurchschnitt von PM10 betrachtet. Zudem wurden bei den Auswertungen drei verschiedene Altersgruppen unterschieden:

- die gesamte Bevölkerung
- Personen über 65 Jahre
- Personen über 75 Jahre

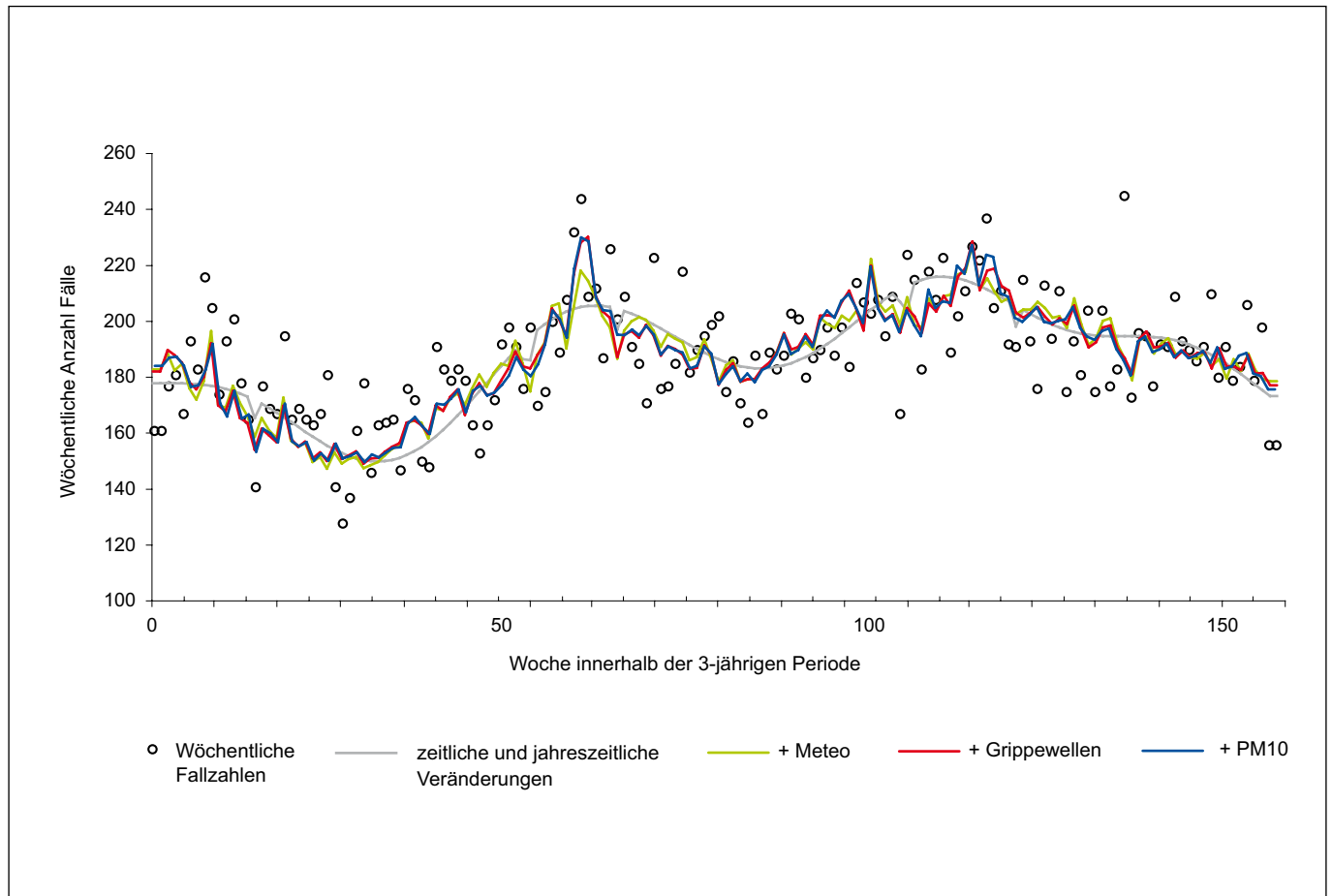


Abbildung 2. Wöchentliche medizinische Notfallmässige Spitaleinweisungen in der Region Sottoceneri in den Jahren 2004–2006.

Die Abbildung illustriert den Aufbau unseres Modells der notfallmässigen Spitaleinweisungen am Beispiel der Region Sottoceneri. Die wöchentlichen Fallzahlen sind durch kleine Kreise dargestellt. Die graue Linie entspricht dem einfachsten Modell, das lediglich die zeitlichen Veränderungen und jahreszeitlichen Schwankungen der Spitaleinweisungen beschreibt. Die grüne Linie entspricht dem Modell, welches zusätzlich die Einflüsse des Wetters berücksichtigt. Wird auch der Einfluss von Grippewellen erfasst, so entsteht das Modell, das durch die rote Linie beschrieben wird. Die blaue Linie schliesslich gehört zum vollständigen Modell, das zusätzlich auch die Einflüsse von PM10 widerspiegelt. Gegenüber den ersten drei Einflussfaktoren (Zeitliche und saisonale Veränderungen, Wetter und Grippewellen), hat die PM10-Belastung einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die Notfallmässigen Spitaleinweisungen.

