

SOMMERSMOG Trotz Fortschritt in der Lufthygiene sind die Ozonspitzen kaum gesunken. Ohne grosse weltweite Anstrengungen wird der Erfolg weiterhin ausbleiben.

Das Problem mit dem Ozon-Import

Sommer für Sommer steigen die Ozonkonzentrationen weit über den Grenzwert. Der Ozonimport macht den Lufthygienikern einen Strich durch die Rechnung.

Von **Martin Läubli**

Tränende Augen, Reizhusten, Atemlosigkeit – das ist das jährliche Los für Ozonempfindliche. Sommer für Sommer. Ob in der Innenstadt oder im Stadtpark, ob auf der Lägern oder der Rigi: Die Ozonkonzentrationen lagen in den letzten Tagen vielfach über dem vorgeschriebenen Grenzwert, der nur einmal im Jahr überschritten werden darf. Selbst auf dem Jungfrauoch – als Ort reiner Luft deklariert.

In Zürich war es nicht anders. Wenn die Sonne scheint, gibt es in der Limmatstadt keinen Platz mehr mit tiefen Ozonwerten. Philippe Kehl weiss das genau. Der Kulturingenieur hat im ersten Halbjahr des vergangenen Jahres für seine Dissertation am ETH-Institut für Geodäsie und Fotogrammetrie besondere Messungen gemacht: Instrumente auf dem Dach eines Trams der Linie 11 haben auf den Fahrten vom Hallenstadion über die Bahnhofstrasse, Bellevue bis Rehalp und retour die Luftqualität geprüft. Alle 10 Sekunden. Ozon, Stickoxide, Feinstaub. Das Satellitenpositionssystem GPS hielt die Messpunkte exakt fest (siehe Grafik). «Die lokalen Unterschiede der Schadstoffkonzentration sind deutlich», sagt Kehl.

Wenig Ozon am Bellevue

Dabei zeigt sich das Paradoxon des komplizierten Ozonchemismus eindrücklich: Die tiefsten Stundenwerte lieferten die Messinstrumente auf der verkehrsreichen Strecke vom Bürkliplatz zum Bellevue. Reichlich vorhandenes Stickstoffmonoxid aus den Abgasen der Autos hatte hier mehr Ozon abgebaut, als durch die Sonnenstrahlung gebildet wurde. Anders in der Fussgängerzone der Bahnhofstrasse. Die Menge der Stickoxide lag um ein Vielfaches unter dem Bellevue-Wert, trotzdem stieg die Ozonkonzentration am Nachmittag steil an. Der Grund: Winde und dabei entstehende Turbulenzen zwischen den Häusern verteilen das neu gebildete Ozon im Laufe des Tages in der Stadt. An der verkehrsarmen Bahnhofstrasse fehlt es aber an Stickoxiden, die das Reizgas abbauen. Stickoxide sind nicht nur «Bausteine» der Ozonbildung, sie zerstören es auch.

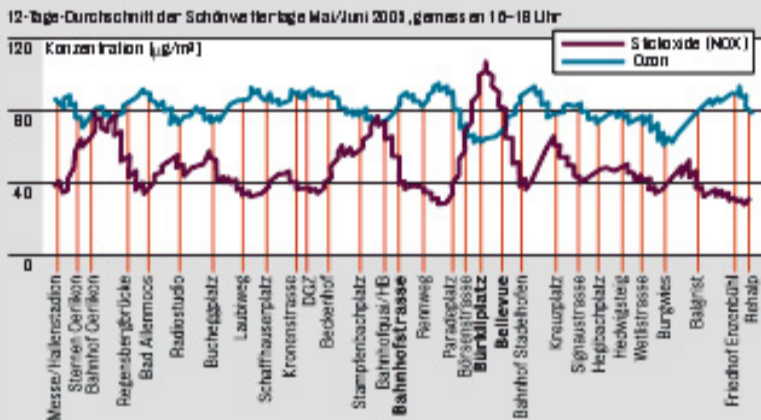
Die Resultate des Messprogramms bestätigen die Ergebnisse der punktuellen Messungen des Umwelt- und Gesundheitsamts der Stadt Zürich. Mit der dynamischen Methode auf dem Tram können die Forscher aber erstmals zeigen, wie sich die Schadstoffe ausbreiten und wie unterschiedlich sie chemisch reagieren an höher und tiefer gelegenen Orten. Sie können lokale Zusammenhänge zwischen Verkehrsdichte und die Folgen spezieller Wittersituationen besser herausfinden.

