

Zeitschrift: Regio Basiliensis : Basler Zeitschrift für Geographie
Herausgeber: Geographisch-Ethnologische Gesellschaft Basel ; Geographisches Institut der Universität Basel
Band: 52 (2011)
Heft: 1

Artikel: Einfluss von Wetterlagen auf die Luftqualität am Beispiel von Feinstaub (PM10)
Autor: Moser, Hans-Rudolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1088231>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 15.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Einfluss von Wetterlagen auf die Luftqualität am Beispiel von Feinstaub (PM10)

Hans-Rudolf Moser

Zusammenfassung

Die Luftbelastung durch Feinstaub ist in der Region nach wie vor ein Problem. Je nach Witterung treten vor allem im Winter hohe Belastungen auf. Dazu werden die Winter 2006 (hohe Belastung) und 2007 (niedrige Belastung) miteinander verglichen.

1 Einleitung

Seit Mitte der 80er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts ist die Luftreinhalte-Verordnung (LRV 1985) die Grundlage des Vorgehens in der Luftreinhaltung der Schweiz. In der Verordnung werden u.a. Immissionsgrenzwerte für die wichtigsten Luftschadstoffe festgelegt. Bei Überschreitung der Grenzwerte sind die Behörden verpflichtet, durch Massnahmen auf Bundesebene und durch kantonale Luftreinhaltepläne eine langfristige Reduktion der übermässigen Luftbelastung zu erreichen. Standen ursprünglich Luftschadstoffe wie Schwefeldioxid, Grobstaub/Blei und Stickstoffdioxid im Vordergrund, so hat sich der Fokus heute zu Feinstaub und dessen Zusammensetzung verschoben. Daneben bestehen weiter lokal Probleme beim Stickstoffdioxid und grossräumig beim Ozon, diese sind aber nicht Gegenstand dieses Artikels. In der Jubiläumsbroschüre des Lufthygieneamtes beider Basel zum 25-jährigen Jubiläum des Luftmessnetzes (LHA 2003) findet sich eine Übersicht über die Entwicklung der Fragestellungen der Luftreinhaltung.

Die Luftreinhalte-Verordnung gibt seit 1998 auch Grenzwerte für den Feinstaub vor. Vor 1998 bestanden in der Luftreinhalte-Verordnung Grenzwerte für den Schwebstaub, welcher auch Partikel grösser als die Feinstaub-Fraktion umfasste. Unter Feinstaub (PM10 = Particulate Matter) versteht man Partikel mit einem aerodynamischen Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer (μm) (EKL 2007). Feinstaub ist ein physikalisch-chemisch komplexes Gemisch. Er besteht sowohl aus primär emittierten Partikeln (z. B. Russ) wie auch aus sekundär gebildeten Partikeln (z. B. Nitrat etc.) anthropogenen oder natürlichen Ursprungs (z. B. Saharastaub).

Adresse des Autors: Dr. Hans-Rudolf Moser, Lufthygieneamt beider Basel, Abteilung Luftqualität, Rheinstrasse 44, CH-4410 Liestal; E-Mail: hansruedi.moser@bl.ch

Je kleiner die Partikel sind, umso tiefer gelangen sie in den Atemtrakt. Partikel $>10\text{ }\mu\text{m}$ werden schon in der Nase und im Rachen ausgeschieden. Partikel $<10\text{ }\mu\text{m}$ erreichen die Bronchien und die Lungenbläschen. Ultrafeine Partikel von weniger als $0.1\text{ }\mu\text{m}$ schliesslich gelangen sogar in den Blutkreislauf und in die Nervenbahnen. Feinstaub und seine Inhaltsstoffe sind deshalb nicht nur (mit)verantwortlich für Erkrankungen der Atemwege, sondern spielen auch eine Rolle bei Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems. Feinstaub führt zu einer Zunahme der Mortalität wie auch des Krebsrisikos (Russ).

Verursacher von Feinstaub sind der motorisierte Verkehr (Dieselabgase, Abriebpartikel), Offroad-Verkehr (Schienenverkehr, Traktoren und Geräte der Land- und Forstwirtschaft), Baumaschinen und -arbeiten, Feuerungen (Holz, Kohle und andere Brennstoffe), industrielle Prozesse (Metallindustrie), Landwirtschaft (Nutztierhaltung und Feldbearbeitung) und das Verbrennen von Abfällen. Durch chemische Prozesse entstehen auch aus Gasen sogenannte Sekundärpartikel.