Ergebnisse

Regionale Unterschiede in den Spitaleinweisungen und in der PM10-Belastung

Die täglichen Durchschnittswerte der PM10-Belastung variierten in allen zwölf Regionen naturgemäss ziemlich stark (Abbildung 3). Die regionalen Durchschnittswerte der PM10-Konzentration in der Untersuchungsperiode von 2001 bis 2005 lagen zwischen $19.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (in Region SG_Nord (11)) und $33.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (in Region TI_SOTTO (07)). Auch bei den Notfalleinweisungsraten zeigten sich regionale Unterschiede. Die tiefsten Einweisungsraten lagen bei durchschnittlich etwa 10 Fällen pro Tag und

100'000 Einwohnern und die höchsten Raten bei 13 Fällen. Die Einweisungsraten der kardiovaskulären Notfälle bewegten sich im Bereich von 2 bis 3 Fällen und die Einweisungsraten der respiratorischen Notfälle im Bereich von 1 bis 1.5 Fällen pro Tag und 100'000 Einwohnern (Abbildung 4). Besonders hoch lagen die Raten der kardiovaskulären Notfälle im Kanton Tessin.

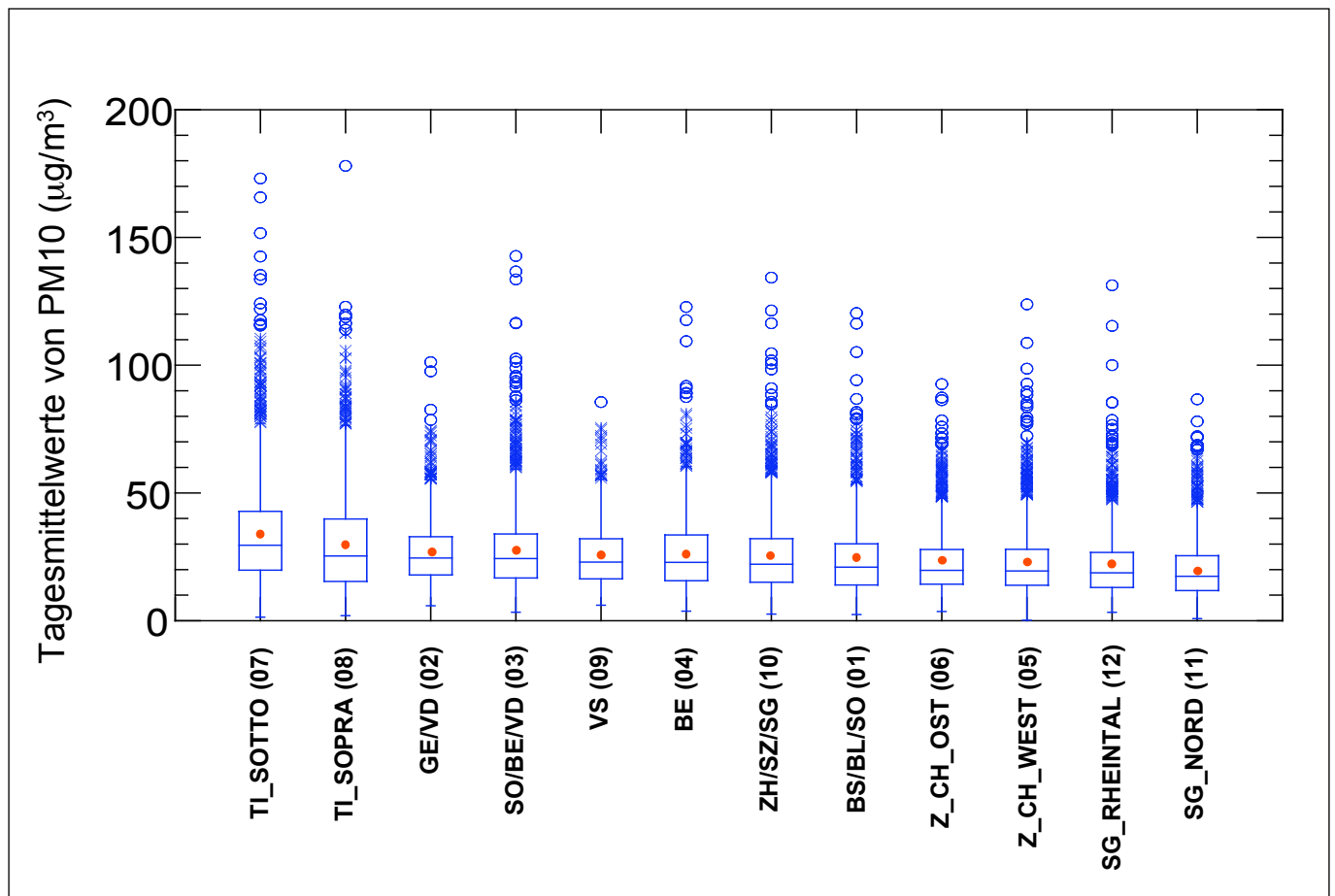


Abbildung 3. Geographische Unterschiede in der Feinstaubbelastung (2001-2005).

