

Schadstoffeintrag aus der Luft belastet Böden

Depositionsuntersuchungen 1988–1999 in Wallisellen und auf dem Bachtel

Seit 1988 werden im Kanton Zürich Depositionsuntersuchungen durchgeführt. Die langfristige Messreihe gibt Aufschluss über Veränderungen von nassen und trockenen Schadstoffablagerungen aus der Luft.

Schadstoffpartikel aus der Luft gelangen entweder als trockene Partikel oder durch Niederschläge ausgewaschen auf Pflanzen, in Böden und Gewässer. Seit 1988 erfasst und kontrolliert das AWEL diese Depositionen aus der Luft in Wallisellen und am Bachtel. Anhand sol-

cher langjährigen Messreihen können unabhängig von witterungsbedingten Schwankungen Trends sichtbar gemacht werden. So zeigen die Depositionsuntersuchungen der letzten elf Jahre eine starke Abnahme an Säure, Sulfat, Chlorid, Cadmium und Blei. Diese Verbesserungen sind auf Massnahmen zurückzuführen, die bei den Verursachern wie Kehrichtverbrennungsanlagen, Verkehr, Heizungen und Industrie ergriffen worden sind.

Inhaltliche Verantwortung:

Markus Meier

AWEL Amt für

Abfall, Wasser, Energie und Luft

Abteilung Lufthygiene

8090 Zürich

Telefon 01 / 259 29 93

Telefax 01 / 259 51 78

E-Mail: markus.meier@bd.zh.ch



An der Messstation in Wallisellen werden Schadstoffablagerungen aus der Luft, trocken und im Niederschlag, erfasst und anschliessend analysiert.

Quelle: Abteilung Lufthygiene

LUFT

Die Depositionsuntersuchungen an einem Standort in Wallisellen und am Bachtel von 1988 bis 1999 umfassten Schadstoff-Konzentrationen im Regen sowie die durch den Regen eingetragenen Frachten an Säure, Nitrat, Sulfat, Chlorid, Ammonium, Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium sowie die nasse und trockene Deposition der Schwermetalle Cadmium, Blei und seit 1995 auch Zink und Kupfer.

Bis 1997 wurden die beiden Standorte, Bachtel und Wallisellen parallel beprobt, aufgrund von Sparmassnahmen danach alternierend. Um den atmosphärischen Stickstoffeintrag besser abschätzen zu können, werden seit Mai 1992 zusätzlich Salpetersäure und Ammoniak und seit April 1995 partikelgebundenes Ammonium sowie Nitrat erfasst.

Regeninhaltstoffe: abhängig von Witterung und Regenmenge

Für die Konzentrationen in den einzelnen Jahren spielt die Niederschlagsmenge eine wichtige Rolle: Hohe Niederschlagsmengen sind mit erhöhten Stoffeinträgen verbunden, wenn nicht gleichzeitig die Schadstoff-Konzentrationen entsprechend sinken. Die Niederschlagsmenge von 1998 auf dem Bachtel betrug 95 Prozent von 1988, in Wallisellen war sie 1999 gleich gross wie 1988. Darum sind diese

Jahre für die folgenden Vergleiche geeignet. Die Konzentrationen im Regen und in der Luft sowie die Frachten haben sich seit 1988 (beziehungsweise 1992 bis 1995 bei Kupfer, Zink und teilweise bei den Stickstoff-Komponenten) unterschiedlich entwickelt.

Markanter Rückgang der Säurefracht seit 1988

Die Protonenfracht betrug 1988 über 40 mVal/m²*Jahr (siehe Abbildung unten). Mittlerweile hat sie sich auf dem Bachtel auf unter 20 und in Wallisellen auf rund 10 mVal/m²*Jahr eingependelt. Massgebend für die wechselnden Mengen des Säureeintrags (Protonenfracht) ist die Regenmenge. 1997 lag der durchschnittliche Niederschlags-pH erstmals seit 1988 an beiden Messstationen über pH 5,0. 1998 betrug er auf dem Bachtel knapp unter pH 5,0 (4,93), 1999 in Wallisellen knapp über pH 5,0 (5,03). Die Übereinstimmung der pH-Werte im Niederschlag von Bachtel und Wallisellen ab Frühjahr 1993 fällt zeitlich mit der Inbetriebnahme der erweiterten Rauchgasreinigungsanlage in der Kehrichtverbrennungsanlage Hagenholz zusammen.

