Luftqualität 2025

Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL)

Empa
Materials Science and Technology

Luftqualität 2025

Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL)

Herausgegeben von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Empa
Dübendorf, 2026

Impressum

Herausgeber
Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa)

Auskunfts- und Kontaktstelle
Empa
Abteilung Luftfremdstoffe und Umwelttechnik
CH-8600 Dübendorf
Telefon +41 58 765 11 11
portal@empa.ch | *www.empa.ch*

Gestaltung
Abteilung Luftfremdstoffe und Umwelttechnik
Redaktion
Abteilung Luftfremdstoffe und Umwelttechnik
Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien des BAFU
Titelbild
NABEL-Station Kasernenareal
Foto: Julian Gisler
Die Originalsprache ist Deutsch.

© Empa 2026

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung		**5**
Résumé		**6**
1	**Luftbelastung in der Schweiz 2025**	**7**
1.1	Vergleich mit Immissionsgrenzwerten	7
1.2	Räumliche Verteilung der Luftbelastung	8
2	**Luftbelastung an den NABEL-Stationen 2025**	**10**
2.1	Vergleich mit Immissionsgrenzwerten	10
3	**Entwicklung und Auswirkungen**	**12**
3.1	Entwicklung der Luftbelastung	12
3.2	Auswirkung der Luftbelastung	13
4	**Luftschadstoffe**	**14**
4.1	Feinstaub und seine Zusammensetzung	14
4.2	Ozon	16
4.3	Stickstoffverbindungen	18
4.4	Schadstoffe im Niederschlag	19
4.5	Weitere gasförmige Luftschadstoffe	20
4.6	Treibhausgase	21
5	**Ausblick**	**24**
Anhang		**26**

Zusammenfassung

Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) bildet eine wichtige Grundlage für die Beurteilung der Luftqualität in der Schweiz. Es wird gemeinsam vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) und der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) betrieben und liefert langjährige Messdaten zu Luftschadstoffen und klimarelevanten Spurengasen. Die qualitativ hochstehenden Messungen ermöglichen es, den aktuellen Zustand der Luftqualität aufzuzeigen, deren Entwicklung zuverlässig zu dokumentieren und die Wirksamkeit von Luftreinhaltemassnahmen zu beurteilen.

Die Luftqualität in der Schweiz hat sich in den vergangenen 40 Jahren kontinuierlich verbessert. Die Messungen des NABEL belegen damit den Erfolg der Luftreinhaltepolitik von Bund, Kantonen und Gemeinden. Heute wird die Mehrzahl der Immissionsgrenzwerte zum Schutz von Gesundheit und Umwelt eingehalten.

Dieser Bericht dokumentiert anhand der Messungen des NABEL sowie der kantonalen und kommunalen Messnetze den Zustand der Luft in der Schweiz im Jahr 2025. Die Messungen von 2025 bestätigen das gute Niveau der Luftqualität und setzen den langjährigen Trend rückläufiger Luftschadstoffbelastungen fort. So werden beispielsweise die Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid seit 2022 an allen NABEL-Stationen eingehalten. Eine Ausnahme bildet jedoch weiterhin Ozon, dessen Immissionsgrenzwerte im Sommer nach wie vor flächendeckend überschritten werden. Im Jahr 2025 wurden an einigen kantonalen und kommunalen Messstationen neben Ozon auch Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte für Feinstaub (PM2.5 und PM10) registriert.

Die Messungen des Jahres 2025 zeigen neben dieser sehr positiven Entwicklung der Luftqualität auch, dass in der Luftreinhaltung weiterhin Handlungsbedarf besteht, um die verbleibenden Belastungen zu reduzieren und die langfristigen Ziele des Gesundheits- und Umweltschutzes zu erreichen. Ozon, Feinstaub und stickstoffhaltige Luftschadstoffe wirken sich nach wie vor schädlich auf die Gesundheit und die Ökosysteme aus. Eine Reduktion der Immissionen auf das von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlene Niveau würde einen erheblichen Nutzen für die Gesundheit bringen. Deshalb bleibt eine konsequente Luftreinhaltepolitik mit Massnahmen zur weiteren Verminderung der Schadstoffemissionen erforderlich.