Die Zürcher Verhältnisse sind exemplarisch für die gesamte Schweiz. Seit langem ist bekannt, dass Ozonmaxima erst geglättet werden, wenn der Ausstoss der Vorläufersubstanzen, Stickoxide und Kohlenwasserstoffe, deutlich gesenkt wird. Diese beiden Schadstoffe bilden mit Hilfe der Sonne Ozon. Seit der Einführung des Katalysators in den späten 80er-Jahren entlassen Autos bedeutend weniger Stickoxide, aus Lösungsmitteln und Treibstoffen verdampfen deutlich geringere Mengen an Kohlenwasserstoffen. Der Anteil dieser beiden Luftschadstoffe



ETH-Forscher Philippe Kehl prüft Messgerät auf dem Dach eines Zürcher Trams.

Messungen auf der Tramlinie 11 in Zürich



Two columns of text providing context on ozone research and international agreements. The left column discusses tropospheric ozone research since WWII and the 1970s-1990s. The right column lists key international agreements like the Montreal Protocol (1987) and the Göteborg Protocol (1989).

sank seit 1990 um knapp 40 Prozent beziehungsweise 49 Prozent. In Zürich ist dieser Trend für Stickoxide sogar noch stärker. Trotzdem hat sich die Zahl der überschrittenen Grenzwerte seit Beginn der 90er-Jahre nur wenig verringert. «Die beobachtete Abnahme ist viel zu gering. Auf Grund des Emissionsrückgangs in der Schweiz und in Europa wäre mehr zu erwarten», sagt Johannes Stähelin, Professor am Institut für Atmosphärenphysik der ETH Zürich. Frühere Simulationen des Sommersmogs zeigen: Die höchsten Ozontageswerte müssten um 10 Prozent sinken, wenn die Menge an Vorläufersubstanzen halbiert wird. Rechne man die

Fortschritte in der Lufthygiene in Europa dazu, dann seien sogar 20 Prozent zu erwarten, sagt Stähelin. Es scheint, ein anderes Phänomen kaschiert die Wirkung der Anstrengungen in der Lufthygiene der letzten Jahre. «Der Ozonimport hat zugenommen», so ETH-Ozonexperte Stähelin. Das zeigt sich deutlich auf dem Jungfrauoch. Die Messinstrumente der so genannten Reinluftstation registrieren seit den 1990er-Jahren einen ansteigenden Trend. «Je höher die Hintergrundwerte, desto schwieriger sind die Spitzen zu verringern», sagt Johannes Stähelin. Das Auf und Ab der Spitzen wird vor allem durch die Menge der lokalen und re-

gionalen Emissionen der Vorläufersubstanzen und durch die Sonnenstrahlung bestimmt. Diese Erklärung reicht aber nicht aus, um ein anderes Phänomen zu begründen: Die mittlere Ozonbelastung in der Schweiz hat an allen Messstationen, im Mittelland und im Süden, deutlich zugenommen.

Schmutzige Luftpakete aus Norden

Die Ursachen? Die Wissenschaftler sind bisher etwas ratlos. ETH-Forscher und japanische Wissenschaftler fanden vor wenigen Jahren eine mögliche Erklärung jenseits unserer Landesgrenzen. Sie rekonstruierten die Wege der Luftpakete über Arosa während zweier Jahre für jeden Tag. Das Fazit: Je länger sich diese Luft über belasteten Regionen Europas aufhielt, desto stärker war die Ozonbelastung. Die Luftmassen strichen über hochindustrialisierte Regionen: Grossbritannien, Beneluxländer, deutsches Ruhrgebiet.

Dies erklärt allerdings nicht, weshalb auch vielerorts in Europa trotz grossen lufthygienischen Anstrengungen der Ozongrundpegel angestiegen ist. In Mace Head, einer so genannten Reinluftstation an der Westküste Irlands, nimmt die Hintergrundkonzentration seit 1987 zu. «Wahrscheinlich ist es ein hemisphärischer Import», sagt Stähelin. Experten schätzen, dass in Südostasien die Stickoxid-Emissionen in 15 Jahren im Vergleich zu 1980 um das Dreifache höher sein werden. Steigt das in der Bodenluft gebildete Ozon in höhere Luftschichten, können Wochen vergehen, bis die Ozonmoleküle abgebaut sind. In dieser Zeit kann ein Luftpaket in den mittleren Breiten den Globus umkreisen. Fraglich ist allerdings, so Ozonforscher Stähelin, ob tatsächlich so viel Ozon aus dem Ferntransport stammt. Deshalb schliesst er eine andere These nicht aus: Ein beträchtlicher Eintrag könnte aus der Stratosphäre stammen, wo die Ozonschicht die für den Menschen lebensbedrohlichen UV-B-Strahlen der Sonne zurückhält. «Spielt der hemisphärische Transport eine Rolle, dann verringert sich der Spielraum, die Ozonspitzenwerte durch regionale und kontinentale Massnahmen zu reduzieren», sagt Stähelin.