Seit Messbeginn reduzierte sich die Säurefracht auf dem Bachtel um 60 Prozent, in Wallisellen um 76 Prozent.

Starker Rückgang der Chlorid- und Sulfatkonzentrationen

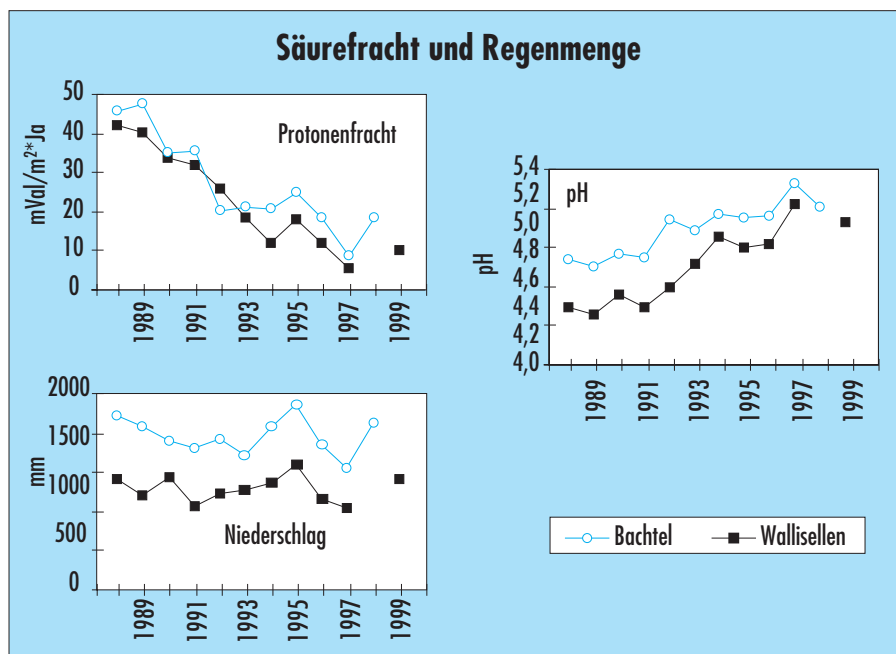
Kehrichtverbrennungsanlagen ohne weitergehende Rauchgasreinigung sind starke Salzsäureemittenten. Die hauptsächlichlichen Säurekomponenten im Niederschlag sind Schwefel-, Salpeter- und Salzsäure, welche als Sulfat-, Nitrat- und Chlorid-Konzentrationen dargestellt werden (Abbildung rechts). Der seit 1988 gemessene Rückgang der Schwefelsäurekonzentration ist auf die europaweite Verminderung der Emissionen von Schwefeldioxid (Entschwefelung des Diesel- und Heizöls), einem Vorläufer für die Bildung von Schwefelsäure im Niederschlag, zurückzuführen. Die Sulfatfrachten haben sich seit 1988 ungefähr halbiert.

Die Abnahme der Chloridkonzentration dürfte eine Folge des eingeschränkten Gebrauchs und Verbrennens von PVC-haltigen Produkten sowie des Einbaus von Nasswäscher-Rauchgasreinigungen in den Kehrichtverbrennungsanlagen sein. Dies belegen die bis 1993 sehr hohen Chloridkonzentrationen im Niederschlag von Wallisellen, welche sich unmittelbar nach erfolgter Sanierung der Kehrichtverbrennungsanlage Hagenholz auf das Niveau des Standortes Bachtel senkten und sich seit 1994 auf diesem Niveau hielten. Die Chloridfrachten sind auf dem Bachtel um fast 60 Prozent gesunken, in Wallisellen um fast 80 Prozent.

