



Luftbilanz der Stadt Zürich

Luftschadstoffentwicklung und aktuelle Luftbelastung in der Stadt Zürich 2012



Impressum

Herausgeberin

Stadt Zürich
Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich UGZ
Abteilung Umwelt
Fachbereich Labor
Walchestrasse 31
8021 Zürich
www.stadt-zuerich.ch/luft

Autor

Jürg Brunner

Sachbearbeitung

Nina Meyer
Markus Scheller
Noël Rederlechner
Thomas von Allmen
Jürg Brunner

Papier

Gedruckt auf 100% Recyclingpapier - aus Verantwortung für die Umwelt

Bilder

Thema Fotografie GmbH Zürich
UGZ Umwelt/Fachbereich Labor
Kalottenmodelle: Benjamin Mills, Odell, Bedfordshire, England

Inhalt

Die Luftqualität - ein Dauerbrenner?	1
Stickstoffdioxid (NO ₂)	2
Feinstaub PM10	3
Inhaltsstoffe Feinstaub PM10	3
Ozon (O ₃)	5
Schwefeldioxid (SO ₂)	6
Kohlenmonoxid (CO)	6
Staubniederschlag	7
Benzol	8
Flankierende Massnahmen Zürich West (FlaMaWest)	8

Die Luftqualität - ein Dauerbrenner?

Die Überwachung der Luftqualität kann in der Stadt Zürich auf eine über 50-jährige Geschichte zurückblicken. Bereits zu Beginn der 60er-Jahre begann die Stadt mit Messungen der Belastung der Luft durch die gängigen Luftschadstoffe – eine Vorreiterrolle in der Schweiz.

Seither hat sich viel getan. Erfolgt diese Messungen zu Beginn mit Stichproben in aufwändiger analytischer Handarbeit, messen heute ausgeklügelte, automatisierte Messeinrichtungen die Schadstoffbelastung an verschiedenen Messorten in der Stadt Zürich. Deren Daten werden laufend aufbereitet und stehen schnell und aktuell auf Medien zur Verfügung, von denen man dazumals nur träumen konnte.

Die Luftbelastung in der Stadt hat sich in diesem Zeitraum massiv verändert. Im Zuge der Umweltschutz-Gesetz-



Messfahrzeuge zur Überwachung der Luftqualität dazumals und heute

gebung (USG) und in Kraft treten der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) wurden Emissions- und Immissionsgrenzwerte festgelegt. Sie verpflichten die Behörden Massnahmen gegen übermässige Luftbelastungen zu ergreifen. Kantonale und kommunale Massnahmenpläne wurden ausgearbeitet und in Kraft gesetzt.

Die umgesetzten Massnahmen zur Reduktion des Schadstoffausstosses in allen relevanten Bereichen führten in den letzten Jahrzehnten zu einer Verbesserung der Luftqualität bei sämtlichen Luftschadstoffen. So konnten 2012 bei den meisten Schadstoffen die tiefsten Belastungswerte seit Messbeginn verzeichnet werden.

Was tun wir?

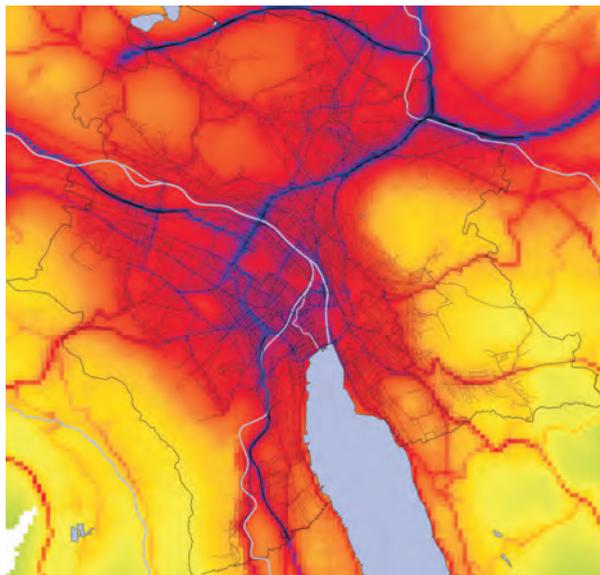
Der kontinuierliche Stationsbetrieb bildet das Rückgrat des Überwachungsauftrags. Die Resultate geben Auskunft über die zeitliche Entwicklung und damit den

Erfolg umgesetzter Massnahmen. Drei, ab Herbst 2013 vier, feste Messstationen mit kontinuierlichen Messungen decken die Spannweite der Belastungen in der Stadt ab. Für aktuelle Fragestellungen kommt ein mobiles Messfahrzeug in Einsatz. In Ergänzung dazu werden zur Gewinnung von Flächeninformationen kostengünstigere, passive Messsysteme eingesetzt und mittels Laboranalytik ausgewertet.

Zunehmend in den Fokus geraten Luftschadstoffe, für die in Folge ihrer besonderen gesundheitlichen Relevanz keine Grenzwerte definiert sind. Es handelt sich dabei in erster Linie um krebserregende und/oder erbgutschädigende Verbindungen, die dem Minimierungsgebot der Gesetzgebung unterliegen. Entsprechend soll ihre Analytik in Zukunft ausgebaut werden. Unsere Messungen bilden die Grundlage der Massnahmenplanung im Bereich der Luftreinhaltung für den Vollzug, die Verwaltung und die Politik.

Die Luftqualität – ein Dauerbrenner!

Neben Erfolgen bei diversen Schadstoffen zeigt sich bei anderen Schadstoffen (Stickstoffdioxid, Feinstaub PM10) eine Abflachung des positiven Trends. Weiterhin werden



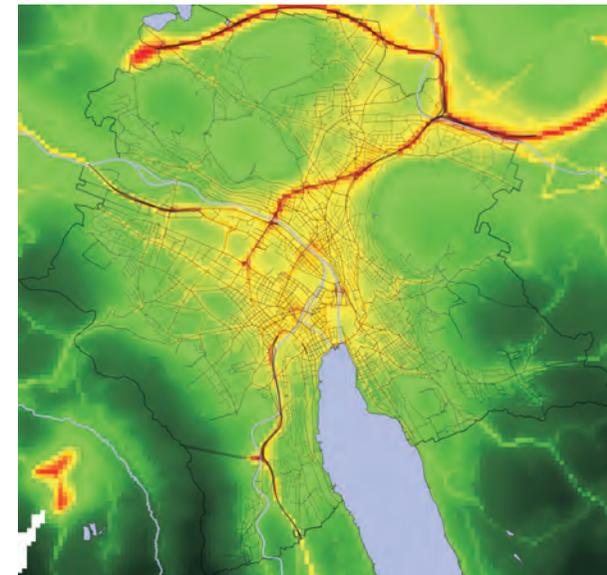
Grenzwerte für Stickstoffdioxid, Feinstaub PM10 und Ozon überschritten. Die Wirkung bisher getroffener und umgesetzter Massnahmen scheint in zunehmendem Mass ausgereizt zu sein.