Die Bedeutung der NABEL-Messungen bleibt daher unverändert hoch. Nur kontinuierliche und über lange Zeiträume vergleichbare Messungen ermöglichen es, Veränderungen der Luftqualität zuverlässig zu erkennen und zu dokumentieren. Die Messungen des NABEL bilden die Grundlage für die Bewertung von Massnahmen, die Weiterentwicklung der Luftreinhaltepolitik sowie die Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Luftqualität, Klima und Gesundheit.

Résumé

Le Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) constitue une base essentielle pour l'évaluation de la qualité de l'air en Suisse. Exploité conjointement par l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) et le Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche (Empa), il fournit des séries de mesures à long terme sur les polluants atmosphériques et les gaz à l'état de traces influençant le climat. Ces mesures de haute qualité permettent de décrire l'état actuel de la qualité de l'air, d'en documenter de manière fiable l'évolution et d'évaluer l'efficacité des mesures de lutte contre la pollution atmosphérique.

La qualité de l'air en Suisse s'est continuellement améliorée au cours des quarante dernières années. Les mesures du NABEL attestent ainsi du succès de la politique de protection de l'air mise en œuvre par la Confédération, les cantons et les communes. Aujourd'hui, la majorité des valeurs limites d'immission destinées à protéger la santé et l'environnement sont respectées.

Le présent rapport documente l'état de l'air en Suisse en 2025 sur la base des mesures du NABEL ainsi que de celles des réseaux de mesure cantonaux et communaux. Les mesures réalisées en 2025 confirment le bon niveau de qualité de l'air et prolongent la tendance observée depuis de nombreuses années à la diminution des concentrations de polluants atmosphériques. Ainsi, les valeurs limites d'immission pour le dioxyde d'azote sont respectées dans toutes les stations du NABEL depuis 2022. L'ozone constitue toutefois toujours une exception, ses valeurs limites d'immission étant encore dépassées de manière généralisée durant l'été. En 2025, des dépassements des valeurs limites d'immission pour les particules fines (PM2.5 et PM10) ont également été enregistrés, en plus de l'ozone, dans certaines stations de mesure cantonales et communales.

Les mesures de l'année 2025 montrent, parallèlement à cette évolution très positive de la qualité de l'air, qu'il reste nécessaire de poursuivre les efforts en matière de protection de l'air afin de réduire les pollutions résiduelles et d'atteindre les objectifs à long terme en matière de santé et de protection de l'environnement. L'ozone, les particules fines et les polluants atmosphériques azotés continuent d'avoir des effets nocifs sur la santé humaine et les écosystèmes. Une réduction des concentrations jusqu'aux niveaux recommandés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) apporterait des bénéfices considérables pour la santé. Il demeure donc indispensable de maintenir une politique cohérente de protection de l'air assortie de mesures visant à réduire davantage les émissions de polluants.

L'importance des mesures du NABEL reste ainsi inchangée. Seules des mesures continues et comparables sur de longues périodes permettent de détecter et de documenter de manière fiable les évolutions de la qualité de l'air. Les mesures du NABEL constituent la base de l'évaluation des mesures de protection de l'air, du développement de la politique de lutte contre la pollution atmosphérique ainsi que de l'étude des interactions entre qualité de l'air, climat et santé.

1 Luftbelastung in der Schweiz 2025

Die Luftqualität in der Schweiz wird durch lufthygienische Messungen des Bundes, der Kantone und einiger Städte ermittelt. Die Daten all dieser Messstationen können zur Beurteilung der Luftqualität herangezogen werden, um einen gesamtschweizerischen Überblick zu erhalten.

1.1 Vergleich mit Immissionsgrenzwerten

Die Luftqualität in der Schweiz wird anhand der Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung beurteilt. Abb. 1 zeigt die Schadstoffkonzentrationen, wie sie an den Schweizer Messstationen von Bund, Kantonen und Städten gemessen wuden, im Vergleich zu den Immissionsgrenzwerten. Beim Stickstoffdioxid wurde im letzten Jahr an allenMessstationen sowohl der Jahresmittelgrenzwertals auch der 24h-Immissionsgrenzwert eingehalten.

Beim Feinstaub PM10 hingegen wurde der Tagesmittel grenzwert an einigen Standorten mehr als die erlaubten dreimal überschritten, wobei die Waldbrände in Kanada und Saharastaubereignisse dazu beitrugen. Der Jahresmittelwert für PM10 wurde an den meisten Standorten eingehalten, während er für PM2.5 an vielen Standorten überschritten wurde.