Die langjährigen Konzentrationsverläufe von Sulfat und Nitrat widerspiegeln nicht die regionale, sondern die grossräumige Emissionsentwicklung, weil die Schwefel- und Stickoxidemissionen bis zur Deposition als Säure je nach Wetterlage über grössere Strecken transportiert werden. In Mitteleuropa ging der Ausstoss an Schwefeldioxid stärker zurück als derjenige von Stickoxid, was den relativ stärkeren Rückgang der Sulfatkonzentration erklärt.

Weniger Schwermetalle im Niederschlag

Die Cadmium-, Blei- und Zinkkonzentrationen haben sehr deutlich abgenommen (Abbildung Seite 31). Auf dem Bachtel ging die Konzentration von Cadmium von 1988 bis 1998 um 76 Prozent

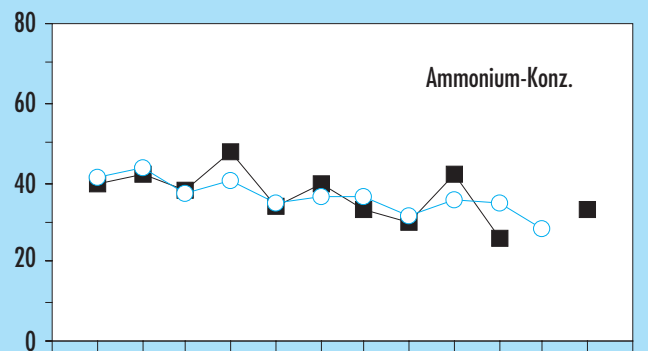
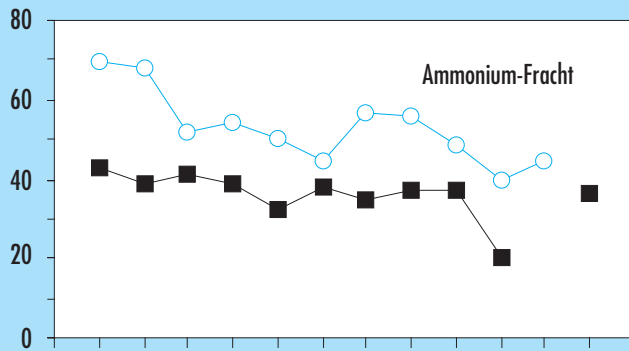
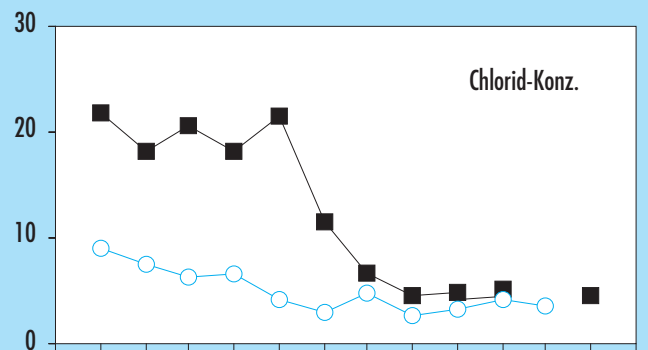
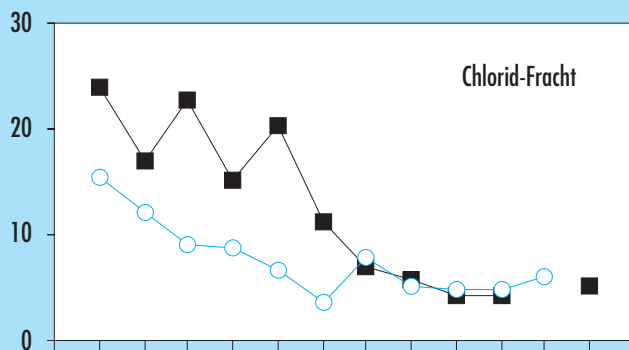
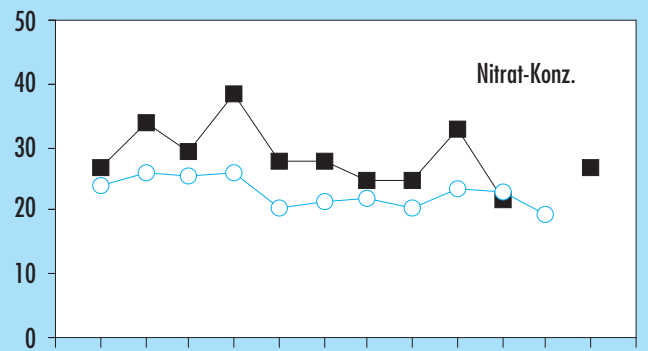
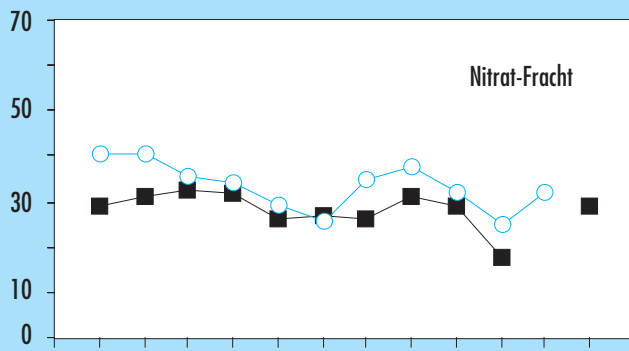
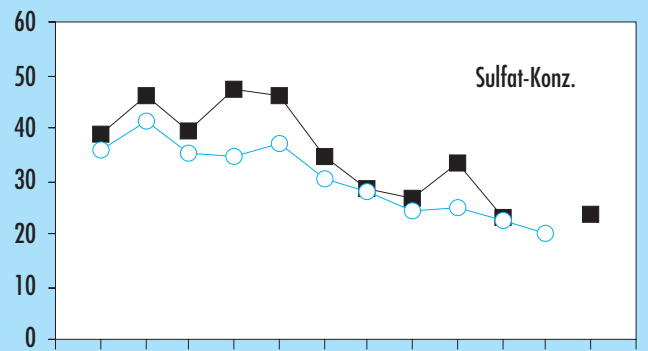
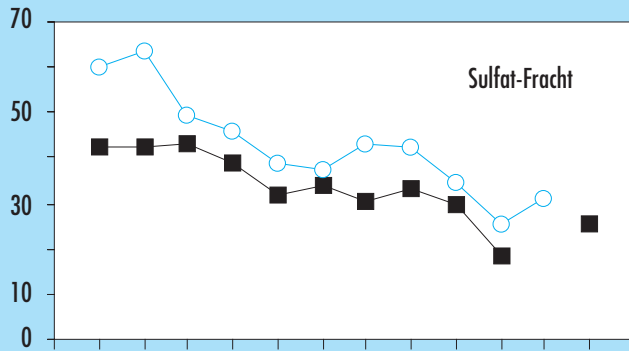