2 Entwicklung der Feinstaub-Belastung

Die Feinstaub-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft betragen im Jahr 2010 rund 700 Tonnen. Zu rund je 30 % stammen sie aus dem Strassenverkehr und dem Off-Road Sektor. Der Rest setzt sich zusammen aus den Emissionen der Holz-Feuerungen, der Verbrennung von Landwirtschaftsabfällen und den übrigen Quellen (gewerbliche Prozesse, Abfallentsorgung). Seit 1990 haben die Feinstaub-Emissionen um rund 300 Tonnen abgenommen. Diese Reduktion ist hauptsächlich auf die Verschärfung der Abgaswerte von Motorfahrzeugen und auf Massnahmen bei Industrie und Gewerbe zurückzuführen. Messungen der Feinstaub-Konzentration begannen in der Region Basel ab 1997 im Hinblick auf die neuen Grenzwerte ab 1.1.1998. Die Messungen an der Station Basel St. Johannplatz seit 1997 zeigen Jahresmittelwerte knapp über dem Jahresgrenzwert von $20\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abb. 1). In Einzeljahren wird der Grenzwert knapp unterschritten (2004), in anderen Jahren liegen die Werte deutlich darüber (1997, 2003, 2006). Der Rückgang der Feinstaub-Emissionen seit 1990 wird immissionsseitig durch die Messungen des Schwebstaubes von 1987 bis 1997 belegt.

Überschreitungen des Tagesgrenzwertes von $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ kommen in jedem Jahr vor. Ihre Zahl und das Ausmass der Überschreitung schwanken sehr stark von Jahr zu Jahr. So wurde im Jahr 2006 der Tagesgrenzwert an 27 Tagen überschritten, im Jahr 2004 war dies an nur 3 Tagen der Fall gewesen. Feinstaub zeigt einen deutlichen Jahresgang mit hohen Werten im Winter und tiefen Werten im Sommer (Abb. 2). Für die Belastung eines Einzeljahres spielt also die Feinstaub-Belastung während der Wintermonate eine wichtige Rolle. In Abb. 1 ist deshalb zusätzlich der Mittelwert der Wintermonate Januar-Februar eingezeichnet. Die Belastung im Winter liegt nicht nur höher als die Belastung im Jahr, sondern die Unterschiede von Jahr zu Jahr sind auch sehr viel ausgeprägter. Ein Beispiel für Jahre mit hoher winterlicher Feinstaub-Belastung ist der Winter 2006, gefolgt vom Winter 2007 mit sehr geringen Feinstaub-Konzentrationen. Überschreitungen des Tagesgrenzwertes treten in der Mehrzahl im Winter auf. An diesen Jahren können beispielhaft der Verlauf der Feinstaub-Konzentration, deren meteorologische Einflussfaktoren und die Zusammensetzung des Feinstaubes analysiert werden.