Die Kistendiagramme beschreiben die Verteilung der täglichen Feinstaubwerte pro Region. Die Kiste selber umfasst jeweils die zentralen 50% der Werte. Der untere Kistenrand entspricht dem 25. und der obere Kistenrand dem 75. Perzentil der Daten. Der Median der Daten wird durch die horizontale Linie innerhalb der jeweiligen Kiste dargestellt. Der rote Punkt innerhalb der Kiste entspricht dem Mittelwert. Einzeln dargestellt sind Werte, welche mehr als 1.5 Kistenlängen vom jeweiligen Kistenrand entfernt sind.

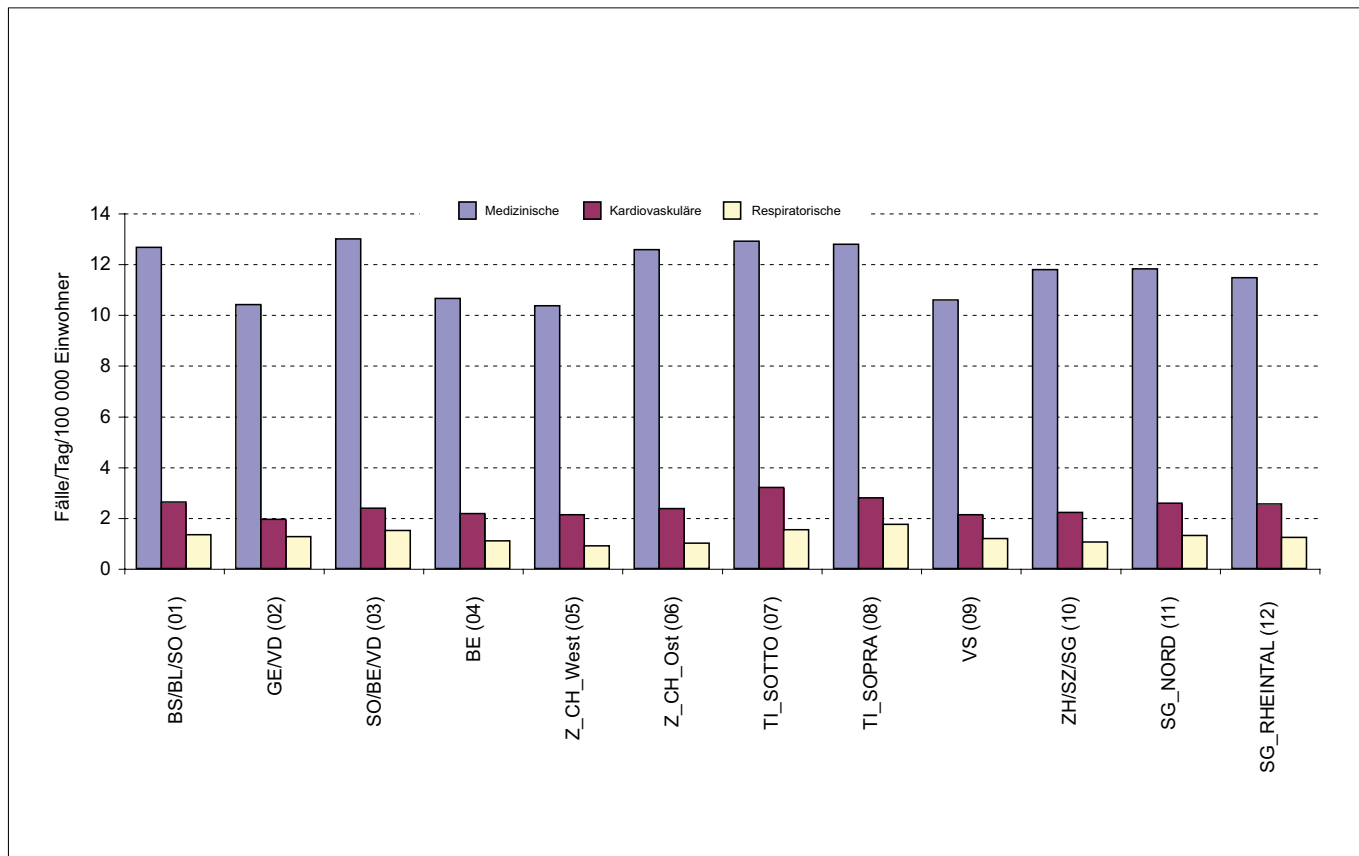


Abbildung 4. Geographische Unterschiede in den Notfalleinweisungsraten des Jahres 2004.

Da die Zahl der Spitaleinweisungen massgeblich durch die Altersstruktur in der betreffenden Region beeinflusst wird, wurden die Einweisungsraten altersstandardisiert (d.h. auf eine einheitliche Altersstruktur umgerechnet). Allerdings konnten dabei nur die 4 Alterskategorien berücksichtigt werden, nach denen die Spitaleinweisungsdaten gegliedert waren (0 – 15 Jahre, 15 – 65 Jahre, 65 – 75 Jahre und über 75 Jahre). Die Einweisungsraten beziehen sich auf eine Population von 100'000 Einwohnern und auf ein Zeitintervall von einem Tag.