Protonenfrachten und durchschnittliche pH-Werte, die aus den frachtgewichteten Protonenkonzentrationen berechnet wurden, sowie die Niederschlagsmenge bei den Stationen Bachtel und Wallisellen, Jahreswerte 1988 bis 1999 (jeweils Dezember bis November).

Fracht und Konzentrationen verschiedener Schadstoffe im Niederschlag

Frachten in $mVal/m^2 \cdot Jahr$

Konzentrationen in $\mu Val/Liter$



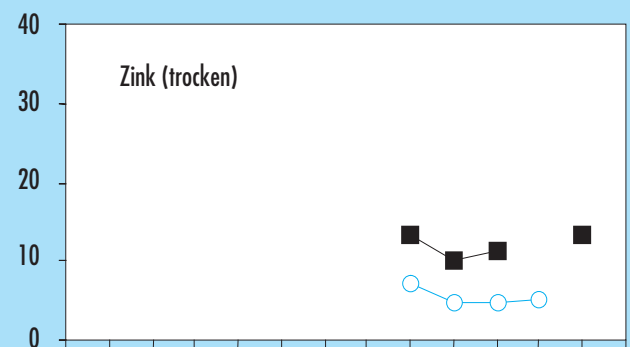
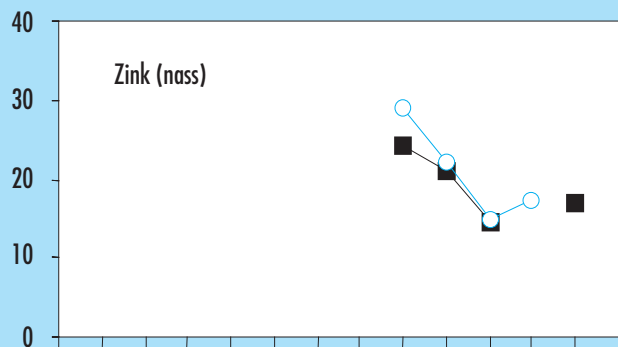
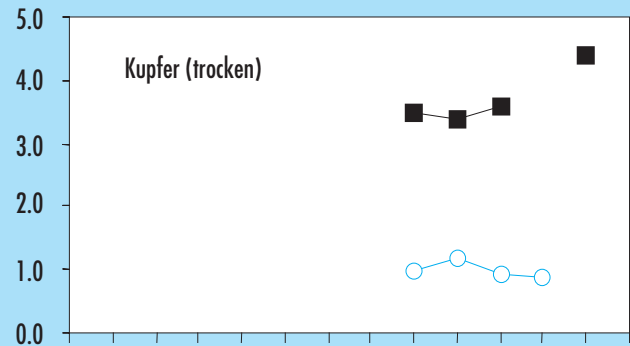
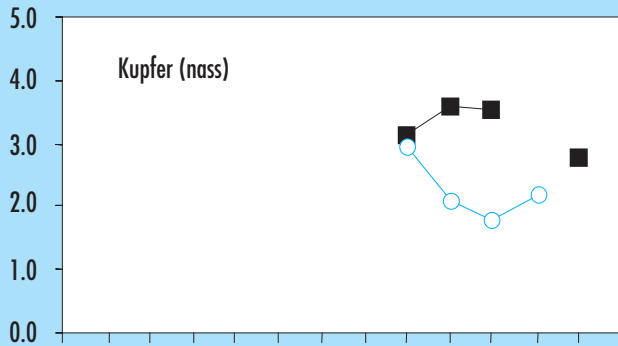
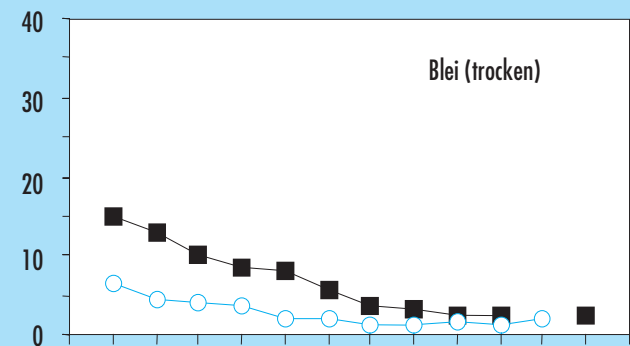
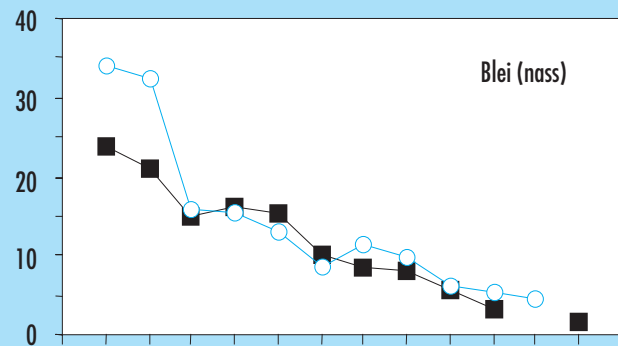
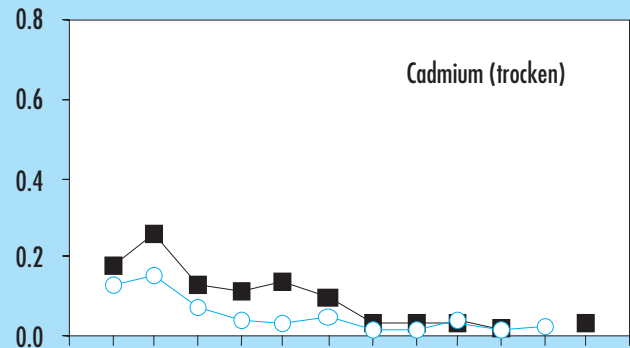
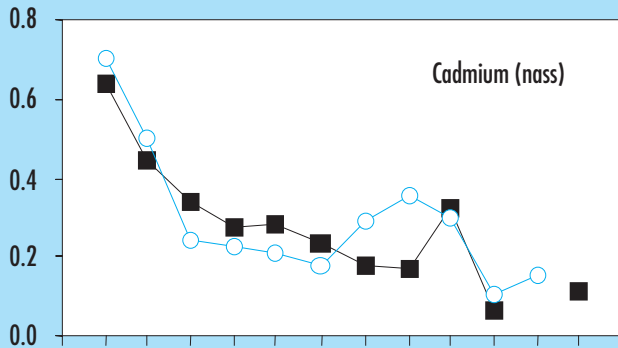
—○— Bachtel —■— Wallisellen