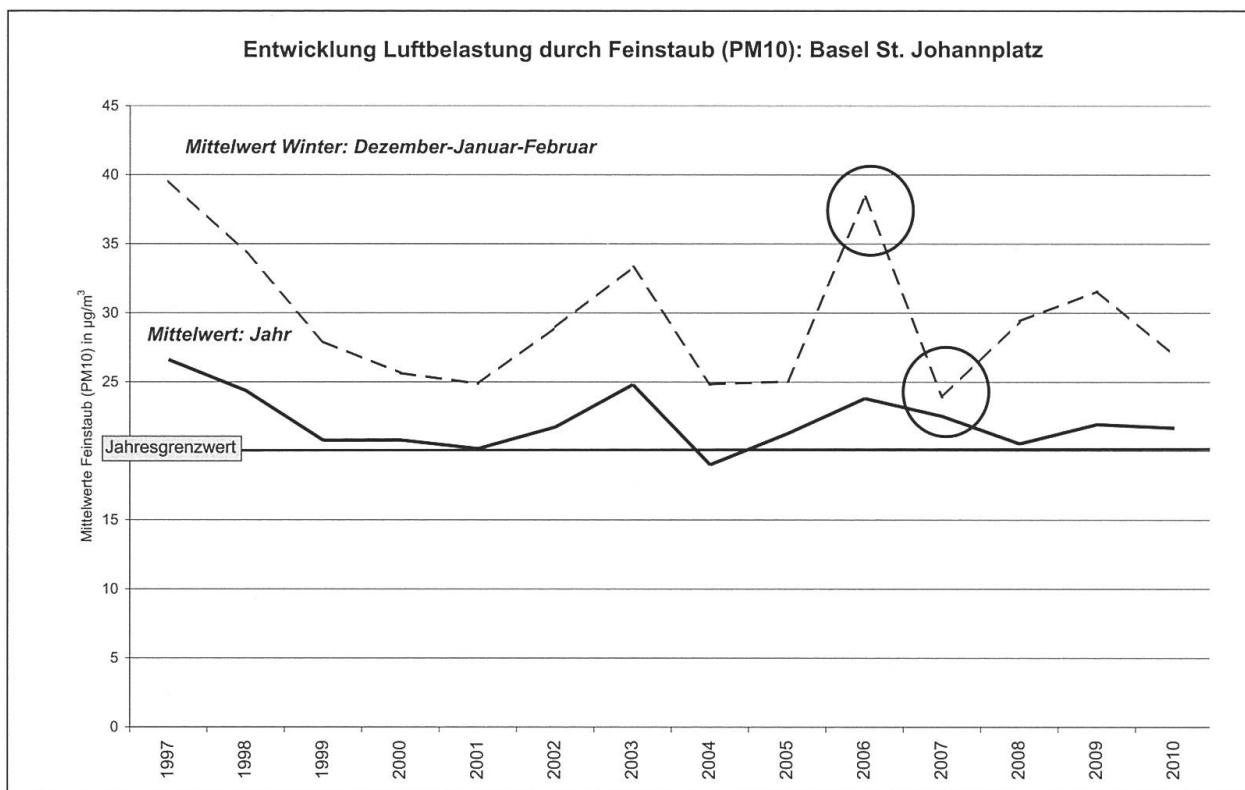


Abb. 1 Die Entwicklung der Feinstaub-Konzentration zeigt zunächst einen Rückgang, in der Folge schwanken die Werte von Jahr zu Jahr. Die Mittel der Wintermonate sind deutlich höher und zeigen grosse Differenzen von Jahr zu Jahr.

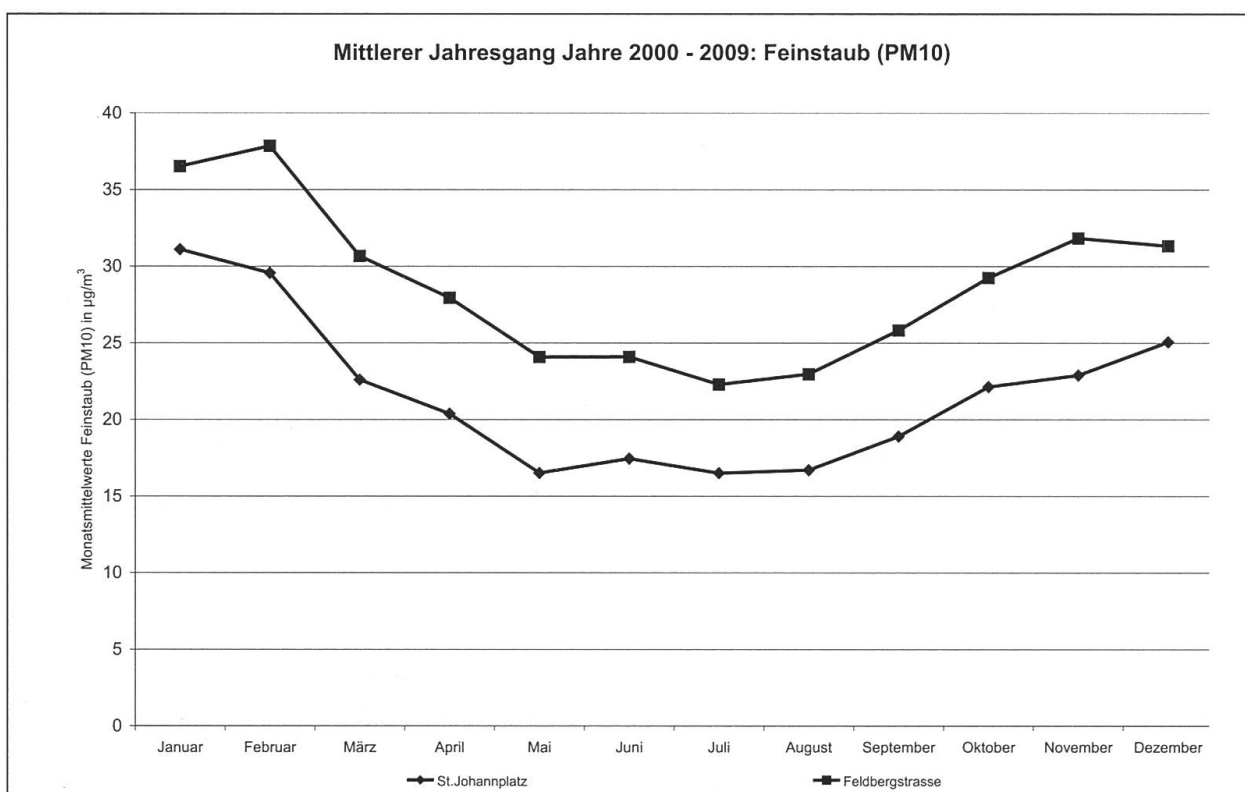


Abb. 2 Die Feinstaub-Konzentration weist einen Jahresgang auf mit hohen Werten im Winter und niedrigen Werten im Sommer. Die Belastung in innerstädtischen Strassenschluchten ist generell höher, zeigt aber denselben Jahresgang.