Das Problem übermässiger Luftbelastungen ist zwar längst nicht mehr so akut wie in früheren Zeiten. Trotzdem sind zusätzliche Massnahmen nötig, um die Luftqualität für alle auf ein Niveau zu verbessern, bei dem keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen zu erwarten sind – unter die Grenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung.

Ein Ausblick

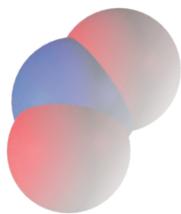
Neben den bisher meist rein technischen Massnahmen werden in Zukunft zusätzlich auch Massnahmen, welche sich auf das individuelle Mobilitätsverhalten ausrichten, an Bedeutung gewinnen.

Eine weitere Entlastung bezüglich der Luftbelastung ist als Folge der Verankerung der 2000W-Gesellschaft in der Gemeinde-Ordnung und der Annahme der Städteinitiative zu erwarten. Ein sparsamerer Einsatz von Energieträgern und weniger Fahrzeugkilometer auf dem Stadtgebiet führen unmittelbar zu einem tieferem Schadstoffausstoss.



Verbesserung der Luftqualität an Hand des Beispiels der Stickstoffdioxid-Belastung von 1990 und 2012

Stickstoffdioxid (NO₂)



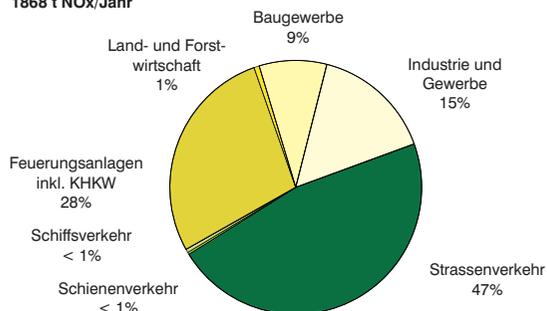
Stickoxide (NO_x) entstehen als unerwünschte Nebenprodukte bei Verbrennungsvorgängen. Bei sehr hohen Temperaturen können Stickstoff (N₂) und Sauerstoff (O₂) aus der für die Verbrennung benötigten Luft miteinander reagieren und Stickoxide bilden. Ein weiterer Teil der Stickoxide stammt aus dem in Brenn- und Treibstoffen enthaltenen Stickstoff. Bei diesen Prozessen entsteht vor allem Stickstoffmonoxid (NO), das in der Atmosphäre rasch in das giftigere Stickstoffdioxid (NO₂) umgewandelt wird. Stickstoffdioxid ist ein rotbraunes, stechend riechendes Gas, das insbesondere um Umfeld menschlicher Tätigkeit in Bodennähe vorkommt.

Die Stickoxide sind Vorläuferschadstoffe der Bildung von saurem Regen, von Ozon und Feinstaub PM10. Sie schädigen sowohl die Gesundheit wie auch die Vegetation. In der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung (LRV) sind nur für NO₂ Immissionsgrenzwerte festgelegt.

Wo entstehen Stickoxide?

In der Stadt Zürich liegt der gesamte Ausstoss 2010 an Stickoxiden bei 1'900 Tonnen/Jahr und dabei noch bei rund 36% der Emissionen von 1990. Zu den Gesamtemissionen trägt der motorisierte Strassenverkehr rund die Hälfte bei. Weitere Grosse mittelen sind Feuerungsanlagen, Industrie und Gewerbe. In der Stadt Zürich ist die NO₂-Belastung weitgehend hausgemacht, die Immissionen werden in erster Linie durch die NO_x-Emissionen aus Verkehr und Feuerungen verursacht. Entsprechend dem hohen Beitrag und der bodennahen Freisetzung der

1868 t NO_x/Jahr



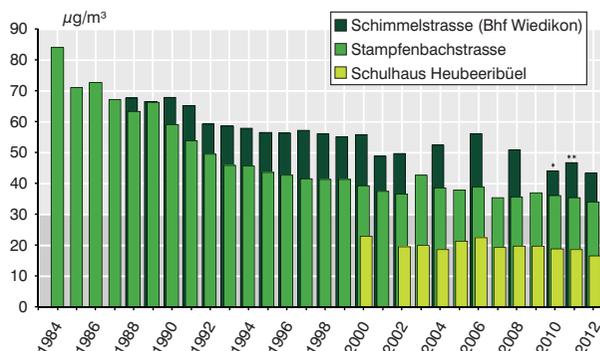
Stickoxide nach Verursachergruppen in der Stadt Zürich 2010

Abgase, bestimmt im Wesentlichen der motorisierte Strassenverkehr das Belastungsmuster.

Die vielfältigen Auswirkungen

Das hochreaktive Gemisch der Stickoxide zählt zu den wichtigsten Schadstoffen der Luft. Stickoxide schädigen in Kombination mit weiteren Schadstoffen Pflanzen und Ökosysteme, führen über den Bodeneintrag zu Überdüngungen von Ökosystemen und beeinträchtigen so die Biodiversität.

Insbesondere Stickstoffdioxid zeigt eine starke Reizwirkung, führt zu Schädigungen von Zellen des Atemtrakts und begünstigt in der Folge Atemweg-Erkrankungen. Eingeatmetes Stickstoffdioxid wird in der Lunge teilweise absorbiert und kann als giftiges Nitrit ins Blut gelangen.



Entwicklung der NO₂-Belastung an den Feststationen in der Stadt Zürich zwischen 1984 und 2012

* Eröffnung Westumfahrung und Beginn der Bauarbeiten zu FlaMaWest
** neues Verkehrsregime

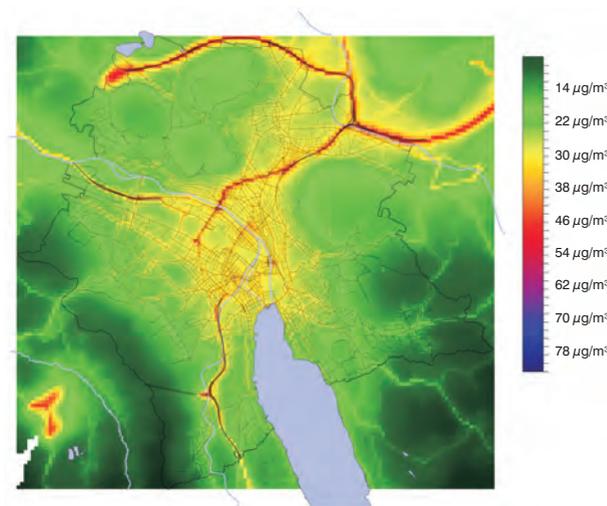
Tiefste Messwerte seit Messbeginn, aber...