Einfache Zusammenhänge zwischen Spitaleinweisungen und PM10-Belastung

Die Studie fand einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der täglichen Zahl der Notfalleinweisungen infolge kardiovaskulärer Probleme und der durchschnittlichen PM10-Belastung während des Hospitalisierungstags und des Vortages. Der Zusammenhang entsprach sehr genau dem Effekt, welchen die europäische Multizenterstudie APHEA-2^[4] für die Notfalleinweisungen infolge kardialer Probleme schätzte. Die Zahl der kardiovaskulären Notfälle stieg bei einer Erhöhung des PM10-Zweitagesmittelwertes um 50 µg/m³ durchschnittlich um ca. 3 % an (Tabelle 1). Zudem gab es hier keine wesentlichen Unterschiede zwischen den Regionen.

Im Unterschied zur APHEA-2 Studie, welche stärkere Effekte der PM10-Belastung auf die Zahl der respiratorischen Notfälle gefunden hatte, war der durchschnittliche Zusammenhang mit PM10 für die respiratorischen Notfalleinweisungen in der vorliegenden Studie über alle Altersgruppen betrachtet weniger deutlich als bei den kardiovaskulären Notfalleinweisungen. Allerdings fanden wir beträchtliche regionale Unterschiede im geschätzten Effekt von PM10 auf die respiratorischen Notfallhospitalisierungen. Die deutlichsten Zusammenhänge wurden in den beiden Tessiner Regionen gefunden.

Erweiterung des Zeitfensters der PM10-Exposition

In einer weiteren Untersuchungsphase wurden zusätzlich die PM10-Werte des zweiten bis vierten Vortages einbezogen. Bei den Haupteinweisungskategorien wurden sogar die Werte einer ganzen Woche berücksichtigt. Dabei zeigte sich, dass für die kardiovaskulären Notfalleinweisungen im Wesentlichen nur die PM10-Werte des Ereignistags und des Vortages relevant waren. Die respiratorischen Notfalleinweisungen waren hingegen eher mit weiter zurück liegenden PM10-Belastungen verknüpft (Abbildung 5). Der Durchschnittswert der PM10-

Belastung des Ereignistags und des Vortags scheint daher kardiovaskuläre Notfalleinweisungen gut zu prognostizieren. Ein weniger guter Indikator ist er jedoch für die Prognose respiratorischer Notfalleinweisungen. Dass die respiratorischen Notfalleinweisungen nicht sofort auf eine Erhöhung der PM10-Belastung ansprechen, ist nicht unplausibel. Denn ein beträchtlicher Teil dieser Einweisungen geht auf respiratorische Infektionen zurück, welche sich im Allgemeinen über mehrere Tage entwickeln.

Altersgruppe	PM10 Expositions-mass	Medizinische Ursachen pro Tag	Kardiovaskuläre Ursachen pro Tag	Respiratorische Ursachen pro Tag
		Veränderung der Fallzahl in %	Veränderung der Fallzahl in %	Veränderung der Fallzahl in %
Alle Altersgruppen	Zweitagesdurchschnitt	0.9	2.8*	1.3
	Viertagesdurchschnitt	2.0**	2.3*	2.6
	Siebentagesdurchschnitt	1.4	0.2	2.2
≥ 65 Jahre	Zweitagesdurchschnitt	1.6*	3.1**	3.2
	Viertagesdurchschnitt	2.7**	2.2	7.9*
	Siebentagesdurchschnitt	1.9*	-0.6	9.8*
≥ 75 Jahre	Zweitagesdurchschnitt	1.4	4.0**	3.7
	Viertagesdurchschnitt	2.7**	3.5**	9.7**
	Siebentagesdurchschnitt	1.8	-0.2	12.8*

* p-Wert <0.10

** p-Wert <0.05

Tabelle 1. Geschätzte durchschnittliche Prozentveränderung der Zahl der Notfallhospitalisierungen auf Grund medizinischer, kardiovaskulärer und respiratorischer Ursachen, bezogen auf eine Zunahme des jeweiligen PM10-Durchschnittswerts um 50µg/m³.

Erklärung: Angenommen, bei einem Zweitagesdurchschnitt der PM10-Belastung von 30 µg/m³ wäre die Zahl aller kardiovaskulären Spitaleinweisungen im Durchschnitt gleich 100. Dann wäre die Zahl der Einweisungen bei einem um 50 µg/m³ erhöhten Zweitagesdurchschnitt (d. h. bei 80 µg/m³) im Durchschnitt gleich 102.8, bzw. um 2.8% höher (oberster Wert in der mittleren Kolonne).