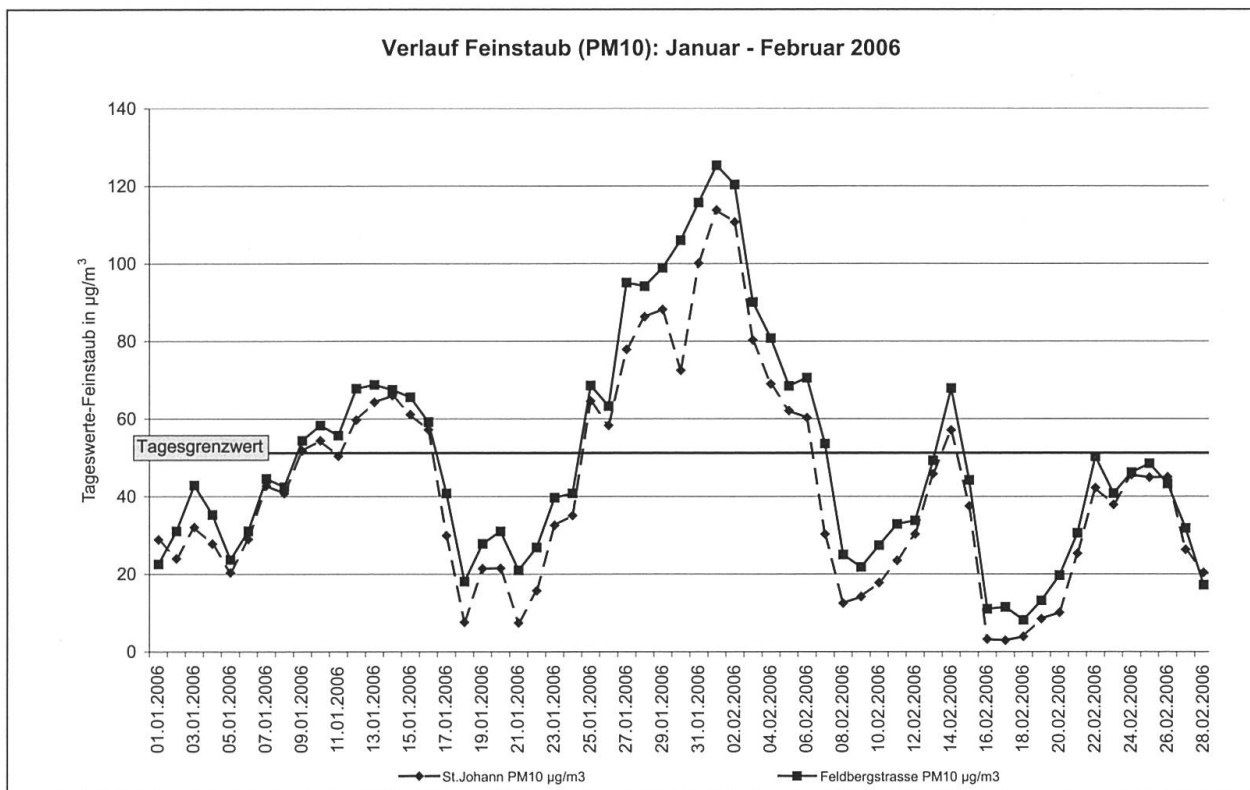


Abb. 3 Im Januar und Februar 2006 wurde während zwei Phasen der Tagesgrenzwert überschritten. Vor allem während der zweiten Phase war die Überschreitung massiv.