Die chronische Belastung durch NO₂ ist geprägt durch eine starke Abnahme der Belastung bis Mitte der 90er Jahre. Diese positive Entwicklung hat sich in den folgenden Jahren deutlich abgeschwächt und die Messwerte zeigen in den letzten 10 Jahren nur noch eine geringfügig abnehmende Tendenz. Trotzdem konnten, begünstigt durch die Witterung, an allen festen Messorten die tiefsten Belastungen seit Messbeginn verzeichnet

werden. Es ist jedoch absehbar, dass die Grenzwerte für Stickstoffdioxid in absehbarer Zeit noch nicht eingehalten werden können.

Weitere Anstrengungen nötig

Die Messungen decken nach wie vor einen grossen Handlungsbedarf zur Reduktion der Emission von Stickoxiden auf. Insbesondere im Bereich der Dieselfahrzeuge, deren Anteil am Gesamtverkehr laufend steigt, ist noch ein grosses Potential zur Reduktion des Stickoxid-Ausstosses vorhanden.



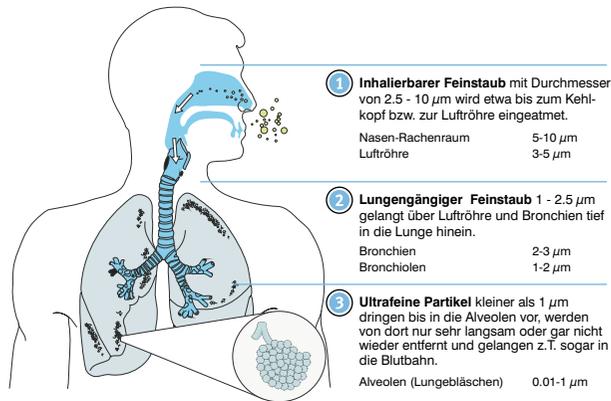
Modellierung der Stickstoffdioxid-Belastung in der Stadt Zürich 2012

Können die Stickoxid-Emissionen deutlich reduziert werden, hat dies auch positive Auswirkungen auf andere Schadstoffe. Einerseits wird die Ozonbildung im Sommer gebremst und andererseits die Produktion sekundärer Aerosole des Feinstaubes vermindert.

Feinstaub PM10

Feinstaub PM10 ist ein Konglomerat von Partikeln unterschiedlichster Herkunft und Grösse mit einem aerodynamischen Durchmesser kleiner als 10 µm. Partikel aus Verbrennungsprozessen, mechanisch erzeugte Partikel aus Abriebvorgängen, Partikel natürlichen Ursprungs und auch Partikel, welche durch chemische Umwandlungen gasförmiger Vorläufer entstehen können (sekundäre Feinpartikel), finden sich alle unter dem Sammelbegriff PM10.

Während gröbere Teilchen entweder gar nicht eingeatmet oder bereits im Nasen-, Rachenraum herausgefiltert



Feinstaub PM10 - Grössen-kategorien und Depositionsorte in der menschlichen Lunge

werden, kann ein Teil des Feinstaubes den Kehlkopf passieren (Partikel kleiner ca. 5 µm) und gelangt über Luftröhre, Bronchien und Bronchiolen tiefer in die Lunge. Partikel mit einem mittleren Durchmesser kleiner als 1 µm dringen bis in die tiefsten Bereiche der Lunge vor und werden teilweise in den Lungenbläschen (Alveolen) abgelagert. Von dort werden sie nur langsam wieder entfernt. Laut neueren medizinischen Erkenntnissen können kleinste Teilchen wegen ihrer geringen Grösse Zellmembranen durchdringen und in die Blutbahn übertreten.

Feinstaub ist ungesund

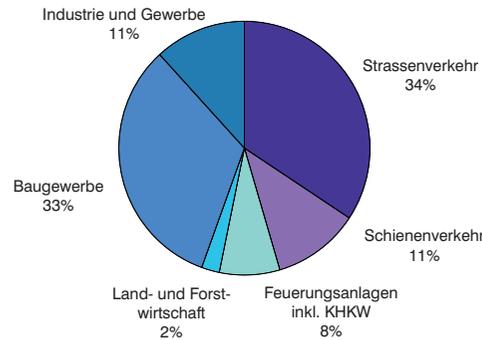
Mit zunehmender Feinstaub PM10-Belastung treten vermehrt chronische Erkrankungssymptome der Atem-

wege auf, wie Atemnot, Husten, Auswurf oder Atemwegs-Infektionen. Damit verbunden sind Einschränkungen der Lungenfunktion, die Auslösung entzündlicher Reaktionen und Herz-/Kreislaufkrankungen.

Überall entsteht Feinstaub

Beiträge zu den Emissionen stammen aus praktisch allen Bereichen menschlicher Aktivitäten. Auch natürliche Quellen tragen zur Grundbelastung bei.

363 t PM10/Jahr



Feinstaub PM10 nach Verursachergruppen in der Stadt Zürich (2010)

Der motorisierte Strassenverkehr ist neben dem Baugewerbe in städtischen Gebieten der bedeutendste Belastungsfaktor. Die deutlich erhöhten PM10-Messwerte an stark befahrenen Strassen, insbesondere an Hauptverkehrsachsen mit hohem Schwerverkehrsanteil, unterstreichen den Zusammenhang zwischen Verkehr und PM10-Belastung. In Strassennähe stammen die Feinpartikel nicht nur aus dem Auspuff, sondern auch vom Abrieb der Fahrbahn, der Reifen und Bremsen. Ein weiterer Faktor ist zudem aufgewirbelter Strassenstaub. PM10-Partikel können auf Grund ihrer Stabilität und geringen Sinkgeschwindigkeit lange Zeit in der Luft bleiben und werden über grosse Distanzen transportiert. Dies bedeutet, dass die lokale PM10-Belastung auch von weiträumig verfrachteten Anteilen beeinflusst wird. Modellrechnungen zeigen, dass die durch Ferntransport bedingte Vorbelastung in der Schweiz bereits rund die Hälfte des Jahresgrenzwerts von 20 µg/m³ ausmacht.

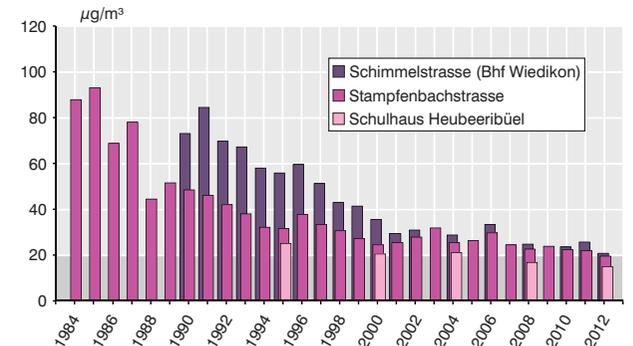
Deutlich weniger Feinstaub in der Luft

Die Langzeitentwicklung beim Feinstaub PM10 zeigt eine starke Abnahme der Feinstaub-Belastung bis zum Jahr 2000. In den Folgejahren verlangsamt sich die Verbesserung der Luftqualität deutlich.

