



Luftqualität 2016

# Bericht

**Impressum:**

Impressum:

Kurztitel: Luftqualität 2016

Herausgeber: OSTLUFT - Die Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein, Mai 2017

Bezug und weitere Informationen:

[www.ostluft.ch](http://www.ostluft.ch)

OSTLUFT, Geschäftsleitung

Stampfenbachstrasse 12, Postfach

8090 Zürich

Tel. 043 259 30 18

Fax. 043 259 51 78

E-Mail: [bestellungen@ostluft.ch](mailto:bestellungen@ostluft.ch)

Layout; Fotos: sh\_ift büro für gestalterische angelegenheiten; Foto Theodor Stalder

Papier; Druck: REFECTURA GS FSC, 100% Altpapier; eps - eco-printing-system®, 100% VOC-freier Druck

Titelbild: OSTLUFT-Projektstandort in Braunwald (GL) mit Sammelkopf für Feinstaubmessungen und Aufhängung für NO<sub>2</sub>-Passivsammler

Neben Daten der OSTLUFT-Stationen werden in diesem Bericht auch Daten von Partnerorganisationen dargestellt.

Dies sind: Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ), NABEL (BAFU und Empa), Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU), Flughafen Zürich AG und Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW).

## Vorwort

Die Luftqualität hat sich im OSTLUFT-Gebiet, wie in der ganzen Schweiz, in den letzten Jahrzehnten dank der umgesetzten Luftreinemassnahmen wesentlich verbessert. Diese positive Feststellung kann bezüglich Ammoniak leider nicht gemacht werden. Massstäbe zur Beurteilung der Schädlichkeit von Stickstoffeinträgen sind die von der WHO definierten und der UNECE<sup>1</sup> festgelegten Critical Levels und Critical Loads – und diese werden im OSTLUFT-Gebiet grossflächig überschritten.

<sup>1</sup> Weltgesundheitsorganisation (WHO) und Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) der Vereinten Nationen

Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft gefährden naturnahe Ökosysteme durch den hohen Stickstoffeintrag und tragen zur Versauerung von Böden bei. Betroffen sind insbesondere sensible Gebiete wie Wälder, Moore, Feuchtgebiete sowie artenreiche Trockenwiesen und Weiden. Die Auswirkungen sind für die Ökosysteme respektive die Artenvielfalt verheerend – unsere Interviewpartner aus der Forstwirtschaft und dem Naturschutz berichten auf der Seite 16 eindrücklich über das «stille Sterben» und «schleichende Verschwinden».

Seit 2004 werden die zu hohen Ammoniakemissionen auch durch OSTLUFT thematisiert. Die Landwirtschaft ist mit über 90 Prozent an den Ammoniakemissionen beteiligt, wobei Harn und Kot der Nutztiere die Hauptquelle darstellen. Inzwischen ist die Ammoniakproblematik allgemein anerkannt und Teil der Umweltziele Landwirtschaft des BLW und BAFU<sup>2</sup>. Bei der Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen bestehen jedoch noch grosse Widerstände.

<sup>2</sup> Bundesamt für Landwirtschaft (BLW) und Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Die bisher getroffenen Massnahmen reichen bei weitem nicht aus, um die definierten Umweltziele auch nur annähernd zu erreichen. Die eindrücklichen Erfolge in Dänemark zeigen, dass viel mehr möglich ist. Dabei helfen Innovationen und Traditionen – es braucht aber auch die Unterstützung der Konsumentinnen und Konsumenten wie auch der Bürgerinnen und Bürger.

**Dominik Noger leitet die Sektion Luftqualität im Amt für Umwelt und Energie des Kantons St. Gallen. Er ist ausgebildeter Chemiker HTL. Seit 2011 präsidiert er die Geschäftskommission von OSTLUFT.**



## Luftqualität 2016 – Unterschiedliche Erfolge sind augenfällig

**Die Ergebnisse der Immissionsmessungen zeigen unterschiedliche Entwicklungen bei den erfassten Schadstoffen. Erfreulich ist die positive Entwicklung der Feinstaub PM10-Belastung in den letzten Jahren. Seit fünfzehn Jahren hat die Feinstaubbelastung an den meisten Standorten kontinuierlich abgenommen. Der Jahresmittel-Grenzwert wurde 2016 an allen Messstandorten eingehalten. Ebenfalls hat die Russbelastung an den verkehrsbelasteten Standorten abgenommen, sicherlich ein Erfolg der Einführung von Partikelfiltern bei Baumaschinen und Dieselfahrzeugen. Trotzdem ist die Russbelastung noch immer deutlich zu hoch. Die Luftbelastung mit Stickoxiden hat sich jedoch an den stark verkehrsbeeinflussten Standorten nur schwach verbessert, trotz den verschärften Euro-Grenzwerten für Motorenabgase. Der Jahresmittel-Grenzwert für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) wird deshalb an mehreren verkehrsnahen Standorten noch immer zum Teil massiv überschritten. Keine Verbesserungen sind bei den Ammoniakbelastungen im Einflussbereich der Landwirtschaft zu verzeichnen.**

### **Deutliche Entlastung beim Feinstaub und Russ fortgesetzt**

Die deutliche Abnahme der Jahresmittelwerte beim Feinstaub PM10 seit Messbeginn hat sich fortgesetzt. Der Jahresmittel-Grenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> wurde das erste Mal an allen Messstandorten in der Ostschweiz eingehalten. An den stark verkehrsorientierten Messstationen Zürich Rosengartenstrasse und Schimmelstrasse sowie Opfikon Balsberg wurden Jahresmittel zwischen 16 und 18 µg/m<sup>3</sup> gemessen. In ländlichen Gebieten und besonders in höheren Lagen ist die Feinstaubbelastung am geringsten. In den letzten fünfzehn Jahren hat die Feinstaubbelastung [bezogen auf die Jahresmittelwerte] um rund ein Drittel abgenommen (Details siehe Seite 8).

Eine Entlastung wurde auch bei den Tagesmittelwerten festgestellt. Sowohl die Höhe der maximalen Tagesmittelwerte als auch die Anzahl Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwertes haben abgenommen. Überschreitungen wurden 2016 nur vereinzelt registriert. Dazu beigetragen hat, neben der Abgasminderung, auch das Ausbleiben länger andauernder Inversionslagen. Bei Inversionslagen ist der Luftaustausch stark eingeschränkt und in der Folge reichern sich die Abgase in den bodennahen Luftschichten an. So wurde im frostigen Januar 2017, während dem grosse Teile des Mittellandes lange Zeit unter der kalten Hochnebeldecke lagen, wiederum der PM10-Tagesmittel-Grenzwert an mehreren Messorten während bereits acht Tagen überschritten.

Feinstaub-Partikel enthalten auch krebserregende Russteilchen (EC) aus Dieselmotoren und aus rauchenden Holzfeuerungen. Die Russkonzentrationen liegen grossflächig deutlich über dem von der eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL) empfohlenen Zielwert von 0.1 µg/m<sup>3</sup>. In den Siedlungsgebieten wurden 2016 Russ-Jahresmittelwerte zwischen 0.6 und 1.8 µg/m<sup>3</sup> gemessen. In den letzten zehn Jahren konnte die Russbelastung an den stärker belasteten Standorten jedoch halbiert werden.

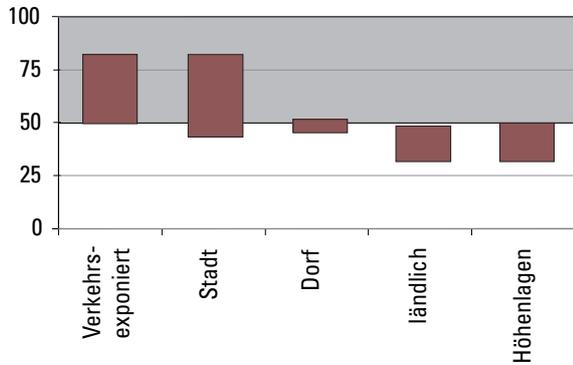
Zur erfreulichen Verminderung der Feinstaubbelastung tragen verschiedene technische Massnahmen bei. Partikelfilter bei den Dieselaautos, Lastwagen und Baumaschinen, bessere Verbrennungstechnik bei Holzfeuerungen aller Grössen sowie Elektrofilter bei den grossen Holzfeuerungen haben zur Emissionsverminderung einen wichtigen Betrag geleistet. Grosses Potential besteht noch bei den landwirtschaftlichen Fahrzeugen und Maschinen sowie bei der grossen Zahl von kleinen Holzfeuerungen, die nicht immer fachgerecht und umweltfreundlich betrieben werden.

Die Hälfte des Feinstaubes entsteht aus gasförmigen Luftschadstoffen, die sich in der Luft über chemische und physikalische Vorgänge zu sekundären Feinstaubteilchen umwandeln. Zur Verringerung der Feinstaubbelastung ist daher auch die Verminderung anderer Luftschadstoffe, hauptsächlich von Stickoxiden und Ammoniak notwendig.

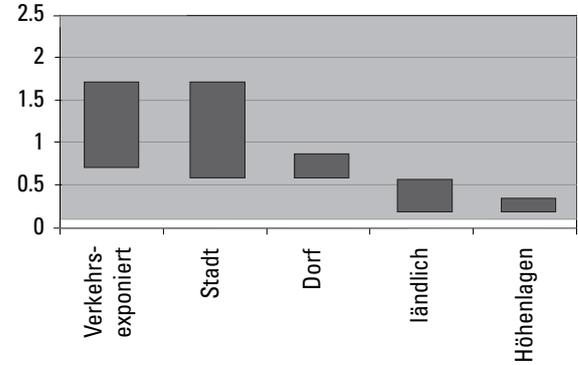
## Darstellung wichtiger Kenngrößen der Luftbelastung durch Feinstaub PM10 und Russ

a) Russ EC-Jahresmittelwerte aus einer Stichprobe von jedem 12. Tag im Jahr.

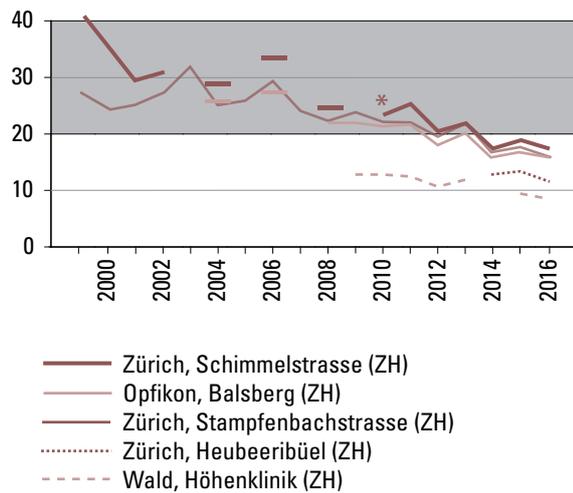
### Bereiche der höchsten PM10-Tagesmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



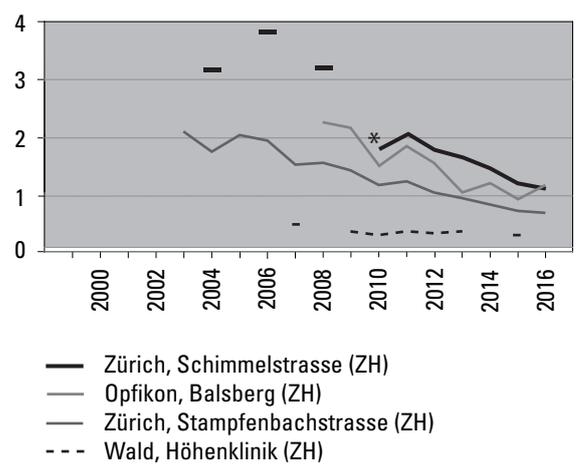
### Russ EC-Jahresmittelwerte a) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



### Entwicklung der PM10-Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Region Zürich

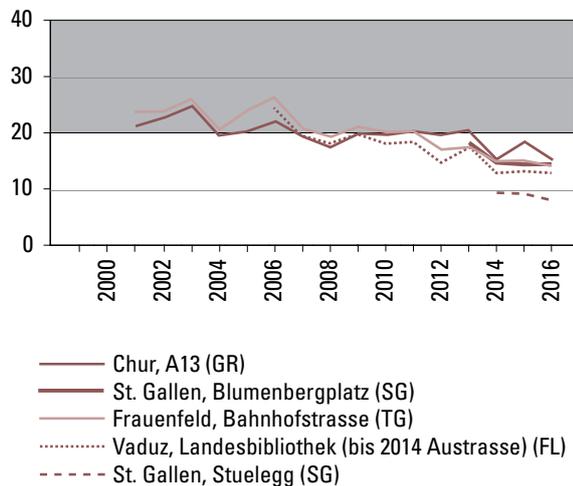


### Entwicklung der Russ EC-Jahresmittelwerte a) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Region Zürich

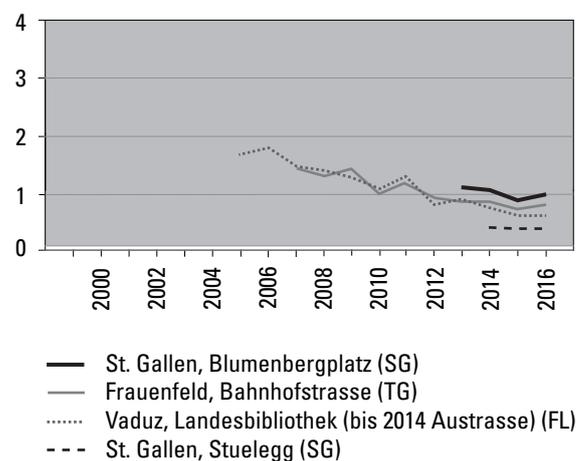


(\*: Verkehrsumlagerungen in Folge umfangreicher Bauarbeiten an der Schimmelstrasse)

### Entwicklung der PM10-Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Region Ostschweiz



### Entwicklung der Russ EC-Jahresmittelwerte a) [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Region Ostschweiz



### **Unverändert hohe Stickstoffdioxidbelastungen entlang der Hauptverkehrsachsen**

Die Entwicklung der Belastung durch Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) zeigt ein uneinheitliches Bild. An vielen Standorten mit mässiger Belastung setzte sich die Verbesserung fort. An mehreren stark verkehrsbelasteten Standorten im OSTLUFT-Gebiet stagnierten die Jahresmittelwerte für NO<sub>2</sub> und Stickstoffmonoxid (NO) von 2008 bis 2013. Inzwischen ist wieder ein leichter Rückgang feststellbar.