Die Grenzwerte für Ozon wurden an allen Standorten überschritten.

Die Immissionsgrenzwerte für die Jahresmittel von Schwefeldioxid, Staubniederschlag, Schwermetallen im Feinstaub und Schwermetalldeposition sowie auch für das Tagesmittel von Kohlenmonoxid wurden fast überall in der Schweiz eingehalten oder sogar deutlich unterschritten.

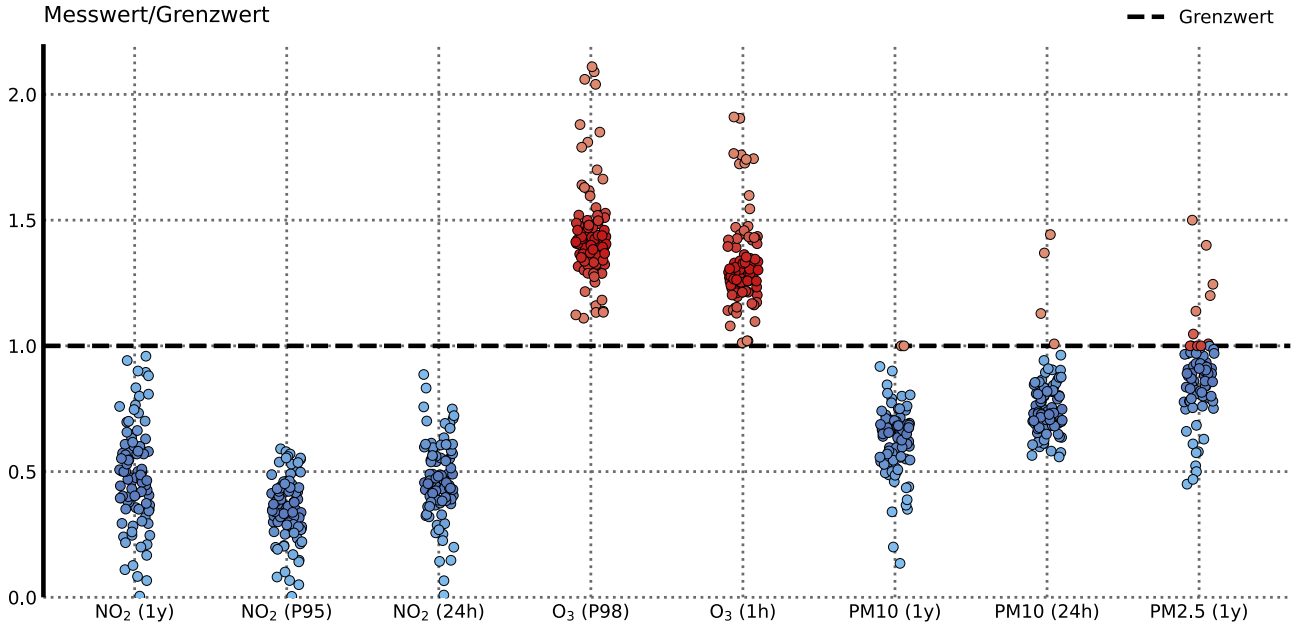

Abb. 1: Vergleich der gemessenen Luftbelastung mit den Immissionsgrenzwerten für das Jahr 2025

Quotient aus der im Jahr 2025 gemessenen Konzentration und dem jeweiligen Immissionsgrenzwert für Luftschadstoffe. Verwendet wurden Daten der Messstationen von Bund, Kantonen und Städten. Bei Tagesmittel- und Stundenmittelgrenzwerten ist eine Überschreitung (beim PM10 drei Überschreitungen) pro Jahr erlaubt. Deshalb wurde der zweithöchste, bzw. der vierthöchste Messwert zum Vergleich mit dem Grenzwert benutzt. Schadstoffe: Stickstoffdioxid (NO_2), Ozon (O_3), Feinstaub (PM10 und PM2.5). Kenngrössen: Perzentilwerte der Halbstundenmittel (P95, P98), Stundenmittel (1h), Tagesmittel (24h) und Jahresmittelwerte (1y).

1.2 Räumliche Verteilung der Luftbelastung

Aus den gemessenen Schadstoffkonzentrationen und aus modellierten Schadstoffkarten kann die räumliche Verteilung der Luftschadstoffe abgeleitet werden.