Die chronische Belastung durch Feinstaub PM10 hat sich 2012 wetterbegünstigt deutlich gesenkt und einen Tiefststand seit Beginn der Messungen erreicht. Selbst an sehr verkehrsexponierten Messorten wie der Schimmelstrasse (Bhf Wiedikon) wurde 2012 der Langzeitgrenzwert nur geringfügig überschritten.

Erstmals wurde der PM10-Grenzwert auch am Messort Stampfenbachstrasse eingehalten. Es ist jedoch damit zu rechnen, dass die PM10-Belastung bei vermehrten Winterinversion wieder steigen wird.

Nach wie vor wird bei ungünstigen Witterungsbedingungen der Kurzzeitgrenzwert (Tagesmittelwert) an allen Messorten zu häufig überschritten.

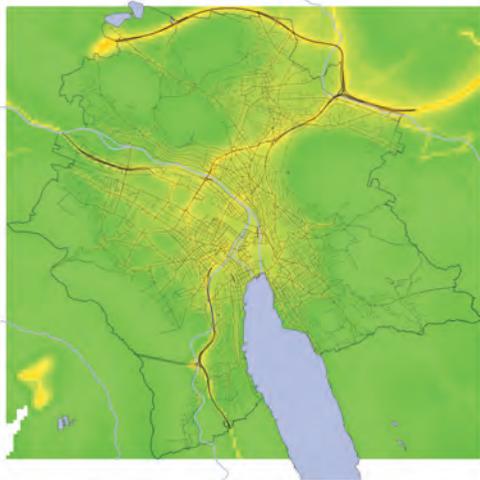
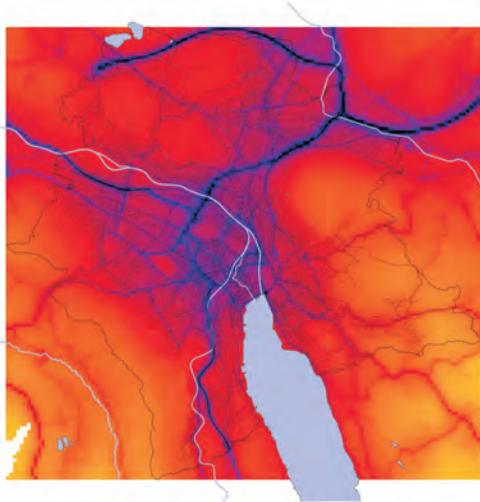


Entwicklung der Feinstaub PM10-Belastung in der Stadt Zürich 1984 bis 2012

Entspannung in weiten Teilen der Stadt

Wird die Verteilung der chronischen Langzeitbelastung durch Feinstaub PM10 auf dem Stadtgebiet betrachtet, zeigt sich, dass insbesondere entlang der städtischen Hauptverkehrsachsen und den Nationalstrassen auf Stadtgebiet der Grenzwert noch überschritten wird. Im Vergleich dazu wurde 1990 der Grenzwert für Feinstaub PM10 noch auf dem gesamten Stadtgebiet der Stadt, teils massiv, überschritten.

Inhaltsstoffe Feinstaub PM10

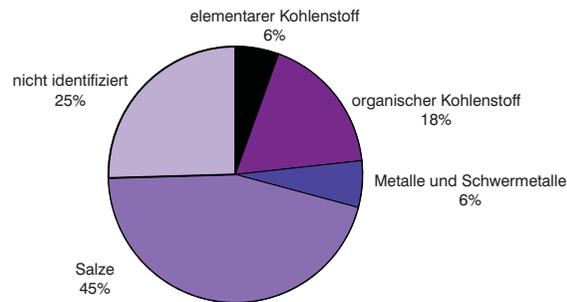


Modellierung der Feinstaub PM10-Belastung der Stadt Zürich 1990 (oben) und 2012 (unten)

Problematische Inhaltsstoffe

Feinstaub PM10 enthält Komponenten mit besonderer gesundheitlicher Relevanz. Dazu gehören Schwermetalle und krebserregende und/oder ergutschädigende Substanzen (Dieselruss oder polyaromatische Kohlenwasserstoffe).

Entsprechend der unterschiedlichen Herkunft von Feinstaub PM10 ist auch die Zusammensetzung des Feinstaubs sehr heterogen. Es dominieren Salze, welche aus gasförmigen Vorläuferschadstoffen entstehen. Die gesundheitlich besonders relevanten Bestandteile sind jedoch der elementare Kohlenstoff (Dieselruss) und die Schwermetallanteile.



Zusammensetzung des Feinstaubs PM10 am Messort Stampfenbachstrasse 2012

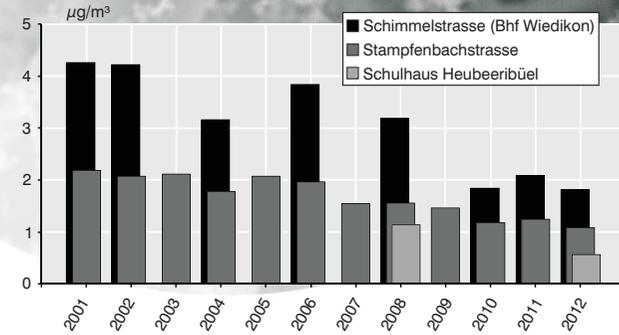
Elementarer Kohlenstoff (Dieselruss)

Dieselmotoren stossen eine grosse Zahl von Einzelsubstanzen aus, die teils gasförmig, teils partikelförmig vorliegen.

Dieselmotoren stossen eine grosse Zahl von Einzelsubstanzen aus, die teils gasförmig, teils partikelförmig vorliegen. Dieselruss ist krebserregend. Die Grösse der Russpartikel liegt typischerweise zwischen 0.01 und 0.5 µm, d.h. es handelt sich um eine vollständig alveolengängige Komponente. Die Kanzerogenität beruht hauptsächlich auf dem inneren Kern der Dieselpartikel, der im Wesentlichen aus elementarem Kohlenstoff besteht. Die auf den Russkernen haftenden weiteren Kanzerogene (z.B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) tragen zusätzlich zum Krebsrisiko bei. Wahrscheinlich hat bereits das Vorliegen einer grossen Zahl von mechanisch reizenden und nicht abbaubaren Kohlenstoffkernen wesentlichen Anteil an der kanzerogenen Wirkung.

Die Belastung durch elementaren Kohlenstoff konnte in den letzten 10 Jahren deutlich gesenkt werden. So hat sich die Belastung durch den Russ an allen Messorten praktisch halbiert.