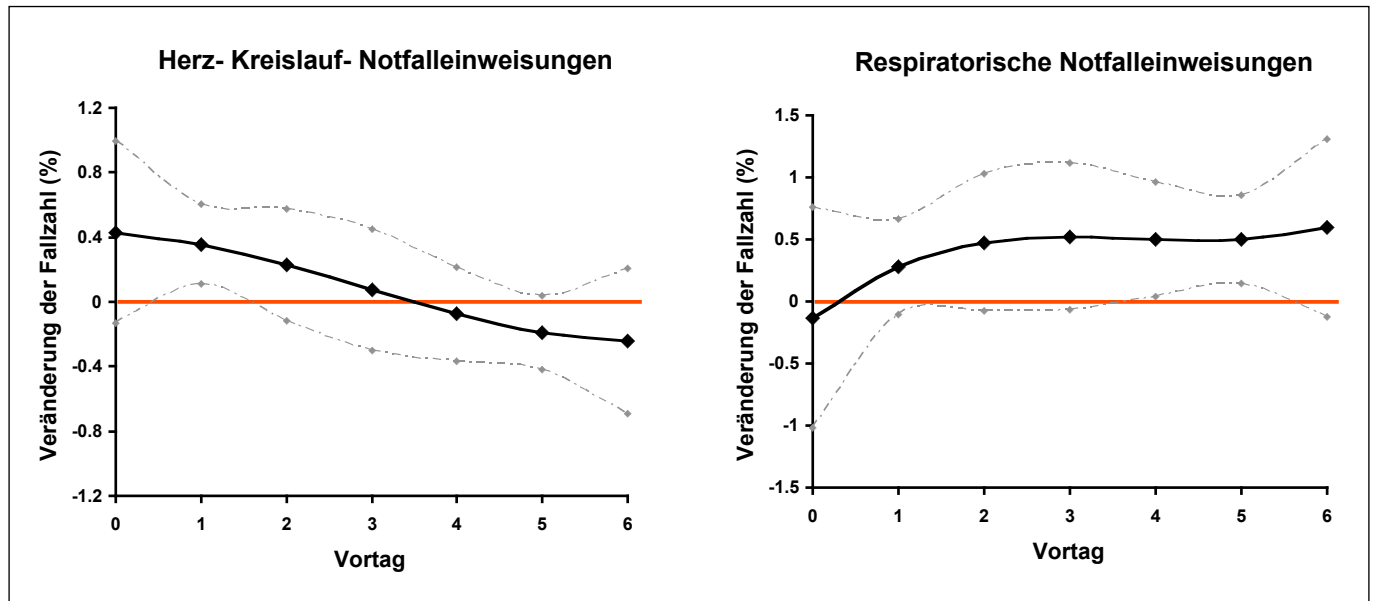


Abbildung 5. Schätzung der parallel erfolgenden prozentualen Effekte (jeweils mit 95%-Konfidenzintervall) der PM10-Belastungen des Ereignistages (Lag = 0) und der 6 Vortage auf die Zahl der notfallmässigen Spitaleinweisungen (Kollektiv der über 75-jährigen).

Die Abbildung zeigt, wie sich der gesamte Effekt der Feinstaubbelastung einer Woche aus den Effekten der einzelnen Tage zusammensetzt (schwarze Kurve). Punkte auf der schwarzen Kurve oberhalb der horizontalen Achse deuten darauf hin, dass erhöhte Feinstaubwerte am betreffenden Vortag zu einer Erhöhung der Anzahl Notfalleinweisungen am Stichtag (= Tag 0) beitragen. Die Effektgrößen (y-Koordinaten der Kurvenpunkte) beziehen sich jeweils auf eine Erhöhung des betreffenden PM10-Tagesmittelwerts um $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Eine mögliche Erklärung der negativen Effektbeiträge weiter zurück liegender Tage im linken Bild besteht darin, dass erhöhte Feinstaubbelastungen an diesen Tagen zu vorzeitigen Notfalleinweisungen führen, die sonst vielleicht erst am Stichtag stattgefunden hätten.

Unterkategorien von Notfalleinweisungen

Abbildung 6 zeigt die Häufigkeit der verschiedenen Einweisungsgründe für die Gesamtheit aller beobachteten Notfalleinweisungen. Wie bereits aus Abbildung 4 hervorgeht, machen die kardiovaskulären Notfälle grob 20% und die respiratorischen Notfälle grob 10% aller medizinischen Notfälle aus.

Eine genauere Betrachtung der spezifischen Einweisungsgründe ergab folgenden Befund: Die beobachteten Zusammenhänge zwischen kardiovaskulären Notfalleinweisungen und der PM10-Belastung betrafen vor allem den Bereich der ischämischen Herzkrankheiten und der Herzinsuffizienz. So stieg im Kollektiv der über 75-jährigen Personen die Zahl der Spitaleinweisungen wegen Herzinfarkt durchschnittlich um 9% an, wenn die PM10-Belastung um $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zunahm. Das Risiko eines Hirnschlags oder einer Herzrhythmusstörung war in Phasen erhöhter PM10-Konzentrationen jedoch nicht grösser.

Die beobachteten Zusammenhänge zwischen den respiratorischen Notfalleinweisungen und der PM10-Belastung wurden relativ stark durch die Unterkategorie der Einweisungen infolge respiratorischer Infekte geprägt. Typisch für diese Unterkategorie ist das bereits beschriebene Muster zeitlich verzögerter gesundheitlicher Wirkungen erhöhter PM10-Belastungen. Bei den Notfalleinweisungen infolge akuter Verschlechterungen chronischer Lungenkrankheiten (COPD und Asthma) waren die Zusammenhänge dagegen eher kurzfristiger.