Stickstoffdioxid
Abb. 2 zeigt die räumliche Verteilung der Jahresmittel 2025 von Stickstoffdioxid. Die Grenzwerte für den Schadstoff Stickstoffdioxid wurden in den städtischen und vorstädtischen Gebieten nur noch an Hauptverkehrsstrassen überschritten. Abseits der Hauptverkehrsstrassen lagen die Konzentrationen von Stickstoffdioxid in der Regel unter dem Grenzwert. Im ländlichen Raum wurden die Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid, mit Ausnahme von Korridoren entlang der Autobahnen, eingehalten. Wegen der Mittelung über einzelne Zellen des Modellgitters können Spitzenwerte nahe bei Emissionsquellen, wie stark befahrenen Strassen, nicht adäquat dargestellt werden.

Feinstaub
Abb. 3 zeigt die räumliche Verteilung der Jahresmittel 2025 von Feinstaub (PM2.5). Die Konzentration von lungengängigem Feinstaub lag in den Städten gebietsweise über dem Immissionsgrenzwert und auf dem Land meistens darunter. Die höchsten Konzentrationen wurden im Tessin gemessen. Der Stadt-Land-Gegensatz ist beim PM2.5 weniger stark ausgeprägt als beim Stickstoffdioxid. Zwei Ursachen sind dafür verantwortlich. Erstens besteht mehr als die Hälfte der PM2.5-Belastung aus sekundär gebildeten Feinstaubpartikeln (sekundären Aerosolen), die erst abseits der Quellen aus Vorläuferschadstoffen in der Atmosphäre gebildet werden. Solche sekundären Komponenten sind: Sulfat aus Schwefeldioxid, Nitrat aus Stickoxiden, Ammonium aus Ammoniak und organische Feinstaubkomponenten aus flüchtigen organischen Verbindungen. Als zweite Ursache ist der grossräumige Transport von Feinstaub zu nennen. Die sekundäre Bildung von Feinstaubpartikeln sowie deren grossräumiger Transport führen zu einer homogenen räumlichen Verteilung.

Ozon
Die Belastung durch den Schadstoff Ozon lag im Jahr 2025 während Sommersmoglagen in der ganzen Schweiz flächendeckend und zum Teil erheblich über den Grenzwerten. Für die Beurteilung der Ozonbelastung dient auch der 98-Perzentilwert der Halbstundenmittelwerte des ozonreichsten Sommermonats, für welchen ein Grenzwert von 100 µg/m^3 festgelegt ist. Er gibt an, welcher Ozonwert während 15 Stunden eines Monats überschritten wird. Dieser Grenzwert wurde im überwiegenden Teil der Schweiz deutlich überschritten. Entlang von Strassen wurden zum Teil niedrigere Ozonwerte gemessen, da das hier emittierte Stickstoffmonoxid das Ozon abbaut und dabei in Stickstoffdioxid umgewandelt wird. Die Stadtzentrums-Stationen mit den niedrigsten Ozonwerten sind aus diesem Grund gleichzeitig diejenigen Stationen mit den höchsten Stickstoffdioxidkonzentrationen.

Stickstoffverbindungen
Neben den Immissionsgrenzwerten der Luftreinhalte-Verordnung müssen in der Schweiz auch die kritischen Eintragsraten (Critical Loads) von Stickstoff in empfindliche Ökosysteme eingehalten werden. Die Parteien zur Genfer Konvention über die weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung der UNECE (United Nations Economic Commission for Europe) haben solche Critical Loads festgelegt, um Versauerung und Eutrophierung zu vermeiden. Um die Stickstoffeinträge zu bestimmen, werden Ammoniak und weitere Stickstoffverbindungen gemessen und die Stickstoffdeposition modelliert. Für einen Grossteil der naturnahen Ökosysteme in der Schweiz ist der Stickstoffeintrag weiterhin zu hoch. Dadurch wird die Biodiversität in diesen Gebieten gefährdet.