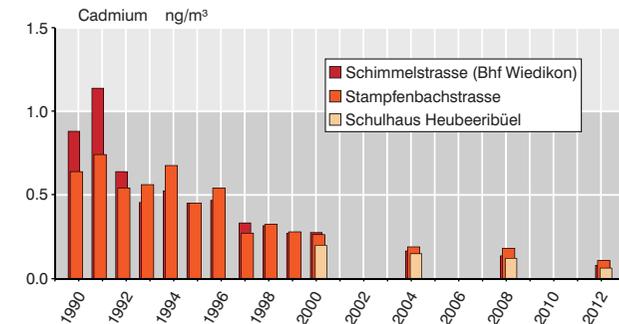
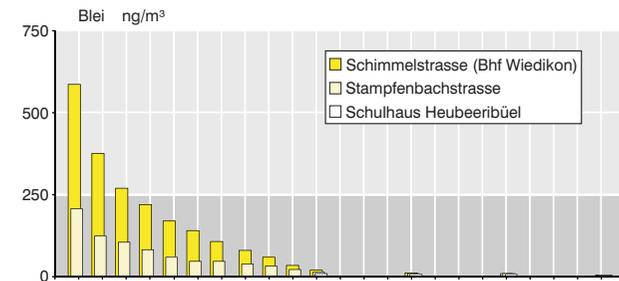
Ziel ist es, unabhängig von der Verkehrsexposition, die Belastung zu minimieren und unabhängig vom Messort eine Belastung von maximal 1 µg/m³ zu erreichen.



Elementarer Kohlenstoff (Dieselruss) in der Stadt Zürich 2001 bis 2012

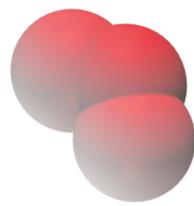
Schwermetalle im Feinstaub sind Vergangenheit

Die Elimination von Blei und Cadmium aus dem Alltagsgebrauch und die Rauchgasreinigungen der städtischen Kehrheizkraftwerke haben dazu geführt, dass die Grenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung deutlich eingehalten werden.



Schwermetalle im Feinstaub PM10 in der Stadt Zürich 1990 bis 2012

Ozon (O₃)



Ozon ist eines der wichtigsten Spurengase in der Atmosphäre. Das natürliche Vorkommen von Ozon in der unteren Stratosphäre in 20 bis 30 km Höhe (Ozonschicht) schützt die Erdoberfläche vor der schädlichen Ultraviolettstrahlung der Sonne.

Auch in der erdnahen Atmosphäre (Troposphäre) kommt Ozon in relativ tiefen Konzentrationen natürlicherweise vor (in unseren Breiten etwa 30 bis 40 µg/m³). Stark erhöhte Ozonkonzentrationen treten in Bodennähe typischerweise bei anhaltenden, sommerlichen Schönwetterperioden bei hohen Temperaturen auf. In solchen Phasen werden Ozon, weitere Oxidantien (oxidierend wirkende Substanzen) und sekundäre Aerosole (Partikel) durch komplizierte photochemische Prozesse gebildet. Ozon wird allgemein als Leitsubstanz für Sommer- oder Photosmog betrachtet.

Ozon ist ein typischer sekundärer Luftschadstoff, es entsteht erst aus der chemischen Umwandlung anderer Schadstoffe in der Atmosphäre. Es gibt keine nennenswerten Quellen, welche Ozon direkt emittieren. Die wichtigsten Ozonvorläufer sind Stickoxide (NO_x) und flüchtige organische Verbindungen (VOC). Aus den Auspuffen der Motorfahrzeuge wird ein ideales Gemisch der beiden Ozonvorläuferschadstoffe ausgestossen.

Ozon – ein lokales Phänomen?

Ozon ist in höheren Luftschichten der Troposphäre relativ langlebig und kann, abhängig von der Wetterlage, über weite Strecken transportiert werden.

So tragen die Emissionen der Vortage aus dem Rest der Schweiz und unseren Nachbarländern, gemäss neueren Erkenntnissen der gesamten Nordhalbkugel, zur Ozonbelastung in der Schweiz bei.

Durch vertikale Austausch- und Mischprozesse gelangt das Ozon aus der Höhe auch in die bodennahen Luftmassen. Dies führt bereits zu einer hohen Grundbelastung, die weder durch lokale Emissionen verursacht wird noch durch lokale Massnahmen beeinflusst werden kann.

Ein Reizgas

Die schädlichen Effekte von Ozon auf Menschen, Tiere und Pflanzen beruhen auf seiner Oxidationskraft. Ozon und andere Photooxidantien entfalten ihre Wirkung

am Ort ihres Auftreffens, also beispielsweise im Gewebe des Atemtraktes oder dem Blattwerk von Pflanzen. Die geringe Wasserlöslichkeit von Ozon führt zu einem tiefen Eindringen in die Lunge und zum Kontakt mit Gewebe, welches nicht durch eine Schleimschicht geschützt ist. Erste akute Wirkungen können bei empfindlichen Personen bereits ab einer Ozon-Belastung von 100 bis 120 µg/m³ auftreten.

Gesundheitliche Auswirkungen

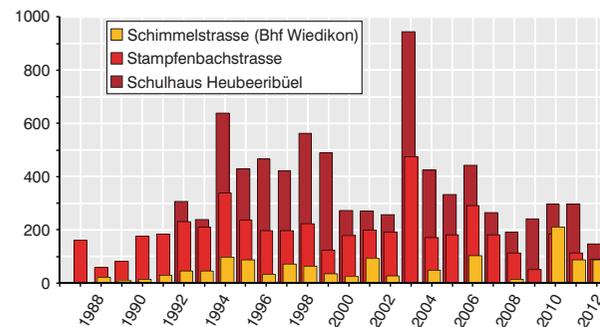
Die Empfindlichkeit gegenüber Ozon ist von Mensch zu Mensch sehr unterschiedlich. Als Symptome des Sommersmogs können bei empfindlichen Personen Reizungen der Atemwege (z.B. Kratzen und Brennen im Hals), Augenbrennen und Kopfschmerzen auftreten.

Diese Beeinträchtigungen hängen von der Dauer des Aufenthalts in der mit Ozon belasteten Aussenluft ab. Bei höheren Ozon-Konzentrationen – im Bereich 180 bis 200 µg/m³ – kann es bei mehrstündigem Aufenthalt im Freien und bei gleichzeitiger reger körperlicher Aktivität zu Einschränkungen der Lungenfunktion kommen. Dies vermindert vorübergehend die körperliche Ausdauerfähigkeit.

Die Symptome klingen mit sinkenden Ozon-Belastungen abends wieder ab.

Aktuelle Belastungen

Nach wie vor wird der Stundengrenzwert für Ozon in schönen und heissen Sommern häufig und deutlich



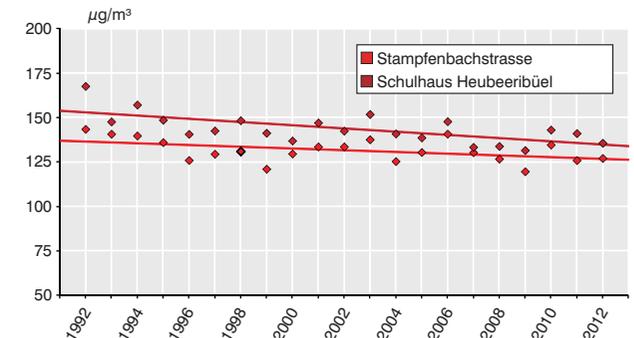
Anzahl Überschreitungen des Stundengrenzwerts für Ozon an den Messorten in der Stadt Zürich 1987 bis 2012

überschritten. In Folge der Abhängigkeit der Ozonbelastung von den Emissionen überregionaler, nationaler und internationaler Quellen wird dies auch weiterhin der Fall bleiben.