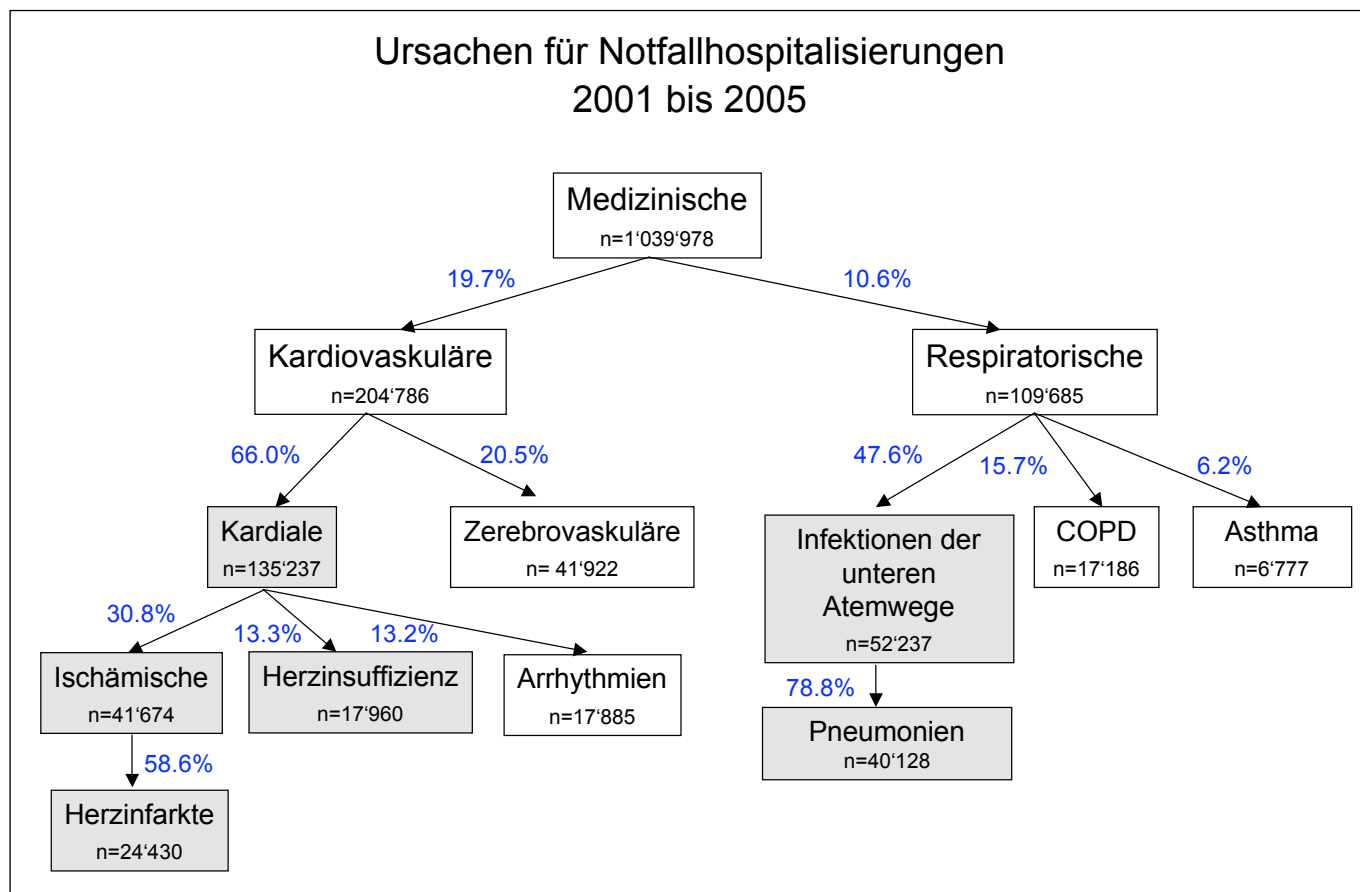


Abbildung 6. Unterkategorien von Notfalleinweisungen.

Hospitalisierungskategorien, bei denen es Hinweise auf einen Zusammenhang mit der PM10-Belastung des Einweisungstages und der Vortage gab, sind im Schema durch eine graue Schattierung gekennzeichnet.

Die im Schema verwendeten Begriffe werden im Glossar am Ende des Berichts erklärt.

Saisonale Unterschiede in den Zusammenhängen

Bei den medizinischen Notfalleinweisungen insgesamt waren die Zusammenhänge zu den PM10-Belastungen im Winterhalbjahr eher stärker als im Sommerhalbjahr. Bei den kardiovaskulären Notfalleinweisungen war die Situation aber gerade umgekehrt.

Bei den respiratorischen Notfalleinweisungen ergab sich ein uneinheitliches Bild. Betrachtete man nur die ältere Bevölkerung, so waren die Zusammenhänge ebenfalls im Winter stärker; innerhalb der Gesamtpopulation waren die Zusammenhänge aber im Sommerhalbjahr deutlicher.

Notfalleinweisungen während der Smogepisoden im Januar / Februar 2006

Die Smogepisode im Januar/Februar 2006 zeichnete sich durch längere zusammenhängende Phasen mit PM10-Tagesmittelwerten über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ aus. Je nach Region wurden dabei PM10-Spitzenwerte bis zu $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreicht.

Während dieser Smogepisode gab es bedeutend mehr Notfalleinweisungen: 6% mehr medizinische Notfälle, 9.5% mehr Notfälle aufgrund Herz- oder Kreislaufprobleme und 6% mehr Notfälle aufgrund respiratorischer Probleme. Es zeigte sich, dass unser

auf den Daten der Jahre 2001-2005 beruhendes Prognosemodell die während der Smogepisoden tatsächlich beobachteten Einweisungszahlen im Durchschnitt unterschätzte. Es gab jedoch zwischen den verschiedenen Untersuchungsregionen beträchtliche Unterschiede. In einzelnen Untersuchungsregionen lagen unsere Prognosen nämlich auch systematisch zu hoch.