Im Einflussbereich viel befahrener Strassen wird der NO<sub>2</sub>-Jahresmittel-Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> weiterhin häufig überschritten. Im Grossraum Zürich betrifft dies nebst den höchst belasteten Messstandorten Zürich Rosengartenstrasse (47 µg/m<sup>3</sup>), Zürich Schimmelstrasse (42 µg/m<sup>3</sup>) und Opfikon Balsberg (40 µg/m<sup>3</sup>) auch weniger direkt verkehrsbeeinflusste Standorte im Siedlungszentrum wie zum Beispiel Zürich Stampfenbachstrasse (31 µg/m<sup>3</sup>). Übermässige NO<sub>2</sub>-Belastungen treten aber auch ausserhalb des Grossraums Zürich auf, wie die stark verkehrsbeeinflussten Messstandorte St. Gallen Blumenbergplatz (36 µg/m<sup>3</sup>), Wil Rudenzburg (34 µg/m<sup>3</sup>) und Chur A13 (31 µg/m<sup>3</sup>) belegen.

Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwertes von 80 µg/m<sup>3</sup> wurden an verkehrsbelasteten Siedlungsstandorten im Grossraum Zürich und in St. Gallen sowie an der A13 in Chur gemessen. Die Häufigkeit von Tagen mit Grenzwertüberschreitungen an diesen Verkehrsstandorten ist wie beim Feinstaub auch von der Häufigkeit und Stärke von Inversionen abhängig. Entsprechend traten 2016 an zwei bis fünf Tagen Grenzwertüberschreitungen auf. Während der Inversionslagen im Januar 2017 wurde der Tagesmittel-Grenzwert jedoch bereits an bis zu sechs Tagen überschritten. Eingehalten war der Tagesmittel-Grenzwert an allen Standorten, an denen der Jahresmittel-Grenzwert eingehalten wurde.

Das Netz der automatischen Messstationen wird mit NO<sub>2</sub>-Passivsammlern ergänzt. Dies erlaubt eine detaillierte Raumabdeckung (siehe Seite 7). Die Passivsammlerresultate unterstreichen die Bedeutung der Verkehrs- und Siedlungsdichte auf die NO<sub>2</sub>-Belastung im gesamten OSTLUFT-Gebiet. 2016 wurde an einem Viertel der NO<sub>2</sub>-Passivsammlerstandorte der Jahresmittel-Grenzwert überschritten. Auffällig sind die hohen NO<sub>2</sub>-Belastungen im Städtchen Uznach wie auch an verschiedenen Autobahnstandorten ausserhalb der Siedlungen wie Illnau-Effretikon Langhag (ZH), Mörschwil Autobahnsteigung Riederer (SG) und Zuzwil Pumpwerk (SG) mit NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten von über 45 µg/m<sup>3</sup>. Bei mehreren hochbelasteten, stark verkehrsbeeinflussten Standorten ist nach einer längeren Stagnation, in den vergangenen Jahren wieder eine leichte Abnahme feststellbar.

An Standorten ohne direkten Verkehrseinfluss unterscheidet sich die Belastung je nach Siedlungsdichte und Höhenlage. Während der Jahresdurchschnitt auf dem Land über 700 m ü. M. bei etwa 6 µg/m<sup>3</sup> liegt, ist die Grundbelastung im Zentrum der Stadt Zürich (400 m ü. M.) rund zwei- bis dreimal höher.

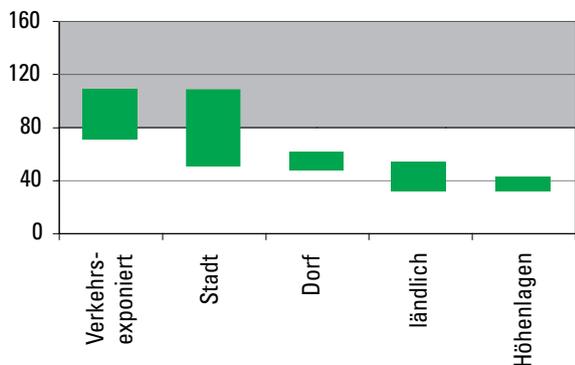
Bei den Stickoxiden dominiert immer noch der Verkehr als Hauptquelle. Somit ist die Luftbelastung durch die Verkehrsaktivitäten, aber auch durch die Zusammensetzung der Abgase bestimmt. Das Nichteinhalten der Euro-Grenzwerte im realen Strassenverkehr durch neue dieselbetriebene Fahrzeuge und der weiterhin hohe Anteil von älteren Dieselfahrzeugen mit viel höheren Stickoxidwerten im Abgas, verhindern die prognostizierten Emissionsverbesserungen. Die Umsetzung der Euro-Abgasnormen im Alltagsverkehr ist bei neuen Diesel-PWs nicht gewährleistet. Zu viele legale Tricks werden von den Fahrzeugherstellern auf dem Prüfstand ausgenutzt, was neben den illegalen Methoden («VW-Skandal» oder Ausschalten der AdBlue-Entstickung) mit ein Grund für den geringen Erfolg der Stickoxidminderung im Strassenverkehr sein dürfte. Zudem nimmt der Verkehr auf den Hauptverkehrsachsen weiterhin stark zu.

### **Verzögerte Ozonbelastung im Sommer**

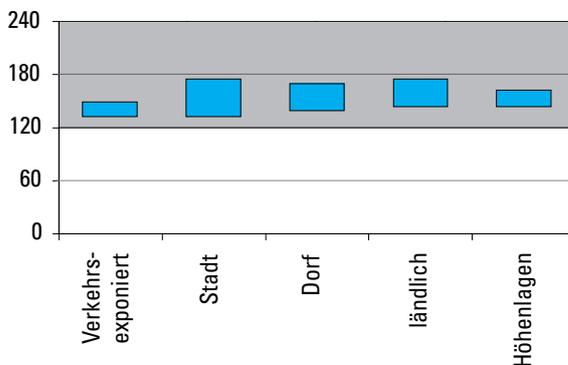
Der Sommer 2016 war geprägt von einem nassen Frühsommer mit wenig Sonnenstunden im OSTLUFT-Gebiet und hochsommerlichem Wetter im Juli und August. Auf dem Säntis wurde von MeteoSchweiz eine Rekord-Sonnenarmut für den Monat Juni registriert. Nach einem durchschnittlichen Juli prägten zum Sommerabschluss überdurchschnittliche Sonnenscheindauern und Temperaturen den August. Trotzdem resultierte an den meisten Standorten eine der tiefsten Ozonbelastungen (O<sub>3</sub>) seit Messbeginn in der Ostschweiz. Die moderate Ozonbelastung im sonnenreichen heissen August kann als Erfolg bei der Verminderung der Vorläufersubstanzen NO<sub>2</sub> und flüchtige organische Substanzen (VOC) gewertet werden.

## Darstellung wichtiger Kenngrößen der Luftbelastung durch NO<sub>2</sub> und Ozon

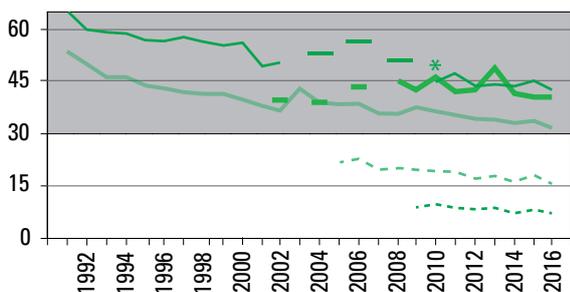
### Bereiche der höchsten NO<sub>2</sub>-Tagesmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



### Bereiche der höchsten Ozonstundenmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

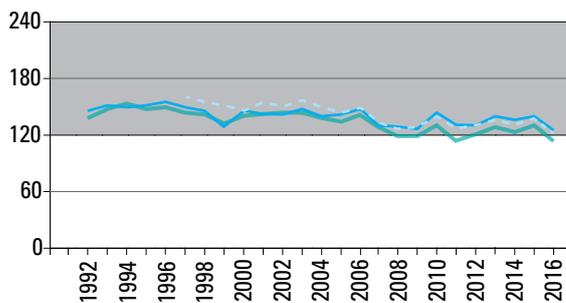


### Entwicklung der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Region Zürich



- Zürich, Schimmelstrasse (ZH)
- Opfikon, Balsberg (ZH)
- Zürich, Stampfenbachstrasse (ZH)
- - - Zürich, Heubeeribüel (ZH)
- · · Wald, Höhenklinik (ZH)

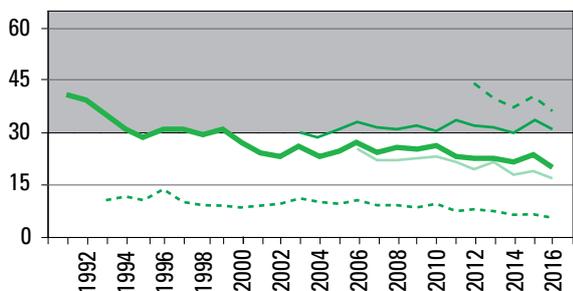
### Entwicklung der höchsten Ozonstundenmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] an Tagen bei maximaler Temperatur von 30°C Stadt Zürich



- Zürich, Stampfenbachstrasse (ZH)
- Zürich, Kaserne (ZH)
- - - Zürich, Heubeeribüel (ZH)

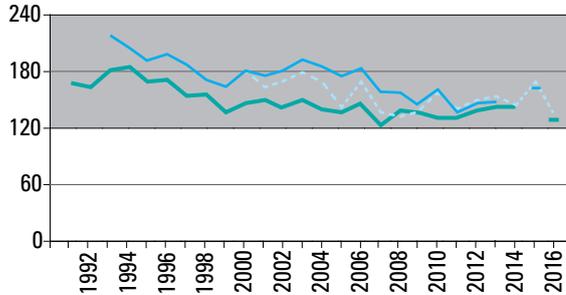
(\*: Verkehrsumlagerungen in Folge umfangreicher Bauarbeiten an der Schimmelstrasse)

### Entwicklung der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] Region Ostschweiz



- Chur, A13 (GR)
- - - St. Gallen, Blumenbergplatz (SG)
- Frauenfeld, Bahnhofstrasse (TG)
- Vaduz, Landesbibliothek (bis 2014 Austr.) (FL)
- · · St. Gallen, Stuelegg (SG)

### Entwicklung der höchsten Ozonstundenmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] an Tagen bei maximaler Temperatur von 30°C Region Ostschweiz



- - - St. Gallen, Stuelegg (SG)
- Weerswilen, Weerstein (TG)
- Bachtel / Wald (ZH)

### **Ammoniakbelastung unverändert**

Trotz der finanziellen Förderung von betrieblichen und baulichen Massnahmen zur Verminderung von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) in der Landwirtschaft wurde keine klare Abnahme der Ammoniakbelastung festgestellt. Dazu sind die erzielten Verbesserungen noch zu gering und Belastungsschwankungen durch verschiedene externe Einflüsse zu gross. Eine Zusammenfassung der Messwerte der Ammoniakmessungen im OSTLUFT-Gebiet finden Sie im Zusatzbericht «NH<sub>3</sub>-Passivsammler 2001 bis 2016».

Die gemessene Ammoniakbelastung in den ländlichen Gebieten ist direkt abhängig von der Intensität der landwirtschaftlichen Nutzung respektive der Nutztierdichte. Innerhalb des Jahres schwanken die Mittelwerte der einzelnen Messperioden stark. Am tiefsten sind die Konzentrationen im Winterhalbjahr, wenn kaum Hofdünger (Gülle) ausgetragen wird und tiefe Temperaturen die Verluste von Ammoniak aus dem Stallbereich und bei der Lagerung minimieren. Erhöhte Belastungen im Frühjahr und Herbst hängen mit dem häufigen Ausbringen von Hofdünger zusammen. Im Sommer werden die Ammoniakverluste durch hohe Temperaturen verstärkt.