Um die Ozonbelastung nachhaltig unter die Grenzwerte zu bringen, ist eine Reduktion der Vorläuferschadstoffe um mindestens die Hälfte und Anstrengungen bei allen Verursachern, auch international, nötig.

Aussichten

Obwohl die Ozonbelastungen weiterhin zu hoch sind, lässt sich bei den Spitzenbelastungen ein ganz klarer Abwärtstrend beobachten. Selbst während mehrtägiger, anhaltender Hitzeperioden liegen die Spitzenbelastungen heute durchwegs unter 180 µg/m³. In vergleichbaren Sommersmog-Episoden zu Beginn der 90er-Jahre waren Spitzenwerte über 220 µg/m³ noch keine Seltenheit.



Entwicklung der mittleren maximalen Ozonbelastung an «ozon-günstigen» Tagen in der Stadt Zürich 1992 bis 2012

Schwefeldioxid (SO₂)



Alle fossilen Brenn- und Treibstoffe enthalten in unterschiedlichem Umfang Schwefelanteile. Bei ihrer Verbrennung entsteht Schwefeldioxid.

Schwefeldioxid war noch bis vor einigen Jahrzehnten der klassische Schadstoff winterlicher Inversionslagen. Der Einsatz schwefelhaltiger Kohle- und Erdölprodukte zu Heiz- und Verkehrszwecken konnte Mitte des letzten Jahrhunderts für empfindliche Personen im Extremfall zu lebensbedrohlichen Situationen führen.

Schwefeldioxid ist ein farbloses, bei höheren Konzentrationen nach faulen Eiern reichendes Gas. In Verbindung mit Wasser entstehen schweflige Säure und Schwefelsäure, wesentliche Bestandteile von saurem Regen. Schwefeldioxid kann Pflanzen durch Abbau des Blattgrüns (Chlorophyll) direkt schädigen. Der saure Niederschlag führt zu Versauerungen von Böden und Gewässern.

Erhöhte Konzentrationen von Schwefeldioxid führen zu Reizungen der Augen und Schleimhäute und können zu Erkrankungen der Atemwege beitragen. Im Umfeld industrieller Betrieben zur Kohleverarbeitung, beispielsweise bei der Herstellung von Grafit, können auch unangenehme Geruchsbelästigungen auftreten.

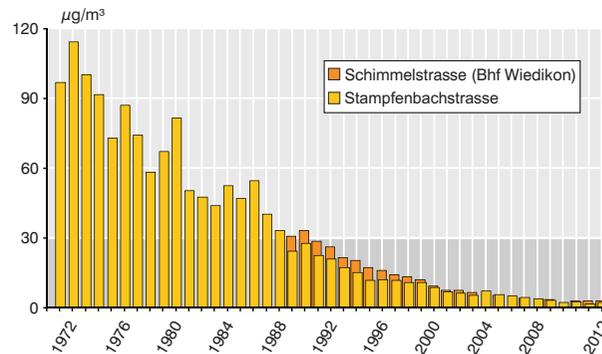
Eine wichtige Rolle spielt Schwefel auch bei der Entstehung von Russ bei Verbrennungsprozessen. Für den störungsfreien Betrieb neuer Motoren- und Abgasbehandlungstechnologien sind zudem praktisch schwefelfreie Treibstoffe notwendig, da der Schwefel insbesondere auch auf die Partikelbildung einen grossen Einfluss hat.

Feuerungen als Hauptverursacher

In der Stadt Zürich wird Schwefeldioxid zum grössten Teil aus Feuerungsanlagen freigesetzt (94%), die beiden Kehrichtheizkraftwerke tragen rund 5% zu den Schwefeldioxidemissionen bei. Nur rund 1% des Schwefeldioxids stammt aus dem motorisierten Strassenverkehr, überwiegend von dieselbetriebenen Fahrzeugen.

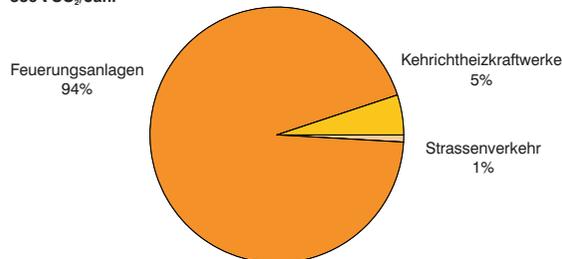
Nahezu schwefelfrei

Seit Beginn der Messungen in der Stadt Zürich in den frühen 70er Jahren hat die Schwefeldioxid-Belastung kontinuierlich und deutlich abgenommen. Seit 1990 werden auch an stärker belasteten Messorten keine Überschreitungen des Jahresmittel-Grenzwerts mehr registriert. Die konsequente schrittweise Eliminierung von Schwefel aus sämtlichen fossilen Energieträgern hat dazu geführt, dass die Luft in der Stadt heute nahe zu frei von Schwefeldioxid ist.



Entwicklung der Belastung durch Schwefeldioxid in der Stadt Zürich 1971 bis 2012 (Jahresmittelwerte)

336 t SO₂/Jahr



Emission von Schwefeldioxid nach Verursacherguppen in der Stadt Zürich 2005

Kohlenmonoxid (CO)

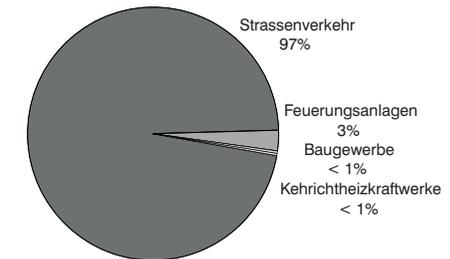
Kohlenmonoxid (CO) entsteht bei Verbrennungsprozessen, wenn nicht genügend Sauerstoff für eine «vollständige» Verbrennung vorhanden ist. Es kann in fast allen Verbrennungsabgasen nachgewiesen werden.

Kohlenmonoxid ist ein farb- und geruchsloses Gas, das bei Mensch und Tier als Atemgift wirkt. Es bindet sich 200- bis 300-mal stärker als der Sauerstoff an das Hämoglobin, den roten Blutfarbstoff und behindert so bereits bei relativ niedrigen Konzentrationen die Sauerstoffaufnahme im Blut. In höheren Konzentrationen wirkt Kohlenmonoxid bei Mensch und Tier als tödliches Atemgift.

Strassenverkehr als Hauptverursacher

In der Stadt Zürich wird Kohlenmonoxid zu 97 % vom motorisierten Strassenverkehr emittiert und ist deshalb ein typischer Leitschadstoff und Indikator für das Verkehrsaufkommen an einem Messort. Der Rest stammt aus Feuerungsanlagen, gewerblichen Maschinen und der Kehrichtverbrennung.