Sulfat, Nitrat, Chlorid und Ammonium: Frachten und Konzentrationen im Niederschlag, Jahreswerte 1988 bis 1998 (Bachtel), bis 1999 Wallisellen (jeweils Dezember bis November). Frachten in $mVal/m^2 \cdot Jahr$, Konzentration in $\mu Val/Liter$.

Depositionsfrachten von Schwermetallen

Nasse Deposition in $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$

Trockene Deposition in $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$



—○— Bachtel —■— Wallisellen

Nasse und trockene Depositionsfrachten: Cadmium, Blei, Kupfer und Zink, Jahreswerte 1988 bis 1998/1999 (jeweils Dezember bis November), in $\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$.

zurück und von Blei um 86 Prozent. In Wallisellen ist der Rückgang zwischen 1988 bis 1999 mit 84 Prozent weniger Cadmium und 93 Prozent weniger Blei noch etwas grösser.

Die markante Abnahme von Blei und Cadmium seit 1988 ist auf den Einsatz bleifreien Benzins und die Sanierung der fünf Kehrrechtverbrennungsanlagen im Kanton Zürich zurückzuführen. Zink weist in der Nassphase eine Verminderung aus, in der trockenen Deposition blieben die Werte praktisch gleich. Kupfer verhält sich uneinheitlich.

Markanter Rückgang der Blei- und Cadmiumfrachten

Die Trockenfracht von Cadmium und Blei nahm von 1989 bis etwa 1993 kontinuierlich ab und hielt sich darauf auf niedrigem Niveau mehr oder weniger konstant (siehe Seite 30). Auch die nass deponierten Frachten nahmen tendenziell ab. Nur in Jahren mit viel Niederschlag kam es zu einem vorübergehenden Anstieg. Die nass deponierte Cadmium- und Bleifracht war 1988 auf dem Bachtel noch rund 5-mal resp. 8-mal höher als 1998, in Wallisellen gar 6-mal (Cadmium) resp. 14-mal (Blei) als 1999.

Der nass deponierte Anteil der Schwermetalle ist mit Ausnahme von Kupfer (Wallisellen) höher als die trockene Deposition. Die beiden Stationen unterscheiden sich heute in den Frachten ausser bei Kupfer und dem trocken deponierten Zink kaum mehr.

Die Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung (LRV) für die Summe der nass und trocken deponierten Schwermetalle Cadmium ($2 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$), Blei ($100 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$) und Zink ($400 \mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{Tag}$) wurden in den letzten Jahren bei weitem nicht erreicht. Für Kupfer existiert kein LRV-Grenzwert.