### **Vielseitige Handlungsmöglichkeiten für eine bessere Luft**

Die hohen Kurzzeitbelastungen (Stunden- und Tagesmittelwerte) durch Feinstaub und NO<sub>2</sub> während den Smogphasen im Januar 2017 und durch Ozon während dem heissen Juli 2015 zeigen, dass unsere Atemluft noch immer mit zu vielen Schadstoffen verunreinigt wird. Solche Belastungsphasen lassen sich kaum mit Sofortmassnahmen beeinflussen. Deshalb sind die lufthygienischen Verbesserungen bei Feuerungen, Motoren, Industrieanlagen, Gewerbebetrieben und in der Landwirtschaft konsequent weiterzuentwickeln und umzusetzen.

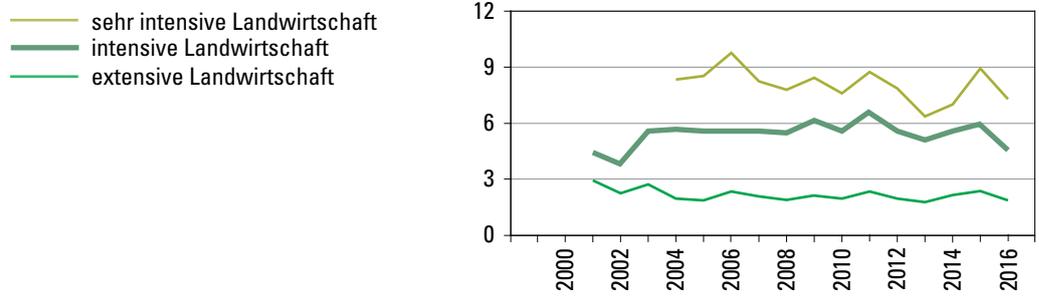
Russpartikelfilter für Dieselmotoren und Dieselfahrzeuge sowie Verbesserungen bei den Feuerungen haben zur starken Reduktion der Feinstaub- und Russbelastung beigetragen. In den kommenden Jahren werden die verschärften Abgasnormen für Personenwagen (Euro 6) und Lastwagen (Euro VI) auch den besonders gesundheitsschädigenden Dieselmotorenanteil im Feinstaub weiter reduzieren. Der emissionsarme Betrieb von Holzfeuerungen gemäss FairFeuern ([www.fairfeuern.ch](http://www.fairfeuern.ch)), die Ausrüstung von Holzfeuerungen mit Elektrofiltern und der Verzicht auf das Verbrennen von Grüngut im Freien sind wesentliche Massnahmen zur Verringerung der Russbelastung im ländlichen Raum.

Während Belastungsphasen stammt rund die Hälfte des gemessenen PM<sub>10</sub>-Feinstaubes aus gasförmigen Vorläuferschadstoffen in der Luft, den sogenannten sekundären Aerosolen. Wichtige Komponenten dafür liefern die Abgase mit Stickoxiden, Schwefeldioxid und Kohlenwasserstoffen. Hinzu kommt Ammoniak, welches zum grössten Teil aus der Landwirtschaft stammt.

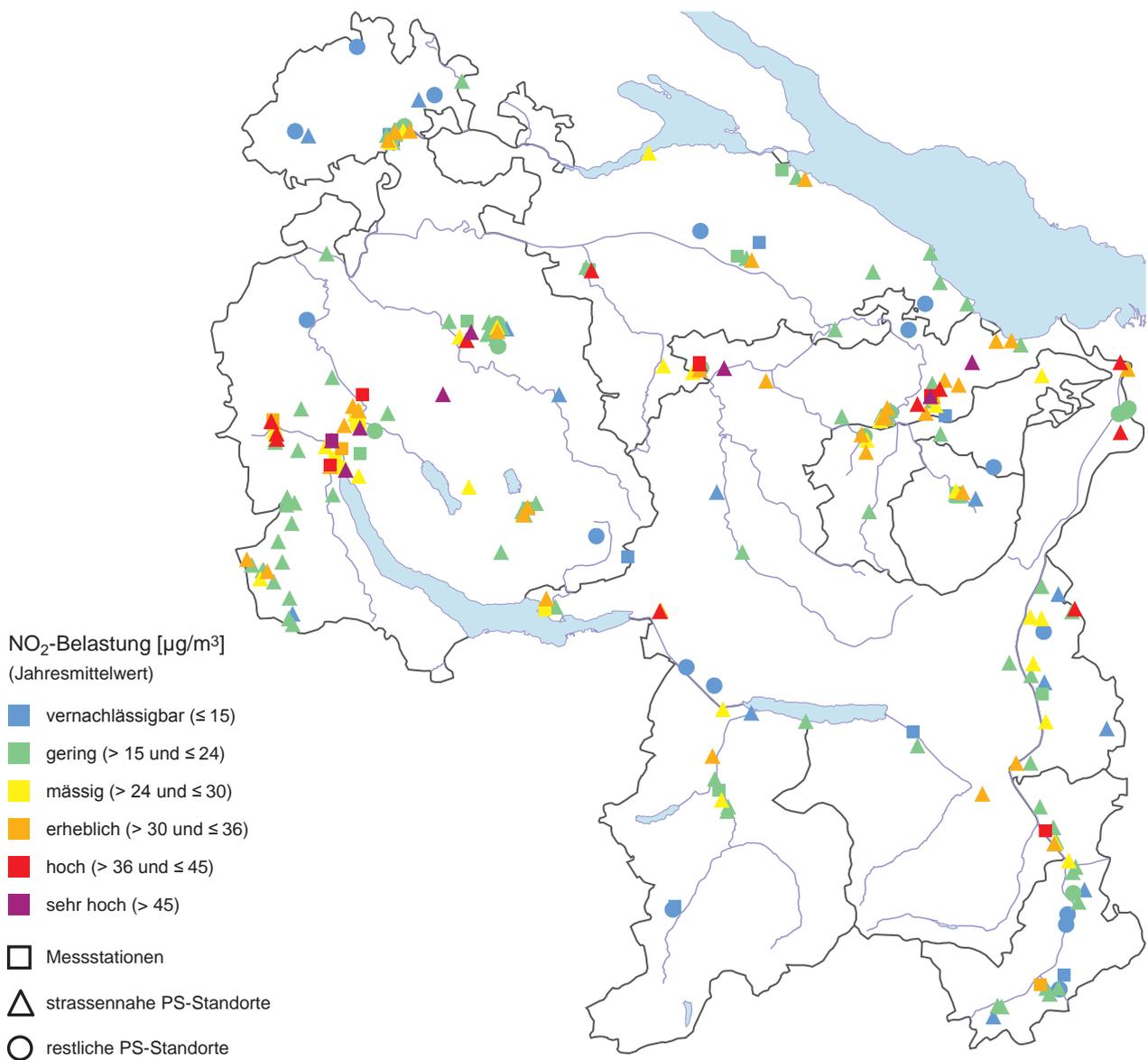
Die nachhaltige Minderung aller Vorläuferschadstoffe bleibt ein wichtiges Ziel für die Reinhaltung unserer Atemluft. Zur weiteren Minderung der NO<sub>2</sub>-Immissionen brauchen auch Dieselfahrzeuge wirksame Entstickungssysteme wie der Einsatz von AdBlue, die aber auch in allen Fahrsituationen aktiv sein müssen. Um sicherzustellen, dass Abgasreinigungsanlagen funktionstüchtig und in Betrieb sind, sind regelmässige Abgaskontrollen auf dem Prüfstand und in realen Verkehrssituationen notwendig.

Der Einsatz von Schleppschlauchverteiltern beim Gülleausbringen ist eine wichtige Massnahme, die durch verschiedene kantonale Ressourcenprojekte und seit 2014 auch durch Ressourceneffizienzbeiträge nach Agrarprogramm 2014-17 speziell gefördert wird. Sie ist aber bei weitem nicht ausreichend, um die hohe Ammoniakbelastung genügend zu mindern. Die bekannten Massnahmen und Prinzipien sollten in allen Bereichen der Tierhaltung (bei der Fütterung, im Stall und bei den Haltungssystemen sowie bei der Hofdünger-Lagerung und -Ausbringung) rasch und flächendeckend umgesetzt werden. So könnte die NH<sub>3</sub>-Belastung messbar gesenkt werden – und die Landwirtschaft könnte dem Umweltziel des Bundesrates im Bereich der Stickstoffdeposition näher kommen.

### Entwicklung der Ammoniak (NH<sub>3</sub>)-Jahresmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>] als Mittel der langjährigen Messreihen



### Übersichtskarte des OSTLUFT-Gebietes mit NO<sub>2</sub>-Passivsammlerstandorten und Messstationen sowie den zugehörigen Jahresmittelwerten der Messperiode 2014 bis 2016.



## Ursachensuche für weniger Feinstaub in der Luft

Kontaktpersonen: Peter Maly, Interkantonales Labor Schaffhausen und Jörg Sintermann, AWEL Zürich

Die Abnahme der Luftbelastung durch Feinstaub PM10 ist erfreulich. Sowohl die PM10-Jahresmittelwerte (siehe Grafik Seite 3) als auch die Häufigkeit an Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwertes gehen zurück. Während zu Beginn des Jahrtausends der Jahresmittel-Grenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  noch an mehr als der Hälfte der Messstationen im OSTLUFT-Raum überschritten wurde, liegen 2016 die Messwerte an allen Stationen unter dem Jahreshrenzwert. Ursache der abnehmenden PM10-Belastung kann die erfolgreiche Umsetzung von Massnahmen zur Luftqualitätsverbesserung sein. Aber auch die Witterung könnte die beobachtete Entwicklung beeinflusst haben. Um Auskunft zu erhalten, ob tatsächlich Emissionsminderungen ein wesentlicher Faktor zur gemessenen PM10 Belastungsentwicklung sind, wurde exemplarisch für die beiden NABEL-Messstandorte Zürich Kaserne und Tänikon sowie am OSTLUFT-Standort Zürich Stampfenbachstrasse die PM10-Entwicklung mit zwei verschiedenen statistischen Methoden untersucht.

### **Auch witterungsbereinigt sank die PM10-Belastung**

Beide Ansätze führten zum gleichen Ergebnis: Nach einer Witterungsbereinigung konnte für die drei Standorte zwischen 2001 und 2015 ein langfristiger linearer Trend mit einer Abnahme von vier Prozent pro Jahr ausgewiesen werden. Für den ländlichen Hintergrundstandort in Tänikon ergab dies eine jährliche Abnahme von knapp  $0.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und für die beiden Standorte in der Stadt Zürich von  $0.6$  bis  $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Im Detail lässt der Langzeittrend zwei Phasen erkennen, bis 2008 war die Abnahme etwas geringer als in den darauffolgenden Jahren bis 2016. Die

Abnahme betrifft sowohl die mittlere Jahresbelastung als auch die Belastung mit Tagesmittel über  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und die 90-Perzentile der monatlichen Tagesmittelwerte. Dabei wurde sowohl im Winter als auch im Sommer eine stetige Abnahme festgestellt.

Die Analyse der Witterungsparameter, welche einen Einfluss auf die PM10-Werte haben, zeigt im gleichen Zeitraum, dass die Inversionshäufigkeit insgesamt konstant geblieben ist, hingegen haben der Anteil der Bodeninversionen und die Stärke der Inversionen wie auch die Windgeschwindigkeit abgenommen. Die Untersuchung der Entwicklung von Grosswetterlagen zeigte, dass winterliche Hochdrucklagen weniger häufiger vorkommen als früher. Die Abnahmen der Inversionsstärke, der Häufigkeit von Bodeninversionen und von winterlichen Hochdrucklagen begünstigten tiefere PM10-Belastungen, wo hingegen die Abnahme der Windgeschwindigkeit eher zu höherer PM10-Belastung führt.