8509 t CO/Jahr



Emission von Kohlenmonoxid nach Verursacherguppen in der Stadt Zürich 2005

Kohlenmonoxid kein Problemschadstoff mehr

Kohlenmonoxid stellt bereits seit 25 Jahren kein Problem mehr dar. Die letzten Überschreitungen des Grenzwerts der Luftreinhalte-Verordnung (max. Tagesmittelwert) datieren auf Mitte der 80er Jahre.

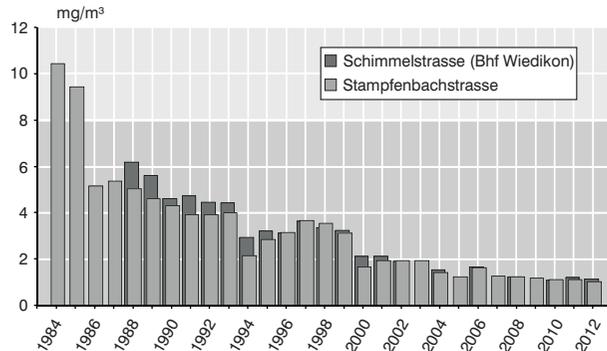
Der Ausstoss von Kohlenmonoxid wird in Folge der Erneuerung der Fahrzeugflotte auch in kommenden Jahren noch weiter sinken, obwohl aktuelle, wie kommende EU-Abgasnormen (EURO 3 bis EURO 6)



keine weitere Verschärfung der Emissionsvorschriften für Kohlenmonoxid vorsehen.

Diese positive Entwicklung kann auf mehrere Faktoren zurückgeführt werden:

- die schrittweise Verschärfung der Abgasvorschriften für Motorfahrzeuge (Katalysator) und die damit notwendig gewordenen motorseitigen, technischen Optimierungen
- periodische Kontrollen des Schadstoffausstosses von Motorfahrzeugen (Abgaswartung)
- technologische Optimierungen und Emissionskontrollen an Feuerungsanlagen

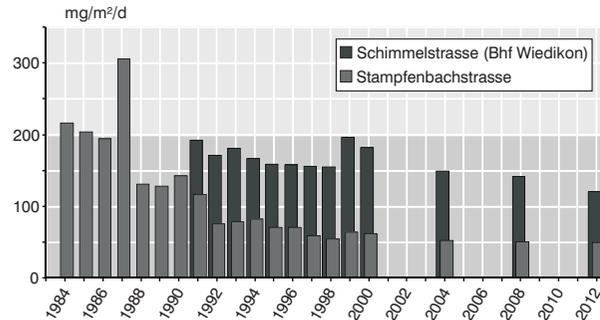


Maximale Tagesmittelwerte für Kohlenmonoxid in der Stadt Zürich 1984 bis 2012

Staubniederschlag

Staubniederschlag besteht in erster Linie aus groben Partikeln, welche nicht eingeatmet werden und entsprechend beim Mensch keine gesundheitlichen Auswirkungen haben. Darin enthaltene Schwermetalle können sich im Boden anreichern, die Bodenfruchtbarkeit mindern und einen negativen Einfluss auf das Pflanzenwachstum haben. Indirekt stellen die Schwermetalle im Staubniederschlag auch ein Gesundheitsrisiko dar. Sie reichern sich in Boden und Pflanzen an und können über die Nahrungskette aufgenommen werden.

Die konsequente Eliminierung von Schwermetallen aus dem Alltagsgebrauch hat dazu geführt, dass sie heute im Staubniederschlag kein Problem mehr darstellen.



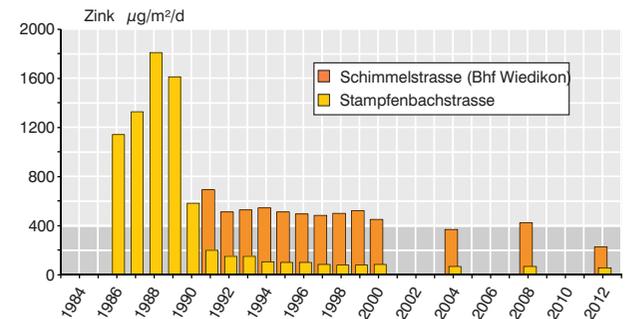
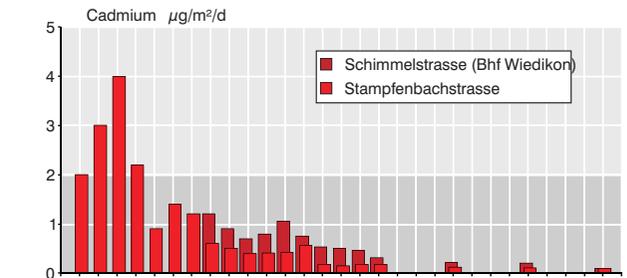
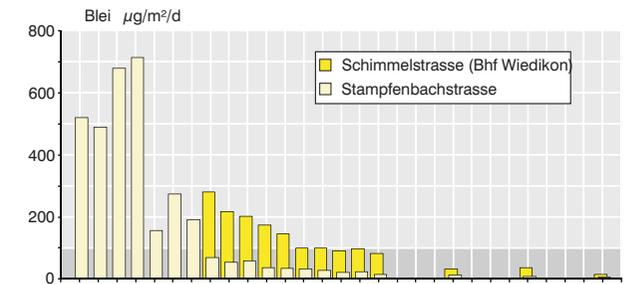
Staubeinträge in der Stadt Zürich 1984 bis 2012

Staubeintrag

Der Staubeintrag in den Boden hat in den letzten 30 Jahren kontinuierlich abgenommen und liegt aktuell auf dem tiefsten Stand seit Beginn der Messungen. Die höchsten Belastungen treten in unmittelbarer Nähe zu Hauptverkehrsachsen mit hohem Schwerverkehrsanteil auf. In der Folge der Eröffnung der Westumfahrung Zürich und der anschliessenden Umsetzung der flankierenden Massnahmen auf dem Stadtgebiet hat sich der Staubeintrag auf Grund der Verlagerung des Schwerverkehrs auf die Umfahrungsstrasse deutlich gesenkt.

Schwermetalleinträge

Der Eintrag der Schwermetalle Cadmium und Blei liegt heute deutlich unter den entsprechenden Grenzwerten. Der tiefere Zinkeintrag an der Schimmelstrasse kann direkt auf den tieferen Schwerverkehrsanteil zurück geführt werden.



Schwermetalleinträge in der Stadt Zürich 1984 bis 2012

Problem Schwermetalleinträge in Schrebergärten

Ein weitaus grösseres Problem ist in diesem Zusammenhang das Verhalten der Hobbygärtner. Zu gut gemeinter Düngereinsatz, der Einsatz chemischer Mittel zum Pflanzenschutz und das Ausbringen von Asche können dazu führen, dass Richtwerte für Schwermetalle zum Schutz der Bodenfruchtbarkeit überschritten werden. Die Belastung kann dabei von Parzelle zu Parzelle deutlich variieren und nimmt mit zunehmenden Alter der Familiengärten zu.