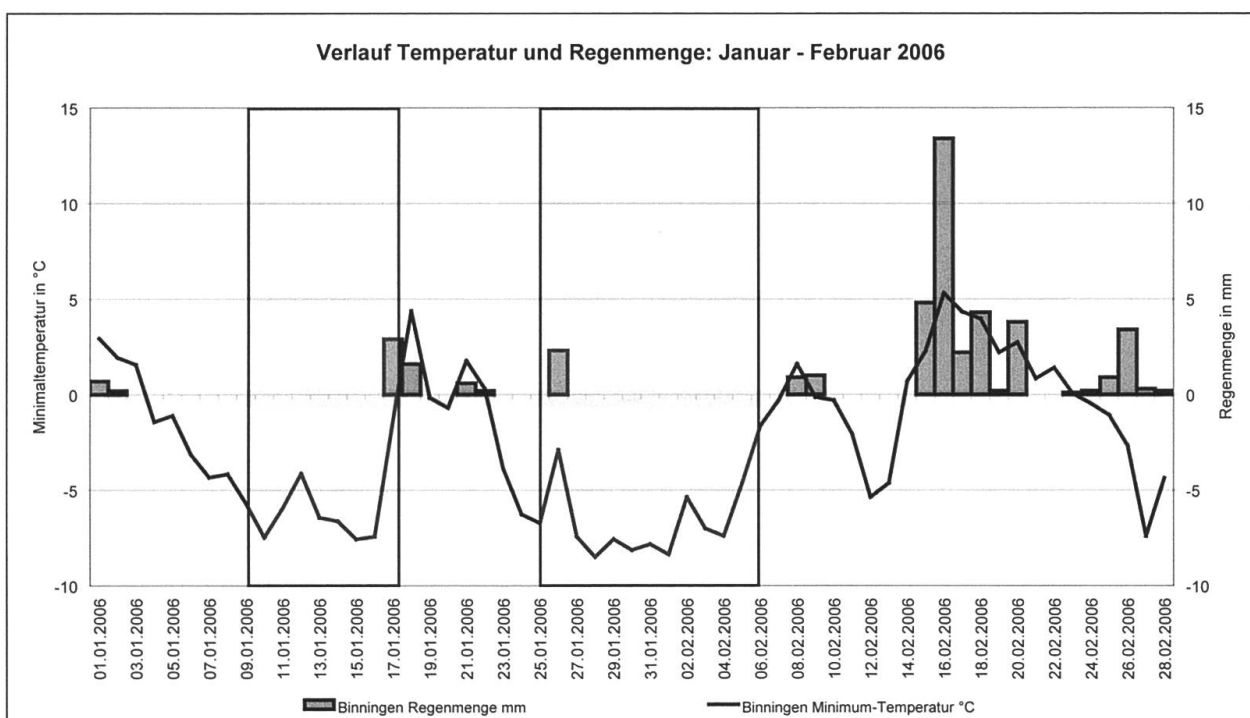


Abb. 4 Hohe Feinstaub-Belastung tritt auf bei tiefen Temperaturen ($<5^{\circ}\text{C}$). Frontdurchgänge mit Niederschlag führen rasch zu einem markanten Rückgang der Feinstaub-Konzentration.

3 Kalte, austauscharme Winter am Beispiel des Jahres 2006

Im Winter 2006 wurden zwei Phasen mit längeren Perioden überhöhter Feinstaub-Konzentrationen beobachtet (Abb. 3 und 4). Die erste dauerte 8 Tage, vom 9.–16. Januar. Maximalwerte während dieser Phase blieben mit Werten bis $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ relativ moderat. Die zweite Phase vom 25. Januar bis 6. Februar dauerte mit 13 Tagen länger und war vor allem von der Höhe der Belastung weitaus massiver. An drei Tagen lagen die Werte über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und damit doppelt so hoch wie der Tagesgrenzwert. Aufgrund dieser beiden Belastungsphasen erreichte der Mittelwert der Monate Januar-Februar mit $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sehr hohe Werte.

Beiden Phasen gemeinsam ist, dass sie durch einen steilen Rückgang der Temperatur eingeleitet worden sind. Überschreitungen des Tagesgrenzwertes kommen vor, wenn sich die Temperaturen um -5°C bewegen. Dies war bei beiden Phasen der Fall. Wie lassen sich aber die grossen Unterschiede im Ausmass der beiden Phasen erklären? In der ersten Phase lag die Inversion tief, bei rund 400–700 m über Meer. Gleichzeitig herrschte konstant Ostströmung bei Windgeschwindigkeiten von 2–4 m/s. Trotz der tiefen Inversion sorgte die Bisenströmung für einen Wegtransport und die Verdünnung des emittierten Feinstaubes und verhinderte so einen weitergehenden Anstieg der Feinstaub-Konzentrationen.

In der zweiten Phase schwankte die Inversion zwischen 500 und 1000 m über Meer, sie lag also zeitweise höher als in der ersten Phase. Gleichzeitig herrschte aber ein tagesperiodisch wechselndes Windsystem mit Ostwind nachts und westlichen Windrichtungen tagsüber. Dabei blieb die Windbewegung mit Werten unter 1.5 m/s gering. Die massiv höhere Feinstaub-Belastung während der zweiten Phase ist meteorologisch vor allem durch den fehlenden horizontalen Austausch zu erklären. Die belastete Luft blieb während Tagen liegen und der Feinstaub konnte sich über Tage hinweg akkumulieren. Mit dem Durchzug von Fronten ging dann die Feinstaub-Konzentration rapide zurück.