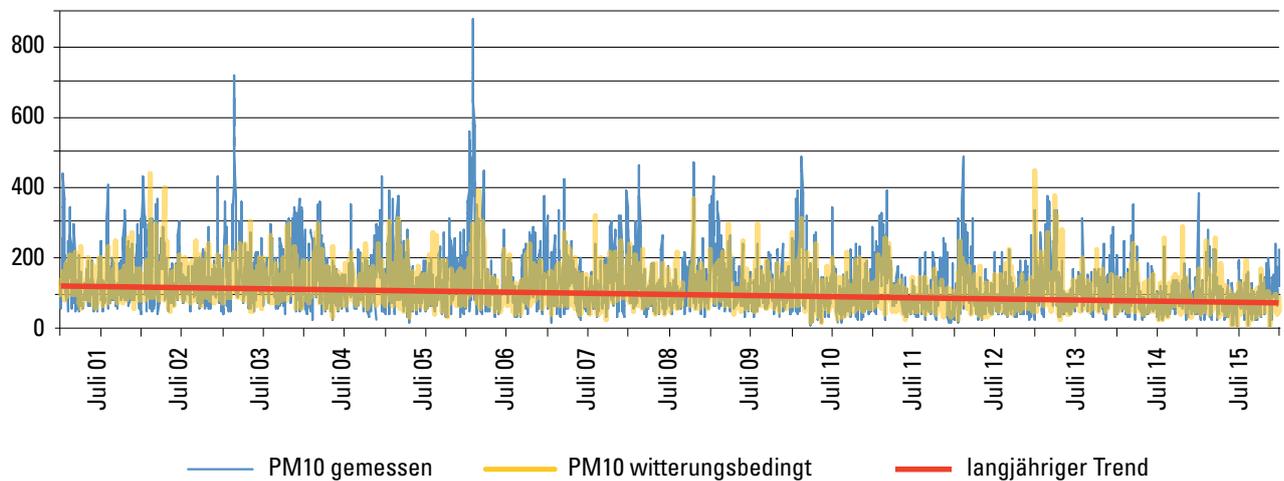
### **Umgesetzte Massnahmen führen zum Erfolg**

Ein Teil der abnehmenden PM10-Belastung wurde durch die Witterungsentwicklung in den letzten Jahren beeinflusst. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die grossräumige Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen der Hauptgrund für die positive Entwicklung ist. Der Einfluss einzelner Massnahmen oder die Rolle des Ferntransportes auf die PM10-Entwicklung kann aus den gewählten Untersuchungen nicht abgeleitet werden. Trotz der lufthygienischen Erfolge gibt es noch immer winterliche Perioden, insbesondere bei anhaltender Hochdrucklage über Mitteleuropa oder den Alpen, während derer die PM10-Belastung durch die lokalen und regionalen Emissionen ansteigt und der Tagesmittel-Grenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für PM10 mehrfach überschritten wird.

**Die Witterung bestimmt die PM10-Belastung mit. Hauptverursacher sind aber der Verkehr und die Holzfeuerungen.**

**Bild: Winterstimmung über dem Dorf Appenzell (AI).**

**Relativer Verlauf der PM10 -Tagesmittelwerte [% des langjährigen Mittels über alle Tage]  
Zürich Stampfenbachstrasse**



Am Beispiel der langjährigen Messreihe in Zürich, Stampfenbachstrasse lässt sich zeigen, dass die gemessenen PM10-Tagesmittelwerte (blau) einem typischen Jahresgang unterliegen. Dieser wird durch grosse kurzfristige Schwankungen überlagert. Ein Teil dieser höheren Belastungsphasen wird durch spezielle Wettersituationen dominiert. Diese Schwankungen erschweren das Erkennen von klaren Trends in der Belastungsentwicklung. Durch eine Witterungsereinigung werden diese Schwankungen gedämpft. So ist in der aus einem statistischen Regressionsmodell berechneten «gelben» witterungsereinigten Verlaufskurve die Schwankungsbreite deutlich geringer. Statistisch lässt sich ein klarer Langzeit-Trend beschreiben (rot). Dieser modellierte Trend wird nicht mehr durch den Einfluss extremer Witterungsereignisse, sondern hauptsächlich durch langfristige Emissionsminderungen geprägt.



# Dem Täter auf der Spur – Quellen der organischen Feinstaubanteile

Kontaktperson: Peter Maly, Interkantonales Labor Schaffhausen

Die Zusammensetzung des Feinstaubes hat einen grossen Einfluss auf die ökologische und gesundheitliche Wirkung. Bei Kenntnis der Zusammensetzung des Feinstaubes kann auch auf die Quellen der Feinstaubbelastung geschlossen werden. Dazu führte OSTLUFT bereits mehrere Projekte durch. So wissen wir aus früheren Projekten, dass im städtischen Feinstaub ein knappes Drittel der Masse des PM10 aus organischen Aerosolen besteht (OSTLUFT Jahresbericht 2013). Neben dem Russ (EC) können auch organische Aerosole besonders gesundheitsschädliche Substanzen enthalten. Über die Zusammensetzung der organischen Aerosole und ihre Auswirkungen ist wenig bekannt. Die neuesten Ergebnisse stammen aus einem Gemeinschaftsprojekt von Kantonen und Bund mit dem Paul Scherrer Institut.

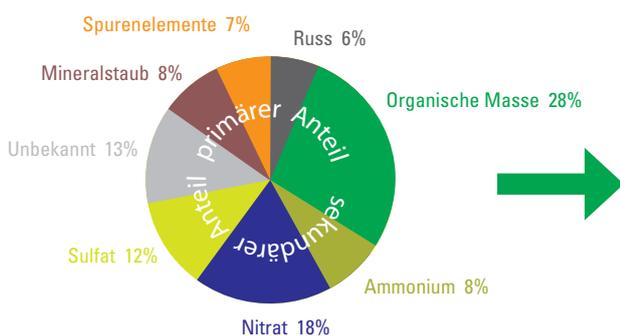
In einer Doktorarbeit von Kaspar Dällenbach wurden unterschiedliche massenspektroskopische Methoden für die Analyse von organischen Aerosolen getestet. Bisher waren Quellenzuordnungen mit der <sup>14</sup>C-Methode sehr aufwendig und teuer, so dass nur vereinzelte Proben analysiert werden konnten. Ziel dieser Arbeit war es, eine günstige Methode zu entwickeln, um die Zusammensetzung des organischen Massenanteils aus einer grösseren Anzahl von vorhandenen

Filterproben analysieren zu können. Es zeigte sich, dass tatsächlich von Filterproben spezifische Massenspektren der organischen Aerosole erzeugt werden können, aus denen auch auf den Masseanteil von typischen Quellen geschlossen werden kann.

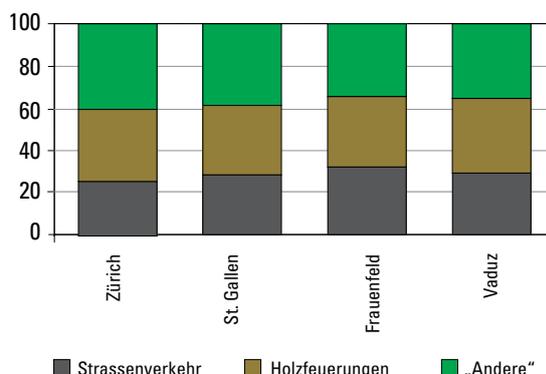
Auf Grund ganz charakteristischer Muster in den Spektren der organischen Aerosole und ihrem Vorkommen kann mittels Faktorenanalyse eine Zuordnung auf Quellen hergestellt werden. Vereinfacht dargestellt lassen sich typische Fraktionen für den Strassenverkehr und Holzfeuerungen sowie für andere Quellen aus technischen Anwendungen, pflanzlichen Ausdünstungen («Bioaerosole») oder auch Koch- und Bratdämpfen unterscheiden. Im Jahresmittel entsprechen diese Fraktionen ungefähr je einem Drittel der organischen Aerosole. Eine generelle Zuordnung der Anteile aus Industrie und Gewerbe ist nicht möglich, da diese Gruppe sehr unterschiedliche Emissionen erzeugt. Die Ergebnisse passen gut zu früheren Quellenzuordnungen mit der «<sup>14</sup>C-Methode» und Analysen der Empa zur «Chemischen Zusammensetzung und Quellen von Feinstaub, 2012».

Es hat sich auch für den Winter gezeigt, dass in Wohngebieten mit vielen Holzfeuerungen der Anteil aus der Holzverbrennung am organischen Aerosol bis zu über 50 Prozent ausmachen kann.

## Zusammensetzung des Feinstaubes



## Quellenanteile an der organischen Masse im Feinstaub [%]



Der Feinstaub setzt sich aus einer Vielzahl von Einzelpartikeln zusammen. Ungefähr die eine Hälfte der Partikelmasse stammt aus direkt emittierten Primärpartikeln und die andere bildet sich aus gasförmigen Vorläufersubstanzen in der Atmosphäre, die sogenannten Sekundärpartikel (Empa Schlussbericht «Chemische Zusammensetzung und Quellen von Feinstaub, 2012»).

Partikel mit organischer Kohlenstoffmasse bilden eine Hauptfraktion. Deren Quellen lassen sich nach den Analysen mit einem Aerosolspektrometer grob zu je einem Drittel den Quellgruppen «Verkehr» und «Holzfeuerungen» sowie «Andere» aus technischen Anwendungen, pflanzlichen Ausdünstungen («Bioaerosole») oder auch Koch- und Bratdämpfen zuordnen.



## Luftbelastung in Braunwald

Kontaktpersonen: Hanna Herich, AFU St. Gallen und Petra Vögeli, AfU Glarus

Braunwald liegt auf 1'300 m ü. M. und ist ein bekannter Fremdenverkehrsort im Kanton Glarus, der nicht mit dem Auto, sondern nur mit einer Standseilbahn oder über Fusswege erreichbar ist. Mit dem lokalen Projekt «Braunwald: Weg von fossilen Energieträgern» sollen bis 2020 alle Ölheizungen sowie alle benzin- und dieselbetriebenen Fahrzeuge im Zentrum von Braunwald durch Techniken mit umweltfreundlicheren Energieträgern ersetzt werden. Das Projekt wird mit OSTLUFT-Messungen begleitet. Im Jahr 2015 erfolgte die erste Messkampagne: OSTLUFT analysierte dabei die Belastung durch Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Feinstaub (PM10) und Russ.

### Lokale Quellen beeinflussen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte

Die gemessenen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte betragen 6.5 µg/m<sup>3</sup> am Standort Braunwaldbahn und 3.7 µg/m<sup>3</sup> am Siedlungsrand bei der RehaClinic. Die Differenz zwischen Zentrum und Siedlungsrand zeigt den Einfluss der lokalen Quellen. Vergleichbare siedlungsferne Standorte im OSTLUFT-Gebiet weisen ähnliche Messwerte auf (St. Gallen Stuelegg 7.3 µg/m<sup>3</sup> und Höhenklinik Wald 7.6 µg/m<sup>3</sup>). Die Messwerte liegen weit unter dem NO<sub>2</sub>-Jahresmittel-Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup>. Für den Standort RehaClinic liegt eine über zehnjährige Messreihe vor, die eine deutliche Verbesserung der NO<sub>2</sub>-Belastung auf bereits tiefem Belastungsniveau zeigt.

### Feinstaub durch stabiles Hintergrundniveau bestimmt

Der PM10-Jahresmittelwert lag beim Standort Braunwaldbahn bei 7.8 µg/m<sup>3</sup>. Vergleichbare Werte wurden an den Höhenstandorten NABEL-Station Rigi Seebodenalp (7.7 µg/m<sup>3</sup>), St. Gallen Stuelegg (9.1 µg/m<sup>3</sup>) und Höhenklinik Wald (9.8 µg/m<sup>3</sup>) gemessen. Sowohl der PM10-Jahresmittel-Grenzwert (20 µg/m<sup>3</sup>) als auch der PM10-Tagesmittel-Grenzwert (50 µg/m<sup>3</sup>) wurden deutlich unterschritten.

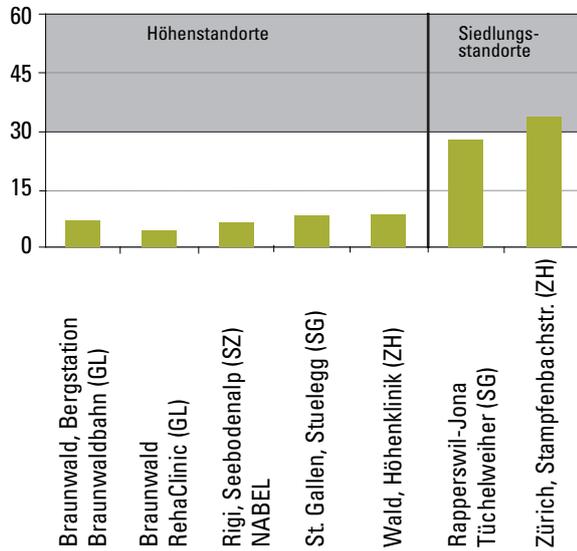
Die ähnlichen Belastungsniveaus an den quellenfernen Höhenstandorten ergeben sich durch die lange Verweilzeit von Feinstaub in der Atmosphäre und die grossräumige Verteilung durch die Luftbewegungen. Die höchsten Tagesmittelwerte mit bis zu 34 µg/m<sup>3</sup> wurden während winterlichen Hochdrucklagen gemessen, wenn die Inversions- und Hochnebelgrenze auch Braunwald bedeckte und sich die Schadstoffe grossflächig unter dem Nebel anreicherten.