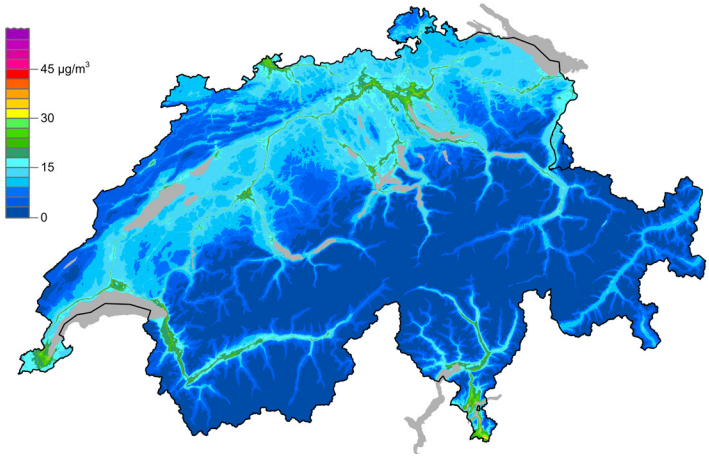

Abb. 2: Karte der Jahresmittel von Stickstoffdioxid für das Jahr 2025 (Grenzwert 30 µg/m³)

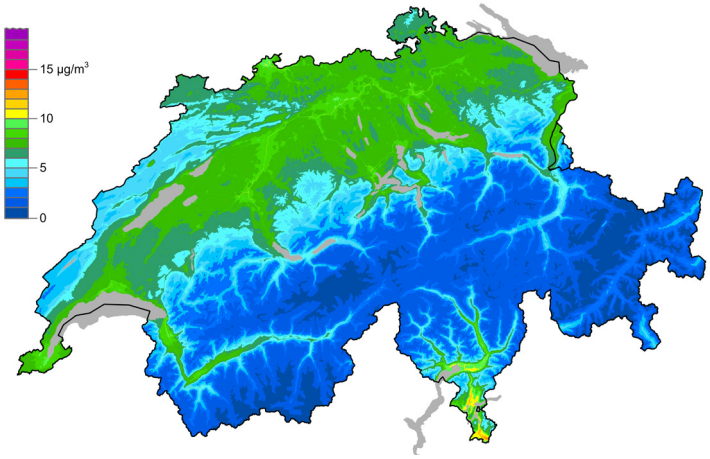

Abb. 3: Karte der Jahresmittel von Feinstaub (PM2.5) für das Jahr 2025 (Grenzwert 10 µg/m³)

2 Luftbelastung an den NABEL-Stationen 2025

Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) misst die Luftverschmutzung an 16 Standorten in der Schweiz. Die Stationen messen die Belastung an typischen Standorten wie Strassen im Stadtzentrum, Wohngebiet oder ländlichen Gebieten. Eine detailliertere Beschreibung der NABEL-Stationen findet sich im Anhang.

2.1 Vergleich mit Immissionsgrenzwerten

Ein Vergleich ausgewählter NABEL-Messwerte des Jahres 2025 mit den Immissionsgrenzwerten der Luftreinhalte-Verordnung ist in Tabelle 1 dargestellt. Wie bei der Zusammenstellung aller Schweizer Messstationen sind auch an den NABEL-Stationen die Grenzwertüberschreitungen von Ozon ersichtlich. Keine der NABEL-Stationen ist in unmittelbarer Nähe einer grossen Industrieanlage platziert, sodass keine hohen Belastungen durch Schwefeldioxid oder Schwermetalle gemessen werden, wie sie an einzelnen kantonalen Messstationen gefunden werden.

An allen Stationen des NABEL wurden die Ozongrenzwerte überschritten, wobei die höchste Ozonbelastung im Tessin, an der Station Lugano gemessen wurde. Im Tessin wurde auch der höchste Stundenmittelwert von 218 µg/m^3 registriert, während auf der Alpennordseite der Spitzenwert bei 176 µg/m^3 lag. Der Jahresmittelgrenzwert für PM2.5 wurde auch dieses Jahr an allen Standorten des NABEL eingehalten. Auch der Tagesmittelgrenzwert für PM10 wurde wieder an allen NABEL-Standorten eingehalten. Die übrigen Grenzwerte der Luftreinhalteverordnung für weitere Schadstoffe wurden an allen NABEL-Stationen eingehalten. So lagen die gemessenen Werte von Schwefeldioxid, Kohlemonoxid und Schwermetallen deutlich unter den Immissionsgrenzwerten.