Der ausführliche Bericht: «Depositionsuntersuchungen im Kanton Zürich; Wallisellen und Bachtel: Entwicklung über die Jahre», kann bezogen werden beim:

AWEL

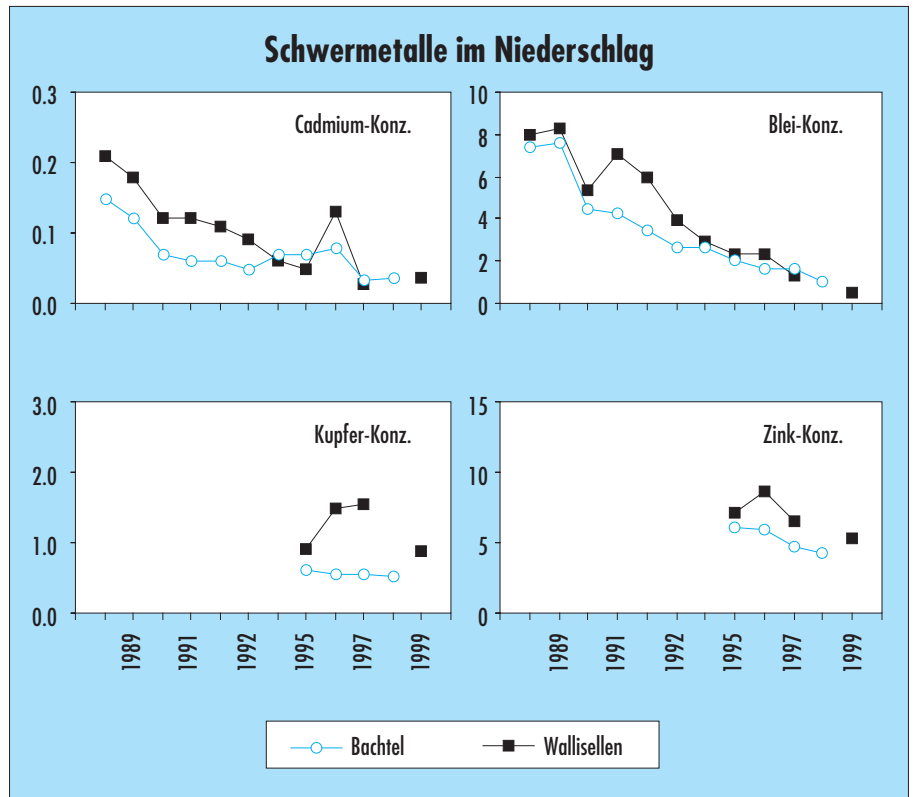
Abteilung Lufthygiene

Stampfenbachstrasse 12, 8090 Zürich

Telefon 01/259 30 53,

Telefax 01/259 51 78

E-Mail: brigitte.amado@bd.zh.ch



Konzentrationen im Niederschlag: Cadmium, Blei, Kupfer und Zink, Jahreswerte 1988 bis 1989/1999 (jeweils Dezember bis November); in [µg/Liter].