### Russ stammt hauptsächlich aus lokalen Quellen

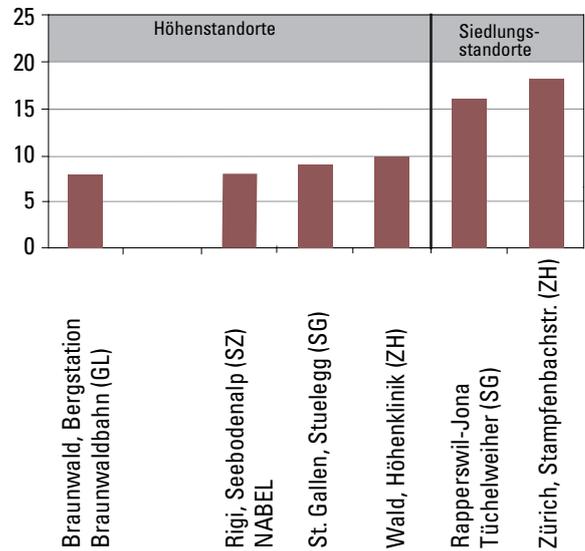
Zu hoch ist in Braunwald die Russbelastung. Mit 0.28 µg/m<sup>3</sup> liegt sie wie auch an den anderen ländlichen Messstandorten von OSTLUFT deutlich über dem Zielwert von 0.1 µg/m<sup>3</sup> (siehe Seite 2). Verschiedene Untersuchungen der Feinstaubkomponenten zeigen, dass die Russbelastung vor der Bergstation der Braunwaldbahn vorwiegend durch den Verkehr verursacht wird. Holzfeuerungen tragen an diesem Standort kaum zur PM10- und Russbelastung bei. Mit dem Ersatz der dieselbetriebenen Transportfahrzeuge im Dorf durch Elektrofahrzeuge ist mit einer Verringerung der Russbelastung zu rechnen.



Vergleich der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] für 2015

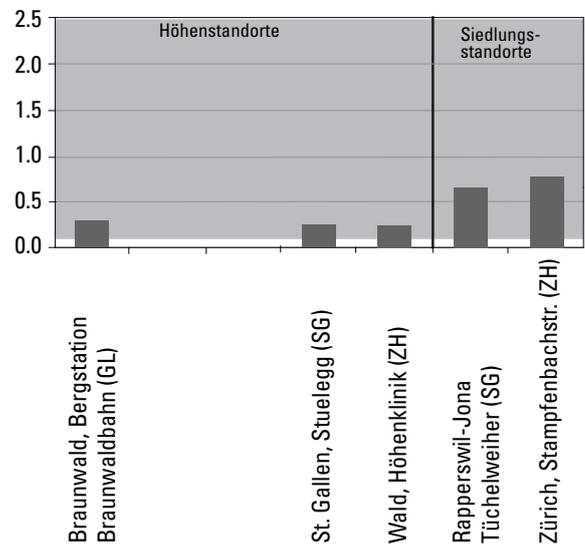


Vergleich der PM<sub>10</sub>-Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] für 2015



Die Luftbelastung in Braunwald ist vergleichbar mit jener an anderen Höhenstandorten, die sich durch geringe Schadstoffquellen und gute Durchlüftung auszeichnen. Entsprechend weisen Höhenstandorte deutlich geringere Schadstoffbelastungen durch NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> und Russ als Siedlungsstandorte im Flachland auf.

Vergleich der Russ-Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] für 2015



Standort der OSTLUFT-Messstation bei der Bergstation der Braunwaldbahn (GL).

# Luftlabor an der A13 in Maienfeld

Kontaktperson: Hanspeter Lötscher, ANU Graubünden

Seit dem VW-Skandal wissen alle, dass das Abgasverhalten der Fahrzeuge nicht immer mit den Versprechungen und Erwartungen übereinstimmen. Da Emissionsfaktoren der Motorfahrzeuge wichtige Input-Grössen für die Prognosen der Schadstoffentwicklung sind, haben einzelne Kantone bereits früh Emissionsfaktoren vom Prüfstand mit realen Verkehrssituationen verglichen. Vorreiter sind dabei der Kanton Zürich<sup>1</sup> und Graubünden. Das Amt für Natur und Umwelt Graubünden wertet an der A13 bei Maienfeld (GR) seit 1994 wiederholt die Verhältnisse zwischen berechneten Verkehrsemissionen und gemessenen Stickoxidbelastungen aus. Die letzten Messungen von September 2015 bis Oktober 2016 wurden durch OSTLUFT unterstützt.

## Die Immissionsmessungen zeigen es

Die spezifische NO<sub>x</sub>-Fracht wird aus den Immissionsmessungen berechnet und mit den NO<sub>x</sub>-Emissionen gemäss Handbook Emission Factors for Road Transport (HBEFA 3.2) verglichen. Dies erlaubt die Entwicklung der NO<sub>x</sub>-Emissionen im realen Verkehr zu beurteilen. Dazu wird aus der gemessenen NO<sub>x</sub>-Immissionskonzentration und der Windgeschwindigkeit - bei Wind von der A13 - die NO<sub>x</sub>-Fracht berechnet. Mithilfe der Verkehrszählung (Swiss7) werden die unterschiedlichen Emissionen pro Fahrzeugkategorie berücksichtigt und es wird die spezifische NO<sub>x</sub>-Fracht pro Normfahrzeug bestimmt.

Der Standort Maienfeld A13 eignet sich für diese Vergleichsuntersuchung besonders, weil die Winde häufig kanalisiert sind. Bei Tal-aufwind werden die Luftschadstoffe von der A13 direkt und ohne Beeinflussung durch andere Quellen zur Messstation getragen.

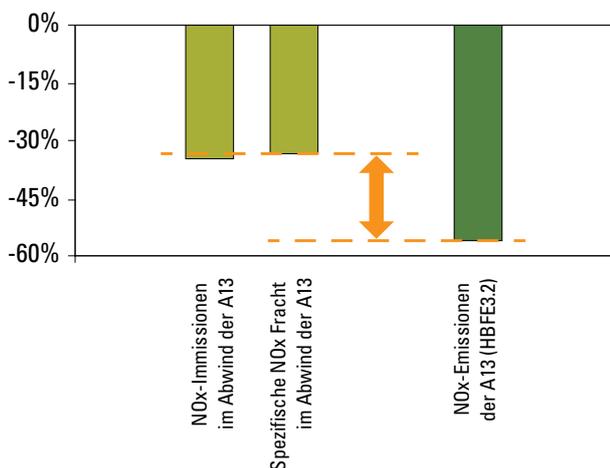
## Emissionsminderung überschätzt

In den Jahren 1994 bis 2000 nahmen die drei Grössen NO<sub>x</sub>-Emissionen der A13, die spezifische NO<sub>x</sub>-Fracht pro Personenwagen und die NO<sub>x</sub>-Immissionen im Abwind im ähnlichen Prozentbereich ab. Seit dem Jahr 2000 war dies jedoch nicht mehr im gleichen Masse der Fall. Die spezifische NO<sub>x</sub>-Fracht und die NO<sub>x</sub>-Immissionen haben deutlich weniger abgenommen als die prognostizierten NO<sub>x</sub>-Emissionen der A13. Ein Grund für die Differenz von rund 20 Prozent liegt darin, dass die Ergebnisse der Prüfstandmessungen für die Typenprüfung nicht die realen Emissionen auf der Strasse wiedergeben. Dazu kommen die Manipulationen in der Steuer-Software bei dieselbetriebenen Personenwagen (VW-Skandal) sowie die Überbrückung der Abgasreinigung bei Euro VI-Lastwagen durch einzelne ausländische Fuhrunternehmer. Die Ergebnisse decken sich mit Erkenntnissen aus einem vergleichbaren OSTLUFT-Projekt aus dem Jahr 2015 am Standort der Messstation Opfikon Balsberg mit Messdaten von 2006 bis 2014. Diese Auswertung zeigte, dass die festgestellte Differenz zwischen Prognose und gemessenen Werten vor allem auf den Leichtverkehr (PW, Lieferwagen) zurückzuführen ist.

<sup>1</sup> OSTLUFT Infoblatt "Überprüfung von Emissionsfaktoren im realen Strassenverkehr" von 2013

Zwischen 2000 bis 2016 hat die NO<sub>x</sub>-Belastung am Standort Maienfeld A13, wie auch die spezifische Fracht, deutlich weniger abgenommen, als auf Grund der Emissionsberechnungen nach HBEFA 3.2 erwartet wurde. In der Periode 1994 bis 2000 stimmen die Berechnungen mit den Messungen überein.

Abnahmen der ermittelten Kerngrössen von 2000 bis 2016



**Der Verkehr ist weiterhin die wichtigste Quelle für die Stickstoffdioxidbelastung in der Ostschweiz.**

**Bild: Autobahn A13 bei Maienfeld (GR).**



## Folgen erhöhter Stickstoffdeposition – Stilles Sterben, schleichendes Verschwinden

von Cathrin Caprez, Journalistin – Wissenschaftlerin.

**Es gelangt zu viel Stickstoff über die Luft in unsere Umwelt und verursacht dort grosse Schäden: Naturschutzgebiete schwinden, Böden versauern, Bäume verlieren ihren Halt. Über die Ursachen und was dagegen getan werden müsste, unterhalten sich Beat Achermann vom Bundesamt für Umwelt, der Forstingenieur Erich Tiefenbacher und der Natur- und Umweltschützer Alfred Brülisauer.**

**Sie alle sind, zumindest beruflich, immer wieder draussen in der Natur unterwegs. Wo begegnen Ihnen die Folgen von zu hohen Stickstoff-Einträgen aus der Luft?**

ALFRED BRÜLISAUER: Mir fallen besonders Flachmoore auf, in welche in den letzten zwanzig Jahren das Schilf eingedrungen ist. Ich denke da zum Beispiel ans Bannriet in der St. Galler Gemeinde Altstätten oder ans Robenhuser Riet am Pfäffikersee. Das Schilf gehört zu jenen Pflanzen, die vom Stickstoff aus der Luft profitieren.

BEAT ACHERMANN: Ich staune immer wieder ob der einheitlich grünen Wiesen in der Landwirtschaftszone, vor allem im Mittelland, aber sogar bis in die Bergzonen. Selbst steilere Wiesen können dort teilweise fast wie ein Golfplatz aussehen: Für mich ein klares Zeichen dafür, dass die Artenvielfalt, die wir früher hatten, verschwindet.

ERICH TIEFENBACHER: Mir begegnen die Folgen von zu viel Stickstoff als eine Art stilles Sterben im Wald. Ich erinnere mich, wie ich bei wunderschönem Wetter mit einem der Förster im Wald unterwegs war. Es wehte kein Lüftchen. Doch plötzlich begann es zu rauschen, dann krachte es und eine grosse Eiche stürzte um. Einfach so, ohne äussere Einflüsse. Wir sahen uns den Baum genau an und konnten sehen, dass die Wurzeln völlig kaputt waren. Der Stickstoff hatte im Waldboden Reaktionen ausgelöst und so das Geflecht aus Wurzeln und Mikroorganismen beeinflusst. Die Eiche konnte dadurch nicht mehr genügend Nährstoffe aufnehmen und verlor ihren Halt. So etwas sehen wir immer wieder. Das sind Veränderungen, die für den Wald zu schnell passieren, als dass er sich anpassen kann.

**Beginnen wir mit der intakten Natur: Herr Achermann, wie funktioniert der natürliche Stickstoff-Kreislauf?**

BEAT ACHERMANN: Im intakten Kreislauf kommt der Stickstoff vor allem aus der Atmosphäre. Mikroorganismen im Boden nehmen den reaktionsträgen Stickstoff aus der Luft auf und bauen ihn in organische Moleküle wie Aminosäuren und Eiweisse ein. Wenn diese wieder abgebaut werden, wird schliesslich auch Ammoniak frei und teils zu Nitrat umgebaut. Nitrat ist ein wichtiger Nährstoff für alle Pflanzen. Die Vegetation hat lange Zeit vor allem von dieser biologischen Fixierung aus der Atmosphäre gelebt. Aber bei uns in Europa, und auch in Asien, stammt heute wesentlich mehr Stickstoff aus den Aktivitäten von uns Menschen, als aus natürlichen Quellen.



### Und wo stören wir Menschen den Stickstoff-Kreislauf am heftigsten?

BEAT ACHERMANN: Zum Beispiel, indem wir in grossen Mengen künstlichen Dünger herstellen, den wir auf die Äcker und Felder ausbringen. Die wichtigste Quelle für reaktive Stickstoffverbindungen in der Luft ist heute aber die intensive Tierhaltung: Über importiertes Kraftfutter kommt viel Stickstoff in den Kreislauf. Über das Ausbringen von Hofdünger, also Kot und Harn aus den Tierställen, gelangt er dann zum Teil in die Luft. In der Schweiz stammen gut zwei Drittel der Stickstoff-Emissionen aus der Landwirtschaft, vorwiegend in der Form von Ammoniak. Etwa ein Drittel stammt aus Verbrennungsprozessen, bei welchen Stickoxide gebildet werden.