Gleichzeitige Effekte von PM10 und NO₂

In der letzten Phase des Projekts wurden auch mögliche parallele Einflüsse von NO₂ einbezogen. Wie erwartet wurden dadurch die Zusammenhänge mit PM10 etwas abgeschwächt. Das Gesamtbild änderte sich jedoch nicht wesentlich. Bei differenzierter Betrachtung der parallelen Effekte von PM10 und NO₂ über eine ganze Woche zeigte sich ein interessanter qualitativer Unterschied: Während die beobachteten Effekte von NO₂ eher kurzfristig waren, schienen erhöhte PM10-Belastungen erst mit einer zeitlichen Verzögerung von mindestens zwei Tagen wirksam zu werden. Die Interpretation solcher Unterschiede ist allerdings schwierig, zumal PM10 und NO₂ bei gleichzeitiger Betrachtung in andere Rollen schlüpfen. Insbesondere steht dann PM10 nur noch für denjenigen Teil des Feinstaubes, welcher nicht mit NO₂ korreliert ist und somit eher zu einem geringen Teil aus dem lokalen motorisierten Verkehr stammen dürfte. Eine mögliche, wenn auch etwas gewagte Erklärung für diesen Wirkungsunterschied wäre somit, dass Schadstoffe aus dem lokalen motorisierten Verkehr im Allgemeinen eher rasche Wirkungen zeitigen, Schadstoffe aus anderen Quellen ihre Wirkung aber eher mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung entfalten.

Regionale Unterschiede in den PM10-Effekten

Interaktionen von PM10 mit anderen Schadstoffen könnten eine Erklärung für die regional unterschiedlichen Resultate bei den respiratorischen Notfällen liefern. Wir haben daher die geschätzten regionalen PM10-Effekte mit den regionalen Langzeitwerten der NO₂- und der Ozonbelastung korreliert.

Dabei zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen den geschätzten PM10-Effekten auf die respiratorischen Notfalleinweisungen im Sommerhalbjahr und den durchschnittlichen Sommer-Ozonkonzentrationen in

den betreffenden Untersuchungsregionen. Dies könnte auf eine Verstärkung der PM10-Effekte bei erhöhten Ozonwerten hindeuten. Hohe Ozonkonzentrationen könnten daher in doppelter Hinsicht schädlich sein: durch ihre direkten Wirkungen auf die Atemwege und über eine zusätzliche Verstärkung der Feinstaubeffekte.

Allerdings können viele andere Faktoren für die beobachteten regionalen Unterschiede mit verantwortlich sein. Auch Unterschiede in den PM10-Messverfahren oder in der Kodierung der Hospitalisierungsgründe könnten dazu beigetragen haben.

Schlussfolgerungen

Die Resultate der vorliegenden Studie stehen grösstenteils in gutem Einklang mit den Resultaten aus anderen europäischen Untersuchungen. Dies gilt insbesondere für die beobachteten Effekte erhöhter PM10-Konzentrationen auf die Zahl der Notfalleinweisungen aufgrund von Herz- oder Kreislaufproblemen. Erhöhungen der Feinstaubkonzentration können sich offenbar sehr rasch, d.h. noch am gleichen Tag oder am folgenden Tag auf die Zahl der Notfälle wegen Herzproblemen auswirken. Besonders hoch war die Zahl solcher Notfälle während der Smogepisode im Januar/Februar 2006. Im Unterschied dazu stieg die Zahl der respiratorischen Notfälle in Phasen erhöhter Feinstaubwerte im Allgemeinen nicht sofort an. Offenbar treten die Wirkungen hier eher zeitlich etwas verzögert auf. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass entzündliche Prozesse der Lunge ein bestimmtes Ausmass erreichen müssen, bis eine Hospitalisierung der betreffenden Person unausweichlich wird.

Obwohl im internationalen Vergleich die Feinstaubkonzentrationen in der Schweiz eher tief sind, werden trotzdem ähnliche Beziehungen zur Gesundheit beobachtet. Gäbe es eine Grenze, unterhalb der PM10-Konzentrationen gesundheitlich unbedenklich wären, so müsste diese unter den in der Schweiz beobachteten PM10-Werten liegen. Dies unterstreicht die Wichtigkeit weiterer Anstrengungen zur Senkung der Feinstaubkonzentrationen. Diese liegen sowohl im Jahresdurchschnitt als auch an einzelnen Tagen in vielen Regionen der Schweiz nach wie vor deutlich über den gesetzlichen Grenzwerten.

Glossar

Luftschadstoffe:

Feinstaub:	Winzige Staubteilchen, welche auf Grund ihrer geringen Grösse eine lange Verweilzeit in der Atmosphäre haben. Feinstaub kann direkt von Schadstoffquellen ausgestossen werden (primärer Feinstaub) oder durch chemische Umwandlung aus anderen gasförmigen Luftschadstoffen gebildet werden (sekundärer Feinstaub). Hauptsächliche Quellen für primären Feinstaub sind Verbrennungsprozesse in Motoren, Maschinen und Feuerungen, Abrieb und Aufwirbelung durch den Strassenverkehr, in der Landwirtschaft und auf Baustellen, sowie natürliche Quellen.
PM10:	Feinstaubpartikel mit einem aerodynamischen Durchmesser bis 10 µm. Teilchen unterhalb dieses Durchmessers gelangen über die Atemwege bis in die Lunge und sind deshalb besonders gesundheitsgefährdend.
Smog:	Beim Begriff Smog wird zwischen Winter- und Sommersmog unterschieden. Der hier interessierende Wintersmog wird während Inversionsphasen gebildet, während denen die Schadstoffausbreitung stark behindert ist. Der PM10-Anteil des Smogs kann direkt von Schadstoffquellen wie Holzfeuerungen oder Verkehr stammen oder durch chemische Umwandlung aus anderen gasförmigen Luftschadstoffen gebildet werden.