Benzol



Neben chlorierten Lösungsmitteln gehört Benzol zu den problematischen Substanzen aus der Klasse der flüchtigen organischen Verbindungen. Während Ersterer praktisch nicht mehr verwendet werden, wird das krebserregende Benzol weiterhin in grossen Mengen als Benzinzusatz eingesetzt und gelangt entsprechend auch in die Umwelt.

Massnahmen zur Benzol-Reduktion

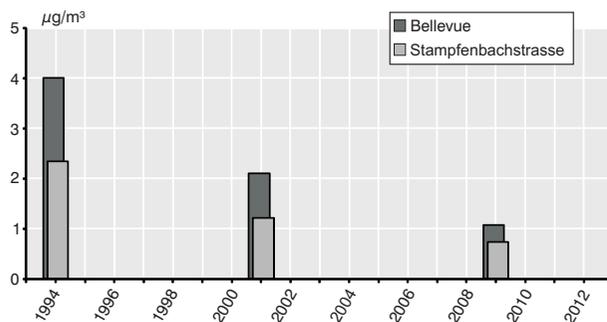
Die Gesetzgebung verlangt für besonders gesundheitsgefährdende Substanzen mit krebserregendem und Erbgut schädigendem Potential die Minimierung der Emission dieser Schadstoffe, so weit dies technisch machbar und finanziell tragbar ist.

Es wurde eine Reihe von Massnahmen ergriffen, um das Problem zu entschärfen:

- Gaspendelung (Gasrückführung) an Benzin-Tanksäulen
- Beschränkung des Benzol-Gehalts im Benzin auf 1%
- Laufende Verschärfung der Emissionsvorschriften für Motorfahrzeuge

Benzol in der Aussenluft deutlich reduziert

Wie die periodischen Messkampagnen zeigen, haben sich die Benzol-Belastungen im Zeitraum zwischen 1994 und 2009 an den Messorten Bellevue und Stampfenbachstrasse um den Faktor 4 reduziert.



Luftbelastung durch Benzol in der Stadt Zürich 1994 bis 2009

Flankierende Massnahme Zürich West (FlaMaWest)

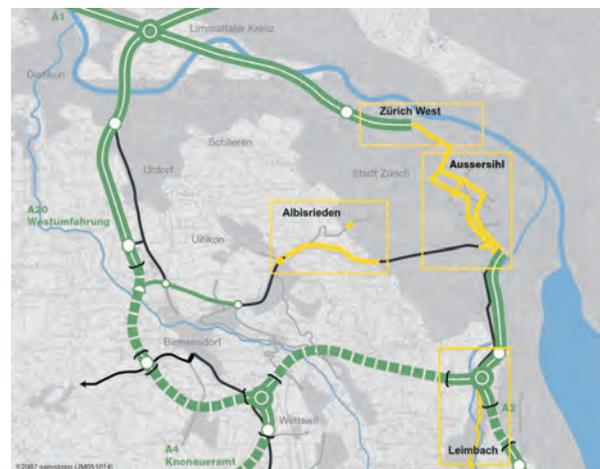
Unmittelbar mit der Eröffnung des Uetlibergtunnels im Mai 2009, begannen in der Stadt Zürich die Arbeiten für die flankierenden Massnahmen zur Westumfahrung von Zürich, welche 2011 abgeschlossen wurden.

Begleitet von Kapazitätsreduktionen, Stauraumverlagerungen und der Umklassierung verschiedener Strassenabschnitte wurde die ehemals richtungsgetrennte Transitachse auf einer städtischen Hauptverkehrsachse zusammengefasst.

Besondere Berücksichtigung erfuhren dabei der Langsamverkehr und der öffentliche Verkehr. Insgesamt resultierten eine Aufwertung, eine deutliche Entlastung der Anwohner bezüglich der Umweltbelastungen und eine wesentliche Steigerung der Lebensqualität in den betroffenen Quartieren.

Begleitende Immissionsmessungen

Die Umsetzung der flankierenden Massnahmen bot eine ideale und einmalige Gelegenheit, die Auswirkungen auf die Luftbelastung nach massiven Änderungen im Verkehrsregime zu beobachten. Von besonderem Interesse waren dabei die zu Quartierstrassen (Tempo 30) abklassierten West- und Bullingerstrasse und die Hauptverkehrsachse Schimmel- und Seebahnstrasse.



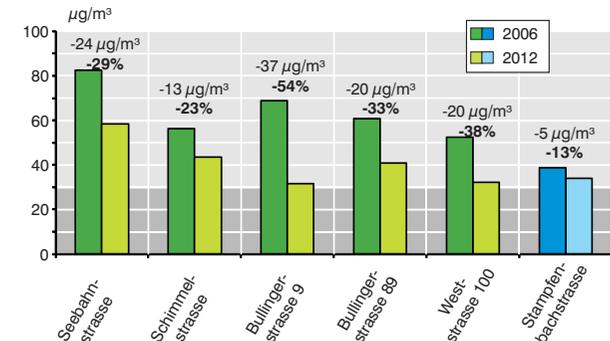
Nationalstrassen (grün) und Strassenabschnitte, an welchen flankierende Massnahmen umgesetzt wurden (gelb)

Deutlich weniger Verkehr

Mit Ausnahme der Schimmelstrasse (8% Mehrverkehr) hat sich der Strassenverkehr an allen betroffenen Strassenabschnitten zwischen 34% und 95% reduziert. Der stadtquerende Schwerverkehr reduzierte sich um rund 75%.

Auswirkungen auf die Luftbelastung

Die Luftqualität hat sich wesentlich verbessert, am deutlichsten beim Stickstoffdioxid und an den zu Quartierstrassen (Tempo 30) abklassierten Strassenabschnitten (Weststrasse, Bullingerstrasse).



Änderung der Luftbelastung durch Stickstoffdioxid (NO₂) nach Eröffnung der Zürcher Westumfahrung und Umsetzung der flankierenden Massnahmen im Quartier Ausserriihl

In erster Linie als Folge des wegfallenden stadtquerenden Schwerverkehrs hat sich die Luftqualität auch an der Hauptverkehrsachse Seebahn- und Schimmelstrasse verbessert, obwohl auf der Schimmelstrasse der Verkehr zugenommen hat.

Trotz der allgemeinen Verbesserungen werden weiterhin Grenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung, teils deutlich, überschritten.



Proz.	Bezeichnung	Absorption	Korrigierte Absorption	Menge NO ₂ [nmol]
		0.0912	0.0632	3.3539
25	Durch	0.0939	0.0659	3.5172
26	in Pl.	0.0931	0.0651	3.4698
27	1000 - 1110	0.1318	0.1038	5.769
28	Durch	0.1353	0.1073	5.9814
29	Gesamtwert Heubühl	0.1390	0.1110	6.1984
30	2008 - 270	0.1607	0.1327	7.4897