### Herr Tiefenbacher, was haben die übermässigen Stickstoffmengen in der Luft im Wald für Konsequenzen?

ERICH TIEFENBACHER: Als Folge des Stickstoffeintrags aus der Luft haben wir einen viel grösseren Pflegeaufwand, um im Wald zu einer natürlichen Vielfalt zu kommen. Ganz besonders sehen wir die Wirkung auf Waldflächen, die wir verjüngt haben, wo wir also die Bäume geschlagen haben und der Wald auf natürliche Weise nachwachsen sollte. Wenn wir diese Flächen sich selber überlassen, dann sind sie - viel stärker als noch vor 40 Jahren - innert kurzer Zeit mit einem meterdicken Brombeerteppich oder Nielen (Gemeine Waldrebe) zugewachsen. Der dichte Bewuchs verhindert dann alles, was von Natur aus aufkommen sollte. Auch die bestehenden Bäume schiessen durch die Stickstoff-

#### Von links nach rechts:

**ERICH TIEFENBACHER hat Forstwirtschaft studiert und arbeitet seit zehn Jahren als Kreisforstingenieur im Kanton Thurgau. Er berät die verschiedenen Waldbesitzer und arbeitet eng mit den Förstern zusammen.**

**ALFRED BRÜLISAUER ist Biologe und leitete bis vor drei Jahren die Fachstelle für Natur- und Landschaftsschutz des Kantons St. Gallen. Heute macht er Beratungen in Ökologie- und Landschaftsfragen und ist im Vorstand der regionalen WWF-Sektion.**

**BEAT ACHERMANN arbeitete von 1983 bis Anfang 2017 im Bereich Luftreinhaltung beim Bundesamt für Umwelt (BAFU).**

düngung aus der Luft in die Höhe. Auf früheren Flusssauen, wo Bäume eigentlich nicht so gut wachsen, beobachten wir, dass fast die Hälfte mehr Holz pro Jahr zuwächst, als noch vor 60 Jahren. Die Bäume wachsen so aber zu schnell: Sie sind dann zu dünn und werden dadurch instabil. Während eines sehr trockenen Sommers kann es an Standorten, wo ohnehin schon wenig Wasser zur Verfügung steht, zum Kollaps von Bäumen kommen. Ich habe schon Rottannen beobachtet, die stehend vertrocknet sind, weil ihnen das Wasser gefehlt hat. Beim Fällen kam dann gar kein Harz mehr raus, so trocken waren die. Diese Folgen des Stickstoffes aus der Luft kommen zusätzlich zu anderen Einflüssen wie dem Klimawandel hinzu. Wir rechnen darum damit, dass die Wälder in Zukunft anders zusammengesetzt sein werden.

### Wie reagieren andere empfindliche Ökosysteme auf den Stickstoff aus der Luft?

ALFRED BRÜLISAUER: Besonders deutlich reagieren die Moore, diese Ökosysteme, von denen wir seit 1800 schon etwa 90 Prozent verloren haben. Und unter den Mooren sind die Hochmoore am stärksten betroffen: Sie sind eigentlich wahre Überlebenskünstler, denn sie beziehen ihre Nährstoffe nicht aus dem Boden, sondern vor allem aus dem Regenwasser und aus der Luft. Wenn nun aus der Luft plötzlich das Vier- oder Fünffache an Nährstoffen kommt, dann bringt das dieses Ökosystem durcheinander. Einerseits verschiebt sich das Artenspektrum. Andererseits nimmt aber die Artenvielfalt ab. Der Sonnentau zum Beispiel steht in den Hochmooren stark unter Druck. Er wird zunehmend von anderen Arten verdrängt.

### Wie lange weiss man schon um die Probleme, die der viele Stickstoff aus der Luft in der Umwelt verursacht?

BEAT ACHERMANN: Eigentlich seit den Diskussionen um den sauren Regen in den 1980er-Jahren. Damals erkannte man bereits, dass verschiedene Luftschadstoffe den Regen versauern. Zu jener Zeit waren aber die Schwefel-Verbindungen aus der Verbrennung von Kohle, Heizöl, Diesel und Benzin die wichtigsten, gegen sie ging man als erstes vor. Mit der Einführung des Katalysators konnten wir bei den Stickoxid-Emissionen aus dem Verkehr viel erreichen. Dadurch rückte dann die Landwirtschaft als Quelle für Luftschadstoffe nach und nach in den Vordergrund.

ALFRED BRÜLISAUER: Im Naturschutz sind wir auch in den 1990er-Jahren auf dieses Problem aufmerksam geworden. Das war ein schleichender Prozess, den wir mittlerweile aber mit dem Schweizer Biodiversitätsmonitoring gut erfassen können: Dieses Monitoring zeigt die Verluste bei der Artenvielfalt in den kritischen Ökosystemen ganz deutlich auf. Und zwar hängt dieser Verlust, zumindest teilweise, mit den Stickstoff-Einträgen aus der Luft zusammen. Das beobachten wir für die Hochmoore, die Flachmoore, aber auch für trockene Magerwiesen und alpine Heiden.

#### Was hat dieser Artenverlust für Konsequenzen?

ALFRED BRÜLISAUER: Zum einen gibt es den ethischen Aspekt. Wir leben ja nicht allein auf diesem Planeten, und die anderen Arten haben auch eine Daseinsberechtigung. Wenn wir diese Arten für zukünftige Generationen erhalten wollen, müssen wir ihnen Sorge tragen. Zum anderen gibt es auch die Überlegung der sogenannten Ökosystemleistungen, also zum Beispiel sauberes Trinkwasser, Erosionsschutz, eine Natur, in der wir uns erholen können. Diese Leistungen basieren alle auf einigermaßen intakten Ökosystemen mit einer gesunden Artenvielfalt.

ERICH TIEFENBACHER: Lange waren wir ja der Meinung, der Wald sei der beste Schutz für das Grundwasser, das wir vielerorts als Trinkwasser nutzen. Wenn oberhalb der Grundwasservorkommen Wald wächst, kann kein Dünger aus der Landwirtschaft ins Grundwasser gelangen. Heute aber lässt dieser Schutzeffekt nach, weil immer mehr Stickstoff auch über die Luft in den Waldboden gelangt. Das können wir im Grundwasser aus unseren Pumpwerken auch nachweisen: Wenn es nach einer

langen Trockenphase plötzlich stark regnet, dann messen wir im Trinkwasser einen deutlichen Anstieg von Stickstoff-haltigem Nitrat, teils bis in kritisch hohe Konzentrationen.

#### Warum gibt es dann keinen Immissionsgrenzwert für Ammoniak?

BEAT ACHERMANN: Es gibt das Konzept der Critical Loads, das im Rahmen von internationalen Abkommen zur Luftreinhaltung entwickelt wurde. Die Critical Loads für Stickstoff legen fest, wie viel Stickstoffeintrag ein bestimmtes Ökosystem pro Jahr und Hektar längerfristig verkraften kann. Das ist ein umfassenderes Konzept als ein Immissionsgrenzwert für eine Einzelsubstanz wie Ammoniak. Denn der Stickstoff gelangt ja in verschiedenen chemischen Formen in die Umwelt. Der Critical Load-Wert berücksichtigt alle diese verschiedenen Formen. Critical Loads sind daher von der Bedeutung her gleichwertig wie Immissionsgrenzwerte, um die Belastung aus der Luft zu beurteilen.

#### Wir haben es bereits angesprochen: Die Landwirtschaft, insbesondere die intensive Tierhaltung, ist die wichtigste Quelle für Ammoniak. Was kann man dagegen machen?

BEAT ACHERMANN: Die technischen Massnahmen sind uns eigentlich bekannt: Offene Laufställe für Nutztiere können mit einem leicht geneigten Boden und mit einem Reinigungsschieber gebaut werden, damit Harn und Kot nicht liegen bleiben und Ammoniak bilden. Der Hofdünger kann heute sehr effizient ausgebracht werden, zum Beispiel mit Schleppschläuchen. Sehr wirksam ist auch das Abdecken der Hofdüngerlager. Allein durch diese technischen Massnahmen könnten wir in der Schweiz die Stickstoffverluste in die Luft um etwa 40 Prozent senken. Darüber hinaus hilft zum Beispiel auch eine geschickte Kombi-



nation aus Stall- und Weidehaltung: Wenn die Ausscheidungen der Tiere auf der Weide anfallen, dringt der Harn schnell in den Boden ein und es entsteht deutlich weniger Ammoniak. Zu hohe Stickstoff-Emissionen haben wir vor allem in Gebieten mit sehr hohen Tierbeständen, wo zu viel Hofdünger für den eigenen Betrieb anfällt. Die Bauern können diesen Dünger wegführen; meist an andere Orte in der Schweiz, aber auch Transporte in unsere Nachbarländer sind bekannt. So entfällt der Anreiz, auf dem eigenen Betrieb so zu wirtschaften, dass kein Hofdünger weggeführt werden muss.

#### Und wie versucht man, diese Massnahmen umzusetzen?

BEAT ACHERMANN: Wir versuchen das über das Umweltrecht und das Landwirtschaftsrecht. Im Umweltrecht steht das Vorsorge- und das Verursacherprinzip. Das bedeutet, Emissionen sind vorsorglich so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist. Und die Kosten dafür trägt jener, der die Schäden in der Umwelt verursacht. Gemäss dem Landwirtschaftsrecht können ökologische Leistungen mit Direktzahlungen abgegolten werden. Das heisst, Massnahmen, die die Ammoniak-Emissionen verringern, könnten in den ökologischen Leistungsnachweis eingebaut werden. Bisher hat die Agrarpolitik aber den Weg über freiwillige, sogenannte Ressourcenprogramme gewählt: Sie sollen die Landwirte mit einer finanziellen Unterstützung motivieren, den Stickstoff auf ihren Höfen effizienter nutzen. Diese Programme laufen jedoch nur über eine begrenzte Zeit; nachher fällt der finanzielle Anreiz wieder weg. Von da her wäre der Weg über den ökologischen Leistungsnachweis effektiver.



ALFRED BRÜLISAUER: Es ginge natürlich auch über Sanktionen, also beispielsweise über eine Kürzung der Direktzahlungen - falls die Massnahmen nach dem Stand der Technik nicht eingeführt werden.

BEAT ACHERMANN: Andere Länder machen vor, wie das gelingen könnte. Dänemark zum Beispiel hat etwa dieselbe Viehdichte wie die Schweiz, aber emittiert nur etwa die Hälfte an Ammoniak pro Hektare Landwirtschaftsfläche in die Luft. Die dänische Regierung war vor allem bei den Massnahmen strenger als wir. Zuerst waren diese meist freiwillig. Dies brachte aber nicht genügend Erfolg und so wurden sie schliesslich obligatorisch.

#### Die Landwirtschaft als mit Abstand wichtigste Quelle ist also bekannt. Inwiefern braucht es dann noch Messungen?

BEAT ACHERMANN: Mithilfe der Messungen können wir das Ausmass der Luftbelastung bestimmen und auch auf die Herkunft der Luftschadstoffe schliessen. Und die Immissionsmessungen zeigen uns schlussendlich erst auf, ob unsere Massnahmen überhaupt zu einer besseren Luftqualität führen. Die Emissionsmengen, also wie viel Schadstoffe ausgestossen werden, müssen wir berechnen - aber ob diese Berechnungen plausibel sind, können wir mit den Messungen überprüfen.

ALFRED BRÜLISAUER: Je besser die Datenlage, desto einfacher lässt sich auch Druck aufsetzen, dass in der Landwirtschaft endlich einmal etwas passiert. Mittlerweile gibt es ja die offiziellen «Umweltziele Landwirtschaft». Aber im jüngsten Evaluationsbericht steht an mehreren Stellen ganz deutlich: «Ziele nicht erreicht».



### Wie können wir es schaffen, den Stickstoff-Kreislauf wieder etwas mehr ins Lot zu bekommen?

ALFRED BRÜLISAUER: Aktuell gelangen jährlich fast 50'000 Tonnen Stickstoff aus der Landwirtschaft über die Luft in die Umwelt. Gemäss den Umweltzielen Landwirtschaft soll diese Menge halbiert werden. Die technischen Lösungen sind bekannt: Hofdüngerlager abdecken, den Dünger möglichst effizient ausbringen, die offenen Laufställe sanieren, aber auch weniger Futtermittel importieren. Was jetzt noch fehlt, ist der politische Druck.

BEAT ACHERMANN: Wir müssten auch diskutieren, in welchen Regionen die landwirtschaftliche Nutzung zu intensiv ist. Darauf hat auch der Bundesrat in seinem jüngsten Bericht zu den Umweltzielen Landwirtschaft hingewiesen.

Ein weiterer Punkt ist unser Konsumverhalten: Wir müssen nicht gleich alle zu Vegetariern werden. Aber wenn wir uns nur schon an die Gesundheitsempfehlungen der WHO halten würden, dann würden in ganz Europa 40 bis 50 Prozent weniger Stickstoff emittiert. Ausserdem müssen wir die internationale Zusammenarbeit weiterführen. Die Luft und Luftschadstoffe machen ja nicht an der Landesgrenze Halt.

ERICH TIEFENBACHER: Schön wäre ein Erfolg wie damals, als im grossen Stil die Kläranlagen gebaut oder die Katalysatoren eingeführt wurden. Vielleicht braucht es dazu einen ähnlichen Aufhänger wie die stark verschmutzten Flüsse und Bäche in den 1960er-Jahren oder die darbedenden Wälder in den 1980er-Jahren und daraus dann eine Leitidee in den Köpfen und im Gefühl der Menschen. Wie damals: Wir wollen doch wieder genussvoll in unseren Bächen und Seen baden können oder saubere Luft ohne Schutzmaske einatmen.

Was fehlt, damit so etwas wieder möglich ist? Sehen wir die Schäden noch zu wenig deutlich?

ALFRED BRÜLISAUER: Die Auswirkungen von zu viel Stickstoff aus der Luft betreffen die Bürger schon nicht so direkt wie das Abwasser damals in den Flüssen und Bächen. Vieles hat jetzt mit Biodiversität zu tun, das ist ein eher abstraktes Thema, das den Menschen nicht so ans Lebendige geht.