4 Warme, regnerische Winter am Beispiel des Jahres 2007

Im Winter 2007 fehlten längere Phasen mit absinkenden Temperaturen deutlich unter 0°C (siehe Abb. 5 und 6). Die Witterung war geprägt durch häufige Frontdurchgänge mit Regen oder Schnee (24.1.2007). Dadurch wurden die Luftschadstoffe ausgewaschen und durch die Luftmassenwechsel verdünnt und wegtransportiert. Diese Auswirkungen der Witterung führten zu einer geringen Belastung der Luft durch Feinstaub. Der Mittelwert der Monate Januar und Februar lag bei $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$, also halb so hoch wie im Vorjahr. Überschreitungen des Tagesgrenzwertes kamen nur während Einzeltagen und in geringem Ausmass vor. Der maximale Tageswert betrug $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

5 Zusammensetzung des Feinstaubes

Nicht nur die Menge des Feinstaubes unterscheidet sich stark im Vergleich der beiden Winter. Unterschiedlich ist vor allem auch die Zusammensetzung des Feinstaubes. Während der Wintersmoglage im Januar 2006 war vor allem der Anteil der Sekundär-Partikel überproportional erhöht (Abb. 7). Das heisst, die Zunahme der Menge des Feinstaubes ist nicht eine Folge höherer direkter Partikel-Emissionen oder durch Abrieb oder Aufwirbelung bedingt. Entscheidend ist die chemische Bildung von Sekundärpartikeln aus gasförmigen Vorläuferschadstoffen. Dazu gehören

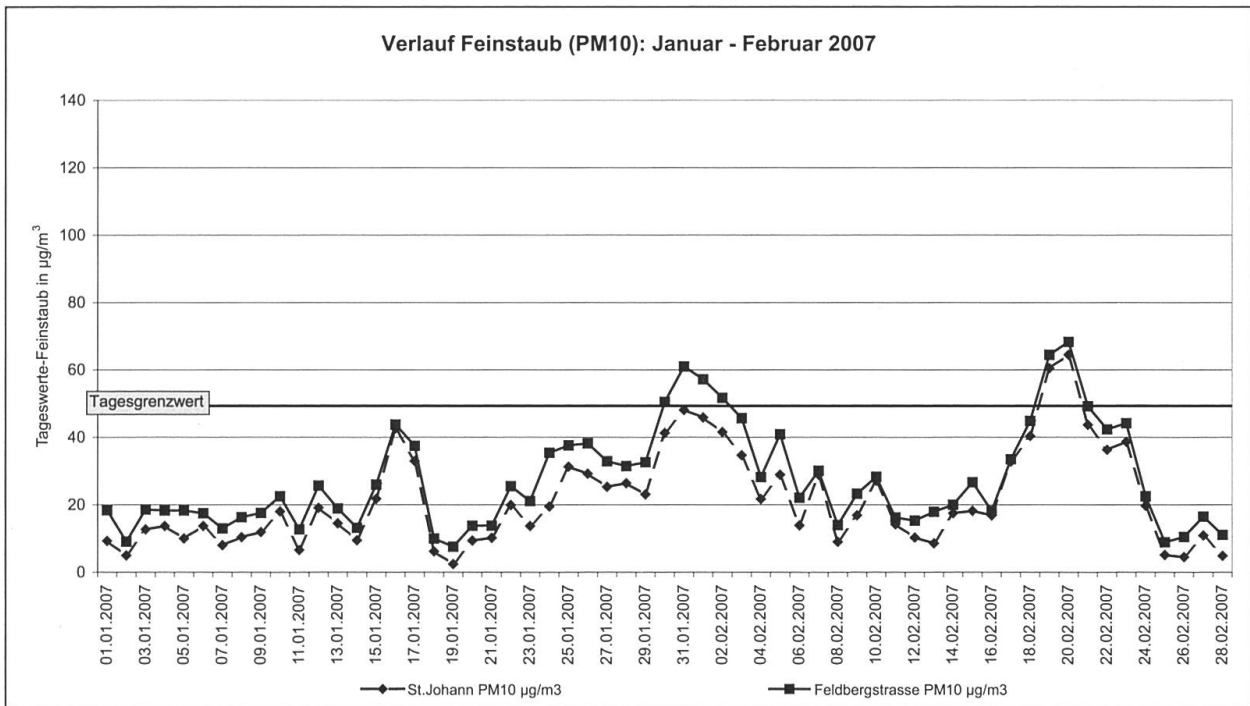


Abb. 5 Im Januar und Februar 2007 fehlen längere Phasen mit hoher Feinstaub-Belastung.