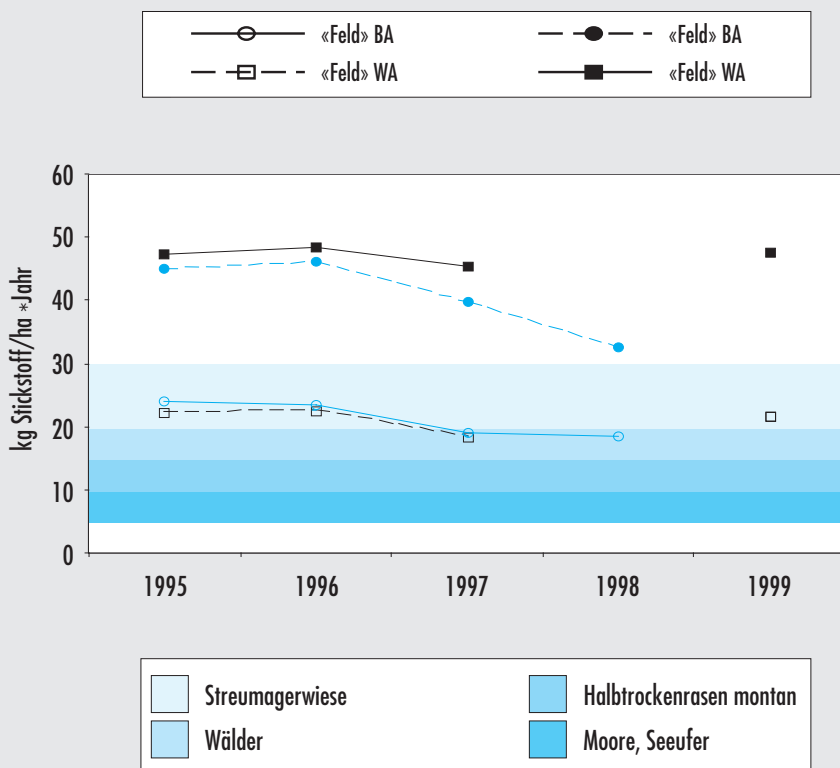
Dank Rauchgasreinigungsanlagen emittieren Kehrrechtverbrennungsanlagen nur noch geringe Säuremengen. Im Bild: KVA Hagenholz

Quelle: Abteilung Lufthygiene

Stickstoff- und Säureeintrag gefährden empfindliche Ökosysteme

Langfristig erhöhte Einträge von Stickstoff (N) aus der Luft durch Ammoniak (Landwirtschaft) oder Stickoxide (Verkehr, Industrie und Hausfeuerungen) führen zur Überdüngung der Böden. Bei empfindlichen Ökosystemen, wie Hochmooren oder Magerwiesen, führt diese Überdüngung zu Veränderungen der Artenzusammensetzung. Die Stickstoffdeposition in der Luft verdrängt Pflanzen, die an stickstoffarme Bedingungen angepasst sind. Stickstoffangereicherte Böden können durch das ausgewaschene Nitrat auch das Grundwasser gefährden. Der Säureeintrag bewirkt auch die Auswaschung von Nährstoffen, setzt giftige Schwermetalle frei und schädigt Wurzeln, Pilze und Bakterien.

Die Wissenschaft hat für verschiedene Ökosysteme definiert, welche maximale Stickstoffbelastung («critical load») gerade noch zulässig ist, ohne dass sich diese Systeme langfristig in ihrer Struktur oder Form verändern. Während beispielsweise Föhrenwälder noch einen kritischen Eintrag von 15–20 kg N/ha*Jahr vertragen, sind es bei Hochmooren nur 5–10 kg/ha*Jahr. Anhand eines Modells können einerseits die geschätzten kritischen Stickstoffeinträge in vier verschiedene Ökosystem-Typen und andererseits die gemessenen Stickstoffeinträge von Bachtel und Wallisellen seit 1995 dargestellt werden. Es ist jedoch unmöglich, den Gesamt-Stickstoffeintrag genau zu berechnen. Das gewählte Modell basiert daher auf sehr groben Schätzungen.



Geschätzter Stickstoffeintrag in den Jahren 1995 bis 1998/1999 und Bereiche der «critical loads» von verschiedenen Ökosystemen.

Die gemessenen Stickstoffeinträge von Wallisellen blieben seit 1995 relativ konstant. Auf dem Bachtel lagen die Werte von 1997 und 1998 tiefer als diejenigen von 1995/1996. Diese kurze Beobachtungszeit lässt jedoch noch keinen neuen Trend erkennen. Gemäss den geschätzten Stickstoffeinträgen wurden die kritischen Einträge für die Ökosysteme «Wälder» und «Halbtrockenrasen montan» – dies entspricht dem Ökosystem «Feld» des Bachtels – massiv überschritten. Beim Ökosystem «Streumagerwiese» – dies entspricht dem Ökosystem «Feld» bei Wallisellen – ist die Belastung erreicht. Die «Feld»-Einträge können auch auf die Biotoptypen «Moore, Seeufer» übertragen werden. Auch hier ist die Überschreitung massiv.