BEAT ACHERMANN: Obwohl es mittlerweile viele Daten und genügend Berichte darüber gibt, sind die Probleme durch den übermässigen Stickstoffeintrag schwierig zu erklären. Bei anderen Luftschadstoffen half es, dass sie einen gewichtigen Gesundheitsaspekt haben, wie zum Beispiel das Krebsrisiko beim Dieselruss oder Atemwegserkrankungen durch Feinstaub. Da war jedem klar, das will ich doch nicht einatmen. Aber so einfach und augenfällig ist es beim Thema Ammoniak und seinen Folgen leider nicht.

**Übermässiger Stickstoffeintrag schädigt den Wald und verringert die Biodiversität in intensiv landwirtschaftlich geprägten Gebieten.**

**Bild: Mosaik von intensiv genutzten Wiesen, Naturschutzflächen, Hecken und Wälder im Toggenburg (SG).**



## Von der Nordsee zu OSTLUFT

von Cathrin Caprez, Journalistin – Wissenschaftlerin

**Jörg Sintermann leitet seit einem knappen Jahr die Sektion Monitoring im AWEL Zürich und damit koordiniert er auch einen wichtigen Teil der Messungen für OSTLUFT. Im Interview erzählt er von seinem Weg aus Norddeutschland nach Zürich und vom dunkelsten Kapitel seiner Messzeit.**

**Jörg Sintermann, mit den Augen eines Fachmannes für Luftverschmutzung: Ist das OSTLUFT-Gebiet spannend für Sie?**

Sehr. Zum einen gibt es grosse städtische Regionen wie die Stadt Zürich, wo viele Menschen nahe an Verkehrswegen wohnen. Gleichzeitig aber hat das Gebiet auch stark landwirtschaftlich geprägte Regionen, wo andere Luftschadstoffe dominieren. Das heisst, wir messen Luftschadstoffe, die für die Gesundheit der Menschen, aber auch für den Umweltschutz wichtig und spannend sind.

**Gab es schon besondere Messereignisse in dieser Zeit?**

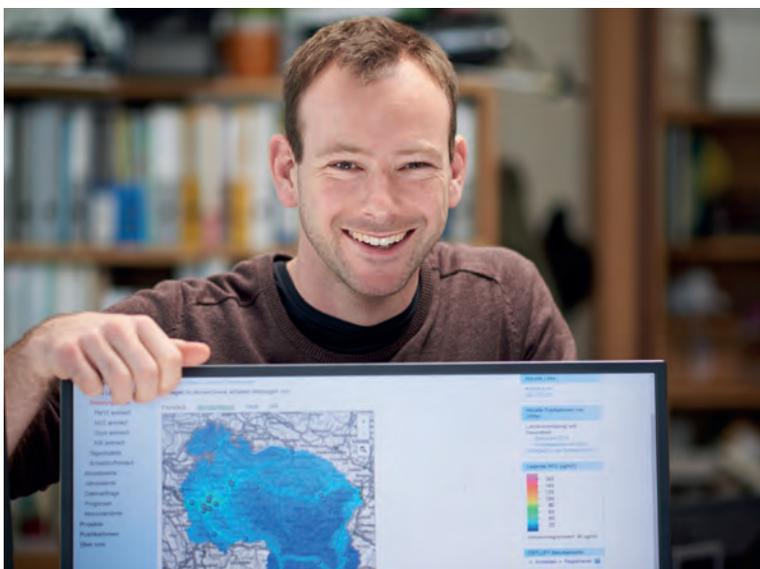
Ich habe meine erste Wintersmog-Episode erlebt! Ende Januar 2017 hatten wir eine dieser zähen Hochnebellagen über dem Mittelland. Das bedeutete für uns, dass wir die gemessenen Feinstaubwerte intensiv beobachteten. Für den Fall, dass sie einen bestimmten Schwellenwert überschritten hätten, wären wir mit einer Information an die Bevölkerung gegangen: Leute mit Herz-Kreislauf- oder Atem-Beschwerden sollten sich dann draussen möglichst wenig anstrengen. Zum Glück gab es dann einen Wetterumschwung, der die Hochnebeldecke auflöste, so dass sich der Feinstaub wieder besser verteilte.

**Sie stammen ursprünglich aus Norddeutschland. Wie sind Sie hier in die Schweiz gekommen?**

Ich habe mich quasi schrittweise gegen Süden vorgearbeitet. Aufgewachsen bin ich in Cuxhaven, dort wo die Elbe in die Nordsee mündet. Für mein Studium in Landschaftsökologie ging ich dann nach Münster - das ist von Cuxhaven aus ja schon richtig weit im Süden. Durch mein Studium hörte ich dann erstmals von der Agroscope, dem Schweizer Kompetenzzentrum für landwirtschaftliche Forschung. Als dort ein spannendes Doktorat ausgeschrieben war, kam ich kurzerhand in die Schweiz. Nun fühle ich mich hier schon mehr zu Hause als in Deutschland: Ich wohne schon seit Langem in Zürich-Höngg und ich habe hier meinen Freundeskreis.

**Landschaftlich muss das ein ziemlicher Wechsel sein, von der Nordsee in die Berge. Sie haben mit Ihrer Arbeit ja auch Erfahrungen gemacht mit der Schweizer Topografie...**

Genau, für meine Forschungsarbeit haben wir nämlich die Ammoniak-Emissionen an verschiedenen Standorten in der Schweiz gemessen. Dafür misst man das Ammoniak und modelliert dann dessen Ausbreitung. Und diese Modellierungen sind eben umso schwieriger, je komplizierter das Gelände ist.



**Jörg Sintermann leitet im AWEL Zürich die Sektion Monitoring und arbeitet aktiv bei OSTLUFT mit.**

### Sie haben auch Labormessungen gemacht. Wie muss ich mir die vorstellen?

Das war tatsächlich das dunkelste Kapitel meiner Messgeschichte... Ich untersuchte damals, wie viel Ammoniak-ähnliche Stickstoffverbindungen im Hofdünger entstehen und in die Luft verloren gehen. Das heisst, wir haben dann zum Beispiel im Labor eine kleine Kammer über frischen Kuh-Exkrementen aufgestellt, die Luft da durchgezogen und die stickstoffhaltigen Komponenten gemessen. Aber das hiess eben auch, dass ich frische Exkremente und Harn gesammelt habe, die dann gut gemischt und in einer Klimakammer untersucht wurden. Das hat vielleicht gestunken! Das war wirklich härteste Arbeit.

### Was ist das Besondere an Ammoniak-Messungen verglichen mit anderen Luftschadstoffen?

Ammoniak ist sehr reaktiv und daher besonders schwierig zu messen. Die Moleküle reagieren sehr leicht mit anderen Stoffen in der Luft, bleiben an Oberflächen hängen oder lösen sich im Wasser. Dazu kommt, dass wir relativ tiefe, aber auch schnell ändernde Ammoniak-Konzentrationen messen müssen. Wir wählen darum aus verschiedenen Messmethoden jeweils jene aus, die sich am besten eignet: Wir können Ammoniak mit chemischen Methoden sammeln und bestimmen, aber auch mit Hilfe eines optischen Messgerätes nachweisen. Die verschiedenen Methoden haben jeweils ihre Vor- und Nachteile: Die eine ist beispielsweise genauer, dafür können wir nur innert Stunden bis Wochen eine Probe messen. Mit dem optischen Messgerät können wir zwar in kürzeren Abständen und direkt in der Luft messen, aber das Gerät ist eher anspruchsvoll im Betrieb. Ich habe mittlerweile mit allen diesen Methoden gearbeitet. Spannend ist für mich, dass sich diese Messprinzipien auch auf andere Luftschadstoffe wie Stickoxide anwenden lassen. Und einmal in der Luft, breiten sich viele Luftschadstoffe auch auf ähnliche Weise aus. So kann ich viel von meiner bisherigen Erfahrung auf meine jetzige Arbeit übertragen.

### War die Erfahrung mit Ammoniak-Messungen ein Grund, warum Sie sich auf die Stelle hier beim AWEL beworben haben?

Zum einen ja, das AWEL und OSTLUFT gehören tatsächlich zu jenen Stellen, die Erfahrung haben damit. Zum anderen wollte ich mich weiterhin mit dem Thema Luftqualität und deren Messung beschäftigen - aber in einem breiteren Kontext. Jetzt sind meine Aufgaben vielfältiger geworden: Themen wie Verkehr, Energie, Landwirtschaft, Gesundheit, Politik und Vollzug spielen jetzt zusätzlich in meine Arbeit hinein.

### Sie zählen wahrscheinlich zu den Jüngeren - sowohl hier im AWEL, als auch innerhalb von OSTLUFT. Wie ist die Zusammenarbeit mit den älteren Kolleginnen und Kollegen?

Das stimmt, ich bin eher jung. Aber ich habe den Eindruck, in der Luftreinhaltung ist gerade ein Generationenwechsel in Gang. Viele haben ja in den 1980er-Jahren begonnen, sich intensiv mit dem Thema Luftverschmutzung zu beschäftigen. Und diese Generation wird jetzt langsam pensioniert. Das ergibt im Moment eine tolle Zusammenarbeit zwischen sehr erfahrenen Leuten, die sich lange schon auf diesem Feld tummeln, und uns Jüngeren, die jetzt nachkommen.

### Stehen dieses Jahr besondere Messkampagnen an?

Wir werden gemeinsam mit OSTLUFT die Luftqualität in Horgen genauer anschauen. Mit Hilfe dieser Messungen können wir dann überprüfen, wie gut unsere Modellrechnungen in der Region sind. Solche realen Messungen dienen uns quasi als Eichung für die Modellierung von flächendeckenden Aussagen über die Luftqualität.

### Sie hatten bisher viel mit der Entwicklung von Messgeräten zu tun. Kommt das nun etwas zu kurz in Ihrer neuen Funktion?

Klar, ich habe jetzt nicht mehr so viel Zeit, um an einem Gerät herumzuschrauben. Aber ich schaue mir auch gern die Daten ganz genau an und überlege mir, wie ist jetzt die Situation an einer bestimmten Messstelle, wo kommen dort die Schadstoffe her, wie entwickeln sie sich. Dieser Kontext der Messungen ist mir sehr wichtig - und das kann ich jetzt voll ausleben.

## Übersichtstabelle der automatischen Messstationen

2016								Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )				Stickoxid (NO <sub>x</sub> )
			Koordinaten		m ü. M.	Strasseneinfluss	Siedlungseinfluss	Jahresmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	95-Perzentil des Jahres [µg/m <sup>3</sup> ]	höchster Tagesmittelwert [µg/m <sup>3</sup> ]	Überschreitungen [Tage]	Jahresmittelwert [ppb]
Opfikon	Balsberg	ZH	685'350	254'830	430			40	83	75	0	47
Zürich	Rosengartenstrasse	ZH	682'095	249'940	433			47	81	82	2	57
Zürich	Schimmelstrasse	ZH	681'942	247'245	415			42	79	84	3	49
Chur	A13	GR	757'725	191'375	565			31	75	87	3	35
St. Gallen	Blumenbergplatz	SG	746'010	254'720	675			36	78	108	5	37
Frauenfeld	Bahnhofstrasse <sup>b)</sup>	TG	709'556	268'278	403			20	—	—	—	—
Wil	Rudenzburg Kreuzung <sup>b)</sup>	SG	721'340	258'230	573			34*	78*	66*	0*	46*
Zürich	Kaserne NABEL <sup>c)</sup>	ZH	682'450	247'990	409			28	62	68	0	23
Zürich	Stampfenbachstrasse	ZH	683'145	249'020	445			31	66	73	0	32
Chur	Kantonsspital	GR	760'290	192'370	665			14	—	—	—	—
Chur	RhB Verwaltungsgebäude <sup>c)</sup>	GR	759'655	191'095	595			16	44	51	0	12
Dübendorf	NABEL <sup>c)</sup>	ZH	688'650	250'850	432			25	59	66	0	23
Konstanz	Wallgutstrasse <sup>c)</sup>	D	729'990	280'750	399			20	47	52	0	17
Kreuzlingen	Marktweg	TG	730'174	278'960	412			18	43	52	0	14
Opfikon	Glattpark (ab Mai 2016)	ZH	684'665	253'012	426			27*	61*	69*	0*	26*
Winterthur	Veltheim	ZH	696'556	262'725	440			19	46	70	0	16
Appenzell	Feuerschau	AI	748'735	244'230	775			16	42	54	0	13
Glarus	Feuerwehrstützpunkt	GL	723'400	212'270	488			15	40	49	0	12
Weinfelden	Berufsbildungszentrum	TG	725'370	269'705	430			20	42	52	0	16
Tänikon	NABEL <sup>c)</sup>	TG	710'500	259'795	538			12	33	51	0	9
Wald	Höhenklinik <sup>b)</sup>	ZH	713'707	237'379	910			7	—	—	—	—
Zürich	Heuberibüel <sup>c)</sup>	ZH	685'125	248'460	610			16	42	59	0	12
Vaduz	Landesbibliothek	FL	757'951	226'605	455			17	45	62	0	15
Flums	ARA	SG	744'136	218'550	437			14	39	55	0	11
Lägern	NABEL <sup>c)</sup>	AG	669'800	259'031	689			10	27	42	0	6
St. Gallen	Stuelegg	SG	747'600	252'530	920			6	20	33	0	4
Weerswilen	Weerstein	TG	727'740	271'190	630			10	—	—	—	—
Spezialstandorte												
Kloten	Flughafen Airside <sup>c)</sup>	ZH	685'175	256'475	465			30	68	89	1	—
Kloten	Flughafen Terminal A <sup>c)</sup>	ZH	684'300	256'500	440			32	69	75	0	—
Grenzwert								30	100	80	1	

\* unvollständige Messreihen

<sup>a)</sup> Die Jahresmittelwerte werden an den meisten Messstationen aus einer Stichprobe von jedem 12. Tag im Jahr ermittelt.