Ehrgeizige Reduktionsziele

Ein Erfolg der Luftreinhaltepolitik in der Schweiz hängt offensichtlich nicht nur von inländischen Massnahmen ab. Auch wenn die Modelle nach wie vor Unsicherheiten aufweisen – für eine erfolgreiche Ozonbekämpfung gehen die Experten davon aus, dass die Konzentrationen der Stickoxide und Kohlenwasserstoffe europaweit um 70 bis 80 Prozent unter das Niveau Mitte der 80er-Jahre gesenkt werden müssen. Für die Schweiz heisst das: Die aktuelle Menge der Vorläuferemissionen muss mindestens halbiert werden (siehe unten).

Der kontinentale und hemisphärische Ozonimport könnte den Anstrengungen einen Strich durch die Rechnung machen. Nur eine internationale Zusammenarbeit hilft. Seit Mitte Dezember des letzten Jahres ist das Protokoll von Göteborg in Kraft. Es legt Reduktionsziele für Europa, die USA und Kanada fest. Die Schweiz verpflichtet sich, bis 2010 die Emissionen der Stickoxide und Kohlenwasserstoffe gegenüber dem Stand 1990 zu halbieren.

Übrigens auch kurzfristige Massnahmen sind nur international sinnvoll. «Belastende Stickoxide kann man lokal und regional etwa mit Temporeduktionen deutlich reduzieren; um die Ozonspitzen zu senken, bräuchte es allerdings europaweit abgestimmte Regelungen», sagt der ETH-Ozonexperte Johannes Stähelin.

Energie aus dem Acker lohnt sich

Bonn. – Wer in Nordrhein-Westfalen in Energiepflanzen investiert, hat rosige Zeiten vor sich. Zu diesem Resultat kommen Wissenschaftler des Instituts für Lebensmittel- und Ressourcenökonomik der Universität Bonn. Statt Flächen stillzulegen, könnten Bauern mit Energiepflanzen neue Einkommenspotenziale erschliessen. Gemeint sind vor allem Biogas, Pflanzenöl und Rapsölmethylester (RME), sprich Biodiesel. Die Mineralölwirtschaft mischt bereits heute freiwillig 3 bis 5 Prozent RME dem Dieseltreibstoff bei. Der Grund ist die Steuerbefreiung, die in Deutschland für Kraftstoff aus nachwachsenden Pflanzen gilt. Das könnte sich allerdings bald ändern. Die Bundesregierung plant, den Verkauf von Biodiesel zu besteuern. Doch gleichzeitig wird der Zusatz von mindestens 4,4 Prozent RME pro Liter Diesel für die Ölkonzerne Pflicht.

Mehr Energie mit Biogasanlage

Das reine Rapsöl hingegen soll steuerfrei bleiben. Dafür müssen sich die deutschen Rapsbauern gegenüber dem Weltmarkt behaupten. Diesen Druck, so die Bonner Forscher, hätten die Biogasproduzenten nicht. Deren Anlagen funktionieren vor allem mit Gülle und Energiemaiss, Material, das aus der Region stammt. Zudem kann eine Biogasanlage aus einem Hektar Rohstoff fünfmal so viel Energie produzieren wie eine Rapsprelle. Für die Wissenschaftler der Universität Bonn kann die deutsche Landwirtschaft aus drei Gründen profitieren: Die Abhängigkeit von ausländischem Erdöl- und Erdgas sinke; Energie aus Biomasse schone das Klima, und Energiepflanzen seien ein Ausweg aus der Nahrungsmittel-Überproduktion in der EU. (ml)

Discovery im All nach Schäden abgesehen

Houston. – Heute soll die US-Raumfähre Discovery an die internationale Raumstation ISS andocken. Zuvor suchten die Astronauten die Aussenhülle ihrer Fähre nach möglichen Schäden ab. Wie bei früheren Flügen haben sich auch diesmal wieder mehrere Stücke Isolierschaum während des Starts vom Tank gelöst. Ein Stück soll den Rumpf des Shuttles getroffen haben. Das Stück hatte sich aber relativ spät gelöst, als die Atmosphäre bereits dünn war. Es war deshalb wahrscheinlich ungefährlich. (bäc) www.nasa.gov