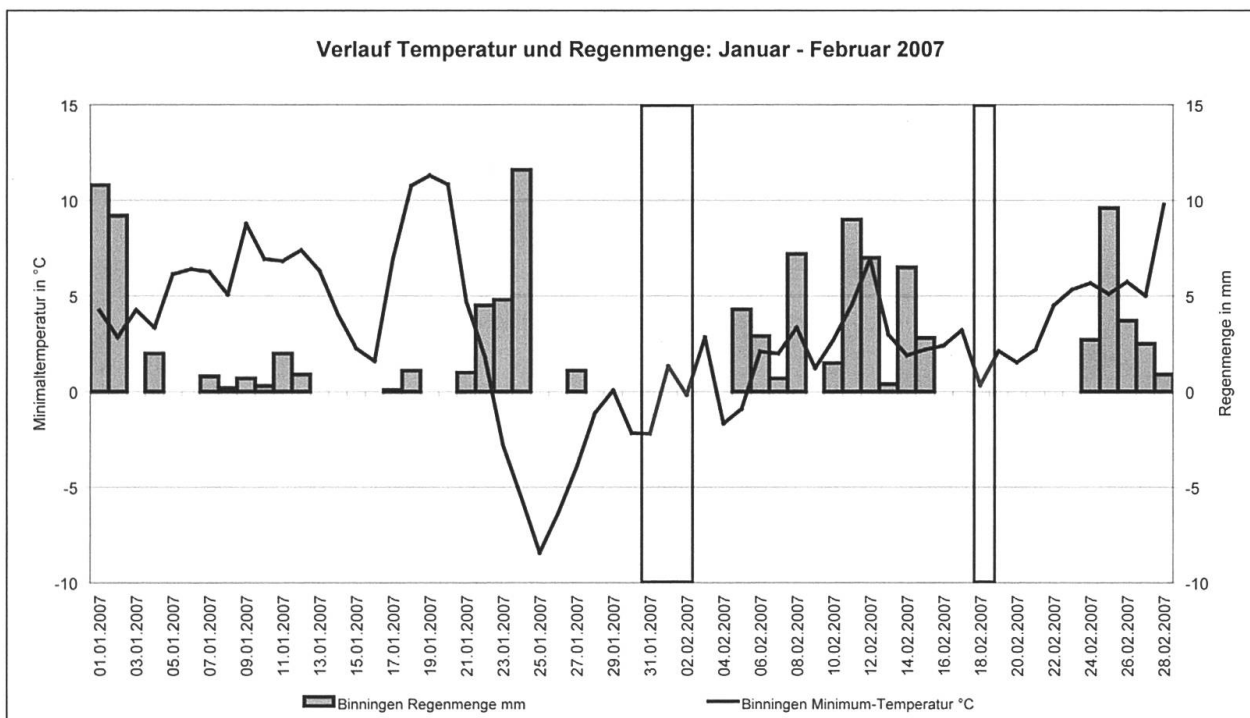


Abb. 6 Die Witterung im Winter 2007 war geprägt durch häufigen Niederschlag und warme Witterung. Dadurch konnten sich keine austauscharmen Lagen mit stagnierender Kaltluft aufbauen.

Nitrat (aus Stickoxiden), Sulfat (aus Schwefeldioxid und anderen schwefelhaltigen Stoffen) und Ammonium (aus Ammoniak). Diese chemische Umwandlung erfordert Zeit und findet in der austauscharmen Luftmasse während einer Smoglage eine ideale Voraussetzung. Die Atmosphäre funktioniert wie eine chemische Reaktionskammer.

Der Anteil der mechanisch entstandenen Partikel (Rest in Abb. 7) am Feinstaub ist im Januar 2006 geringer als im Januar 2007.