<sup>b)</sup> Standorte mit reduziertem Messprogramm

<sup>c)</sup> Partnerstandorte und Drittnetze:

Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ)

NABEL (BAFU und Empa)

Amt für Natur und Umwelt Graubünden (ANU)

Flughafen Zürich AG

Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW)

Feinstaub			Russ <sup>a)</sup> EC	Ozon							
Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	höchster Tagesmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Überschreitungen [Tage]	Jahresmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	höchster Stundenmittelwert [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Anzahl Stunden mit Überschreitung des Kurzzeitgrenzwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Überschreitungen [Tage]	max. 98-Perzentil eines Monats [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Überschreitungen [Monate]	Ozonexposition Wald, AOT40f [ppm *h]		
16	55	1	0.97	139	25	8	117	5	3	Opfikon	Balsberg
18	82	2	1.69	150	18	6	110	4	3	Zürich	Rosengartenstrasse
17	66	2	1.12	136	33	10	116	5	5	Zürich	Schimmelstrasse
16	54	1	0.70	139	12	4	113	5	5	Chur	A13
14	50	1	0.95	138	24	10	118	4	4	St. Gallen	Blumenbergplatz
14	54	1	0.76	—	—	—	—	—	—	Frauenfeld	Bahnhofstrasse <sup>b)</sup>
14*	44*	0*	1.16*	—	—	—	—	—	—	Wil	Rudenzburg Kreuzung <sup>b)</sup>
15	74	2	0.60	168	182	35	136	6	11	Zürich	Kaserne NABEL <sup>c)</sup>
16	56	2	0.72	141	87	21	125	5	8	Zürich	Stampfenbachstrasse
—	—	—	—	142	57	11	126	6	7	Chur	Kantonsspital
10	43	0	0.37	—	—	—	—	—	—	Chur	RhB Verwaltungsgebäude <sup>c)</sup>
14	60	2	0.66	174	207	40	142	6	12	Dübendorf	NABEL <sup>c)</sup>
15	50	1	0.81	154	196	43	142	6	12	Konstanz	Wallgutstrasse <sup>c)</sup>
13	46	0	0.59	165	195	43	137	6	13	Kreuzlingen	Marktweg
15*	39*	0*	0.60*	176*	200*	41*	140*	5*	12*	Opfikon	Glattpark (ab Mai 2016)
14	55	1	0.64	174	173	38	135	6	11	Winterthur	Veltheim
13	51	1	0.66	143	104	23	127	6	10	Appenzell	Feuerschau
13	51	1	0.63	149	104	25	129	6	8	Glarus	Feuerwehrstützpunkt
15	48	0	0.88	144	96	23	127	6	9	Weinfelden	Berufsbildungszentrum
11	51	1	—	174	162	38	135	6	12	Tänikon	NABEL <sup>c)</sup>
9	45	0	—	—	—	—	—	—	—	Wald	Höhenklinik <sup>b)</sup>
12	58	1	—	167	184	35	134	6	12	Zürich	Heubeeribüel <sup>c)</sup>
13	46	0	0.62	147	103	26	126	7	8	Vaduz	Landesbibliothek
12	46	0	0.57	150	47	12	128	6	7	Flums	ARA
—	—	—	—	164	302	38	151	6	12	Lägern	NABEL <sup>c)</sup>
8	33	0	0.33	146	247	34	131	7	13	St. Gallen	Stuelegg
10	49	0	0.36	153	155	24	135	6	10	Weerswilen	Weerstein
										Spezialstandorte	
—	—	—	—	116	0	0	99	0	2	Kloten	Flughafen Airside <sup>c)</sup>
16	54	1	—	152	85	28	127	6	8	Kloten	Flughafen Terminal A <sup>c)</sup>
20	50	1		120	1	1	100	0	5		Grenzwert

Legende:



Hochleistungsstrasse (>30'000 DTV-S)



Hauptverkehrsachse (10-30'000 DTV-S)



mässiger Verkehr (<10'000 DTV-S)



kein Verkehr



Flughafen



Grossstadt (>150'000 Ew.)



Stadt oder Agglomeration (20-150'000 Ew.)



Dorf (1-20'000 Ew.)



Weiler (<1'000 Ew.)



abseits von Siedlungen

## OSTLUFT und ihr Messnetz

Die Ostschweizer Kantone und das Fürstentum Liechtenstein überwachen die Luftqualität unter dem Namen OSTLUFT seit 2001 gemeinsam, werten die Daten aus und veröffentlichen die Erkenntnisse. Zu OSTLUFT gehören die Kantone Appenzell Ausserrhoden, Appenzell Innerrhoden, Glarus, Schaffhausen, St. Gallen, Thurgau und Zürich, das Fürstentum Liechtenstein sowie - in Teilbereichen - der Kanton Graubünden.

### Die Hauptaufgaben von OSTLUFT

- Überwachung der Luftqualität gemäss Luftreinhalte-Verordnung mittels Messungen
- Untersuchung der zeitlichen Entwicklung und der räumlichen Differenzierung aufgrund der Messungen und mit Hilfe von Modellen
- Information der Öffentlichkeit
- Die Messdaten stehen der Öffentlichkeit und allen Interessierten zur Verfügung
- Zuordnung der Belastungssituation zu den Emissionsquellen als Grundlage für Massnahmen der Kantone
- Grundlagen zur Erfolgskontrolle für getroffene Massnahmen

Die vielfältigen Dienstleistungen von OSTLUFT sind zugänglich unter [www.ostluft.ch](http://www.ostluft.ch).

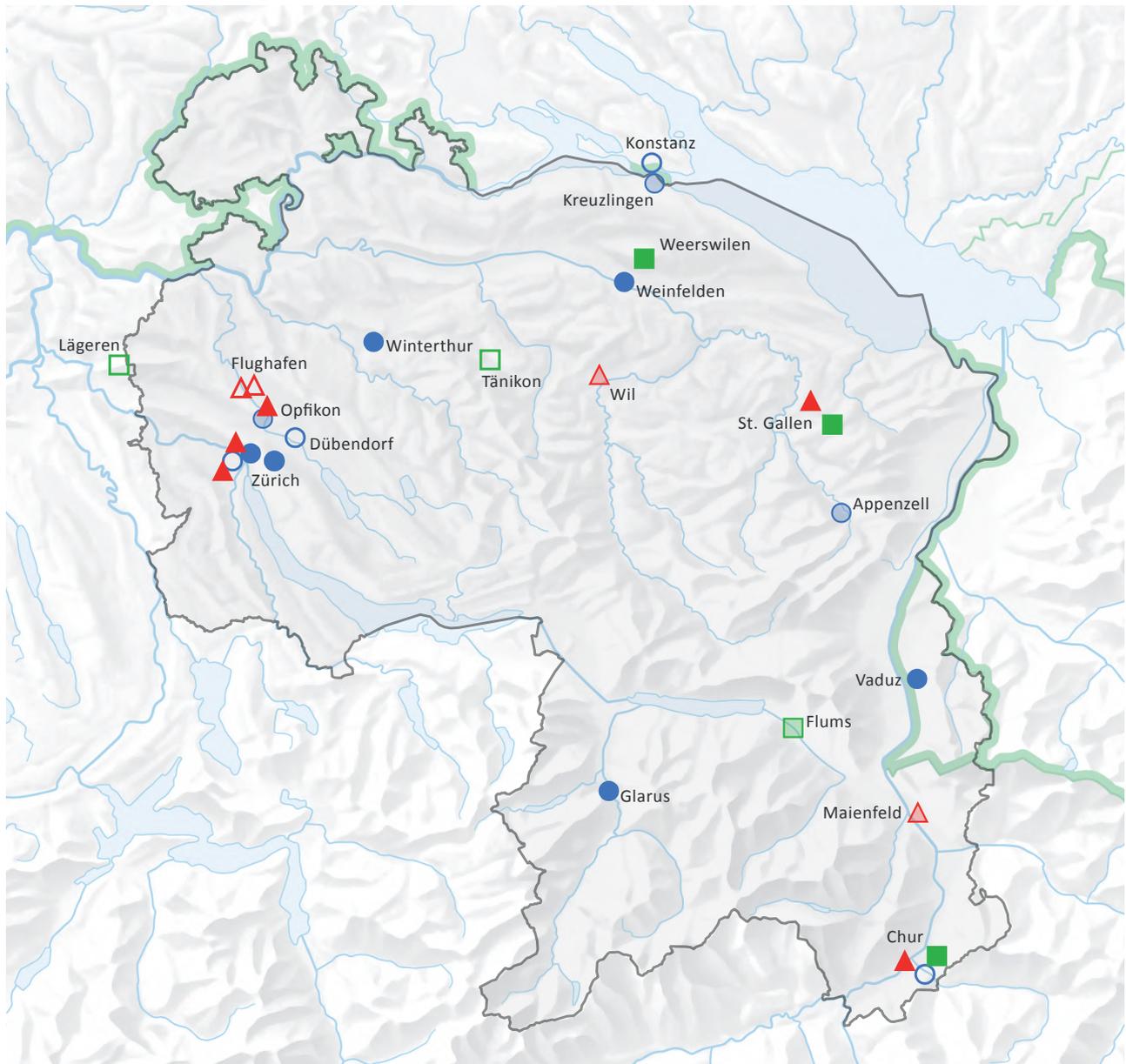
### Neues Messnetz seit 2014

OSTLUFT setzt an erster Stelle für die Messung der Leitschadstoffe Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ), Feinstaub  $\text{PM}_{10}$  und Ozon ( $\text{O}_3$ ) automatische Messstationen ein. Sie liefern Daten in hoher zeitlicher Auflösung, welche in Modellrechnungen eingehen und somit Informationen zur vorliegenden Schadstoffbelastung im gesamten OSTLUFT-Gebiet liefern. Die aktuelle Belastung wird umgehend auf der Website veröffentlicht. Zusätzlich dient der Einsatz von günstigen  $\text{NO}_2$ -Passivsammlern zur räumlichen Differenzierung der lokalen Stickstoffdioxid-Belastung und zur Verbesserung der flächendeckenden Modellierung für  $\text{NO}_2$ -Karten. In Ergänzung zu den Standardmessungen werden Ammoniak-Passivsammler eingesetzt, die Informationen über die Luftbelastung aus der Landwirtschaft liefern.

An den OSTLUFT-Stationen mit  $\text{PM}_{10}$ -Messungen wird stichprobenmässig auch Russ gemessen und daraus das Jahresmittel bestimmt.

Seit 2014 wird mit dem neuen Messkonzept 2012B (siehe Jahresbericht 2013) vermehrt auf flächendeckende Aussagen zur Luftqualität gesetzt. Das Ziel ist jederzeit Auskunft über die Schadstoffbelastung im gesamten OSTLUFT-Gebiet geben zu können. Daraus ergibt sich ein zusätzlicher Nutzen für die ganze Bevölkerung.





**Standorte mit automatischen Messungen 2016**

	Verkehr	Siedlung	Hintergrund
OSTLUFT Kernnetz	▲	●	■
OSTLUFT Projektstandorte	△	○	□
Partnerstandorte und Drittnetze	△	○	□

**Bild: Messstation Opfikon Balsberg (ZH).**



**Je nach PM10- und Russ-Belastung sind die Feinstaubfilter nach 24 Stunden Bestäubung unterschiedlich geschwärzt. Je dunkler die Filter, desto grösser ist die Belastung.  
Bild: belegter Feinstaubfilter mit Halterung.**



## Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>1</b>
<b>Luftqualität 2016 – Unterschiedliche Erfolge sind augenfällig</b>	<b>2</b>
<b>Ursachensuche für weniger Feinstaub in der Luft</b>	<b>8</b>
<b>Dem Täter auf der Spur – Quellen der organischen Feinstaubanteile</b>	<b>10</b>
<b>Luftbelastung in Braunwald (GL)</b>	<b>12</b>
<b>Luftlabor an der A13 in Maienfeld (GR)</b>	<b>14</b>
<b>Folgen erhöhter Stickstoffdeposition – Stilles Sterben, schleichendes Verschwinden</b>	<b>16</b>
<b>Von der Nordsee zu OSTLUFT</b>	<b>22</b>
<b>Übersichtstabelle der automatischen Messstationen</b>	<b>24</b>
<b>OSTLUFT und ihr Messnetz</b>	<b>26</b>



**Jahres**