Mehrmals Vogelgrippe in Nigeria

Luxemburg. – Das hoch pathogene Vogelgrippevirus H5N1 tauchte am 7. Februar 2006 erstmals in Nigeria als erstem Land in Afrika auf. Wie Forscher aus Luxemburg nun in der aktuellen Ausgabe der Zeitschrift «Nature» anhand von DNA-Analysen berichten, wurde das Virus gleich mehrmals auf verschiedenen Wegen über Zugvögel ins Land eingeschleppt. Weil es mit der Migrationsroute der Vögel übereinstimmt, gehen die Experten davon aus, dass das Virus eher nicht über den Handel nach Afrika kam. In Nigeria ist in mittlerweile 14 von 31 Bundesstaaten das Geflügel mit dem Vogelgrippevirus H5N1 infiziert. (bry)

Überraschende Erholung des Gehirns

New York. – Vor mehr als zwanzig Jahren zog sich der Amerikaner Terry Wallis bei einem Autounfall schwere Kopfverletzungen zu. Neunzehn Jahre lebte er in einem Zustand minimalen Bewusstseins (MCS). Er war stumm, reagierte aber gelegentlich auf äussere Reize. Dann, am 11. Juni 2003, sagte er erstmals wieder ein Wort: «Mutter». Seither hat er stetig Fortschritte gemacht. US-Forscher haben nun eine mögliche Erklärung für die überraschende Entwicklung von Wallis. Mittels bildgebender Verfahren haben sie Anzeichen dafür gefunden, dass sich die beim Unfall zerstörten Verknüpfungen zwischen Neuronen teilweise wieder erholt haben. Was das Wachstum der Axone ausgelöst hat, ist nicht bekannt. Dieser Befund würde aber zeigen, dass es noch viel über die Antwort des Gehirns auf ein Trauma zu lernen gebe, erklärte ein Experte gegenüber «Nature» online. (bäc) Clin Invest, Bd. 116, S. 2005

Mit viel versprechender Innovation gegen Ozon

Rapperswiler präsentieren Nachrüstsysteme für saubere Busse und Lastwagen.

Will die Schweiz die Vorgaben des Göteborg-Protokolls der Uno erfüllen, muss sie Stickoxid- und Kohlenstoffemissionen mindestens halbieren. Die Ziele seien bei konsequentem Vollzug der geltenden Gesetzgebung zu erreichen, schreibt das Bundesamt für Umwelt. Dafür müssten erfolgreiche technische Anwendungen vorgeschrieben werden, sagte gestern Doris Stump (SP, AG) an der Hochschule für

Technik in Rapperswil. Die Nationalrätin und Mitglied der Kommission für Umwelt, Raumplanung und Energie machte gestern Werbung für eine besondere Innovation. Das Institut für Umwelt- und Verfahrenstechnik Umtec stellte zwei Nachrüstsysteme vor, welche die Stickoxid-Emissionen drastisch reduzieren. 50 000 Dieselfahrzeuge, also Busse und Lastwagen, fahren in der Schweiz. «Nachrüstungen könnten die Emissionen um 25 Prozent reduzieren», sagte Rainer Bunge, Leiter des Umtec. Eine wichtige Rolle spielt dabei der Partikelfilter für Dieselfahrzeuge, dessen Einführung der Bundesrat fördern will. Viele

Partikelfilter erhöhen aus motorentechnischen Gründen den Stickstoffdioxid-Ausstoss. «Das ist den Teufel mit dem Bezebub austreiben», sagt Bunge. Die Lösungen der Rapperswiler: Für Dieselfahrzeuge mit Partikelfiltern – das sind vor allem Busse – entwickelten sie die NOxOpt-Anlage: Ein ausgeklügeltes Regulierungssystem reduziert den Stickstoffdioxid-Ausstoss des Partikelfilters um 75 Prozent. Ein Bus der Zürcher Verkehrsbetriebe hat das System erfolgreich geprüft. Nun sollen Langzeittests im Betrieb folgen. In 18 Monaten soll das System serienreif sein. Kostenpunkt: 3000 Franken. Für Unterneh-

men, die vor dem Entscheid stehen, neue, teure Lastwagen mit strenger Euro-5-Norm zu kaufen, bieten die Ingenieure die Option NOxOFF. Ein kombiniertes System mit Partikelfilter und Entstickungssystem. Das Produkt sei serienreif. Ein 18-monatiger Praxistest auf einem Linienbus der Stadt Wil lieferte beachtliche Resultate: Stickoxide, Russ und Kohlenwasserstoffe lagen unter den Euro-5-Normen. Kosten: 30 000 Franken. «Als Anreiz braucht es aber Steuererleichterungen zum Beispiel bei der LSVa», sagt Rainer Bunge. (ml)

Technischer Hintergrund: www.umtec.ch