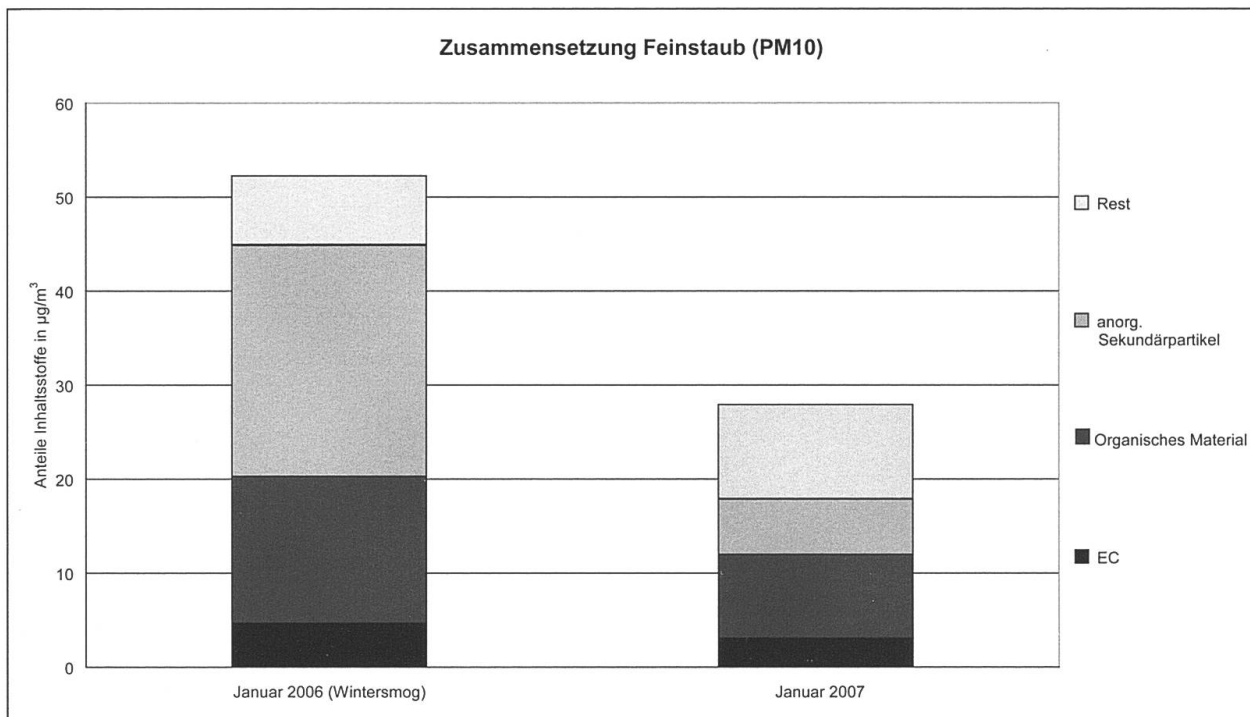


Abb. 7 Die Zusammensetzung des Feinstaubes zeigt im Vergleich Januar 2006 und 2007 deutliche Unterschiede. Nicht nur die Menge des Feinstaubes ist während Wintersmog doppelt so hoch, sondern vor allem der Gehalt an organischem Material und Sekundärpartikeln ist viel höher (EC = Elementarer Kohlenstoff, ungefähr das, was unter Russ verstanden wird).

6 Schlussfolgerungen

Die Luftbelastung durch Feinstaub (PM10) ist grossräumig übermässig und muss weiter reduziert werden. Dabei ist nicht die Überschreitung des Jahresgrenzwertes das Hauptproblem, sondern die häufige und teils massive Überschreitung des Tagesgrenzwertes. Langdauernde Überschreitungen des Tagesgrenzwertes sind eng gekoppelt an austauscharme, kalte Witterungslagen im Winter. Das Problem ist aber nicht die Witterungslage, sondern dass die Emissionen an Feinstaub und weiteren Luftschadstoffen generell noch zu hoch sind.

Aufgrund der komplexen Zusammensetzung und Entstehung von Feinstaub braucht es eine Vielzahl unterschiedlicher Massnahmen. Die Reduktion der direkten Emissionen des motorisierten Verkehrs (Diesel-Personenwagen, schwere Nutzfahrzeuge, Busse) ist notwendig und wird mit den verschärften Abgasnormen europaweit auch angepeilt. Daneben braucht es aber auch Massnahmen, welche zu einer Reduktion der Bildung von Sekundärpartikeln führen. Dazu müssen auch die gasförmigen Luftschadstoffe aus Verkehr, Feuerungen und Landwirtschaft weiter verringert werden.

Das Instrument auf Bundesebene dazu ist das überarbeitete Luftreinhalte-Konzept des Bundes (*Schweizerischer Bundesrat* 2009). Auf der Ebene der Kantone sind es die Luftreinhalte-Pläne, in Basel datieren sie aus den Jahren 1990, 2004 und 2007. Gegenwärtig ist ein neuer Luftreinhalteplan 2010 in Vernehmlassung.

Literatur

- LRV 1985. *Luftreinhalte-Verordnung* (LRV) vom 16. Dezember 1985 (Stand am 1. Juli 2008). Bern, 1–86.
- LHA 2003. *Es liegt was in der Luft. 25 Jahre Luftqualitätsmessnetz beider Basel*. Lufthygieneamt beider Basel, Liestal, 1–23.
- EKL 2007. *Feinstaub in der Schweiz. Status-Bericht der Eidg. Kommission für Lufthygiene (EKL)*. Eidgenössische Kommission für Lufthygiene, Bern, 1–141.
- Schweizerischer Bundesrat 2009. *Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes*. Bern, 1–32.