Hospitalisierungsursachen:

medizinisch:	alle Krankheiten, ausschliesslich infektiöser Erkrankungen und psychiatrischer Störungen
kardiovaskulär:	das Herz oder den Kreislauf betreffend
respiratorisch:	die Atmungsorgane betreffend
kardial:	das Herz betreffend
zerebrovaskulär:	die Hirngefässe betreffend
ischämisch:	infolge mangelnder Sauerstoffversorgung des betreffenden Organs (im vorliegenden Fall: des Herzmuskels)
Herzinsuffizienz:	ungenügende Leistung des Herzens
Arrhythmien:	Herzrhythmusstörungen
COPD:	chronisch obstruktive Lungenkrankheit (chronische Bronchitis oder Lungenblähung)
Asthma:	entzündliche Erkrankung der Atemwege mit dauerhaft bestehender Überempfindlichkeit, die in gewissen Situationen zu Anfällen von Atemnot führen kann
Pneumonien:	Lungenentzündungen

Statistische Begriffe:

p-Wert:	Wahrscheinlichkeit, mit der man den beobachteten Zusammenhang allein aufgrund des Zufalls hätte erwarten müssen. Je kleiner diese Wahrscheinlichkeit ist, desto unbegründeter ist der Verdacht, dass es sich beim beobachteten Zusammenhang um ein rein zufälliges Resultat handeln könnte. Von einem statistisch signifikanten Resultat spricht man im Allgemeinen, wenn der p-Wert kleiner als 0.05 ist.
Median:	Wert, der von der einen Hälfte der Daten unter- und von der anderen Hälfte der Daten überschritten wird (identisch mit dem 50. Perzentil).
25. Perzentil:	Wert, der von einem Viertel der Daten unter- und von drei Vierteln der Daten überschritten wird.
75. Perzentil:	Wert, der von drei Vierteln der Daten unter- und von einem Viertel der Daten überschritten wird.

Untersuchungsregionen:

BS/BL/SO (01):	Kantone BS und BL (inkl. SO nördlich des Juras) Referenzstation: NABEL Basel, Binningen
GE/VD (02) :	Kantone GE und VD (VD ohne Regionen am Neuenburgersee) Referenzstation: Genf, L'Île
SO/BE/VD (03):	Kanton SO mit nördl. Regionen VD und BE, ohne SO nördlich des Juras Referenzstation: NABEL Härkingen
BE (04):	Kanton BE (ohne nördliche Kantonsteile) Referenzstation: Bern, Brunngasshalde
Z_CH_West (05):	Kantone LU, ZG, NW und OW Referenzstation: Ebikon, Sedel
Z_CH_Ost (06):	Kantone UR und SZ ohne SZ March Referenzstation: Schwyz
TI_SOTTO (07):	Kanton TI (Sottoceneri) Referenzstation: NABEL Lugano
TI_SOPRA (08):	Kanton TI (Sopraceneri) Referenzstation: NABEL Magadino
VS (09):	Kanton VS Referenzstation: VS Sion
ZH/SZ/SG (10):	Kantone ZH, SG (March) und SZ (March) Referenzstation: NABEL Zürich Kaserne
SG_NORD (11):	Kanton SG ohne Toggenburg, March, Sarganserland und Rheintal Referenzstation: SG St. Gallen, Rorschacherstrasse
SG_RHEINTAL (12):	Kanton SG (Rheintal, Sarganserland) Referenzstation: SG Grabs

Literaturverzeichnis:

1. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopoli Y, Rossi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*. 2001;12(5):521-31
2. Atkinson RW, Anderson HR, Sunyer J, Ayres J, Baccini M, Vonk JM, et al. Acute effects of particulate air pollution on respiratory admissions: results from APHEA 2 project. *Air Pollution and Health: a European Approach*. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001;164(10):1860-6.
3. Le Tertre A, Medina S, Samoli E, Forsberg B, Michelozzi P, Boumghar A, et al. Short-term effects of particulate air pollution on cardiovascular diseases in eight European cities. *J Epidemiol Community Health*. 2002;56(10):773-9.
4. Schindler C, Künzli N, Ackermann-Liebrich U. Day to day changes in air pollutant levels and fluctuations in daily mortality and hospital admissions in 3 cities of Switzerland (APHEA-2-Project). *Forum Med Swiss*. 2001;1(Suppl):205.
5. Grize L, Schindler C, Schüpbach R, Alt GM, Gehrig R. Untersuchung des Einflusses der Feinstaubbelastung (PM10) auf die notfallmässigen Spitaleinweisungen in den Jahren 2001 bis 2006. Schlussbericht. Basel/Zürich 2009. Bezugsquelle: <http://www.feinstaub.ch>