Standorttyp	Station	SO_2 JMW µg/m³	NO_2 JMW µg/m³	NO_2 d>IGW	O_3 P98 µg/m³	O_3 h>IGW	PM10 JMW µg/m³	PM10 d>IGW	PM2.5 JMW µg/m³
Städtisch, verkehrsbelastet	BER	–	21,0	0	**131**	**105**	16,9	0	10,0
	LAU	–	19,7	0	**135**	**106**	13,5	0	9,2
Städtisch	LUG	0,31	17,1	0	**185**	**498**	14,4	1	9,7
	ZUE	0,33	18,5	0	**148**	**250**	13,5	0	9,1
Vorstädtisch	BAS	0,67	13.8	0	**152**	**264**	13,5	0	9,5
	DUE	0,29	17,1	0	**146**	**232**	13,1	1	8,7
Ländlich, Autobahn	HAE	0,29	19,4	0	**144**	**172**	13,3	0	9,1
	SIO	–	22,5	0	**137**	**110**	16,1	1	8,0
Ländlich, unterhalb 1000 m	MAG	0,33	12,0	0	**163**	**301**	14,5	0	9,7
	PAY	0,09	8,8	0	**146**	**223**	11,2	0	7,8
	TAE	–	7,8	0	**147**	**215**	10,9	0	7,8
	BRM	–	6,3	0	**152**	**388**	9,2	0	–
Ländlich, oberhalb 1000 m	CHA	–	3,3	0	**151**	**461**	7,0	0	–
	RIG	0,24	3,8	0	**147**	**374**	6,8	0	4,5
	DAV	–	2,0	0	**111**	**3**	4,0	0	–
Hochgebirge	JUN	0,04	0,1	0	**116**	**6**	2,7	0	1,6
Immissionsgrenzwert		***30***	***30***	***1***	***100***	***1***	***20***	***3***	***10***

Tab. 1: Messwerte an den NABEL-Stationen für das Jahr 2025

Schadstoffe: Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffdioxid (NO_2), Ozon (O_3), Feinstaub (PM10 und PM2.5).

Statistische Kenngrössen: Jahresmittelwert (JMW), Anzahl Tagesmittel über dem Immissionsgrenzwert (d > IGW), Anzahl Stundenmittel über dem Immissionsgrenzwert (h > IGW), maximales monatliches 98-Perzentil der Halbstundenmittel (P98).

Fett markiert sind Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte.

3 Entwicklung und Auswirkungen

An den Messstationen des NABEL wird seit mehreren Jahrzehnten die Belastung durch Luftschadstoffe verfolgt. Für die meisten Schadstoffe konnte eine deutliche Abnahme der Belastung beobachtet werden. Da Luftschadstoffe die Gesundheit des Menschen, aber auch die Vegetation und Materialien schädigen können, ist die Verbesserung der Luftqualität äusserst positiv zu werten.

3.1 Entwicklung der Luftbelastung

Eine Übersicht über die mittlere Veränderung der Luftbelastung an den NABEL-Stationen seit dem Jahr 1988 gibt Abb. 4. Bei allen Schadstoffen ist eine Abnahme der Luftbelastung sichtbar. Bei den direkt emittierten Gasen wie Schwefeldioxid, Stickoxiden, flüchtigen organischen Verbindungen und Kohlenmonoxid ist eine markante Abnahme der Konzentrationen über die letzten Jahrzehnte sichtbar. In der Atmosphäre durch chemische Prozesse gebildete Substanzen wie Stickstoffdioxid und Ozon haben weniger stark abgenommen als ihre Vorläufersubstanzen. Dies kann durch die komplexen Zusammenhänge der Atmosphärenchemie erklärt werden. Bei Ozon sind zwar die allerhöchsten Werte zurückgegangen, nicht aber die mittlere Belastung. Wie Abb. 4 zeigt, haben die Konzentrationen von Feinstaub und darin enthaltenen Schwermetallen seit Ende der 1980er-Jahre ebenfalls deutlich abgenommen. Heute ist rund achtzigmal weniger Blei im Feinstaub enthalten als vor dreissig Jahren. Die Deposition von Staub und die Deposition von Schwermetallen sind ebenfalls rückläufig. Der Sulfatgehalt im Niederschlag ging ebenfalls deutlich zurück, während die Abnahme der reaktiven Stickstoffverbindungen Nitrat und Ammonium deutlich geringer war.

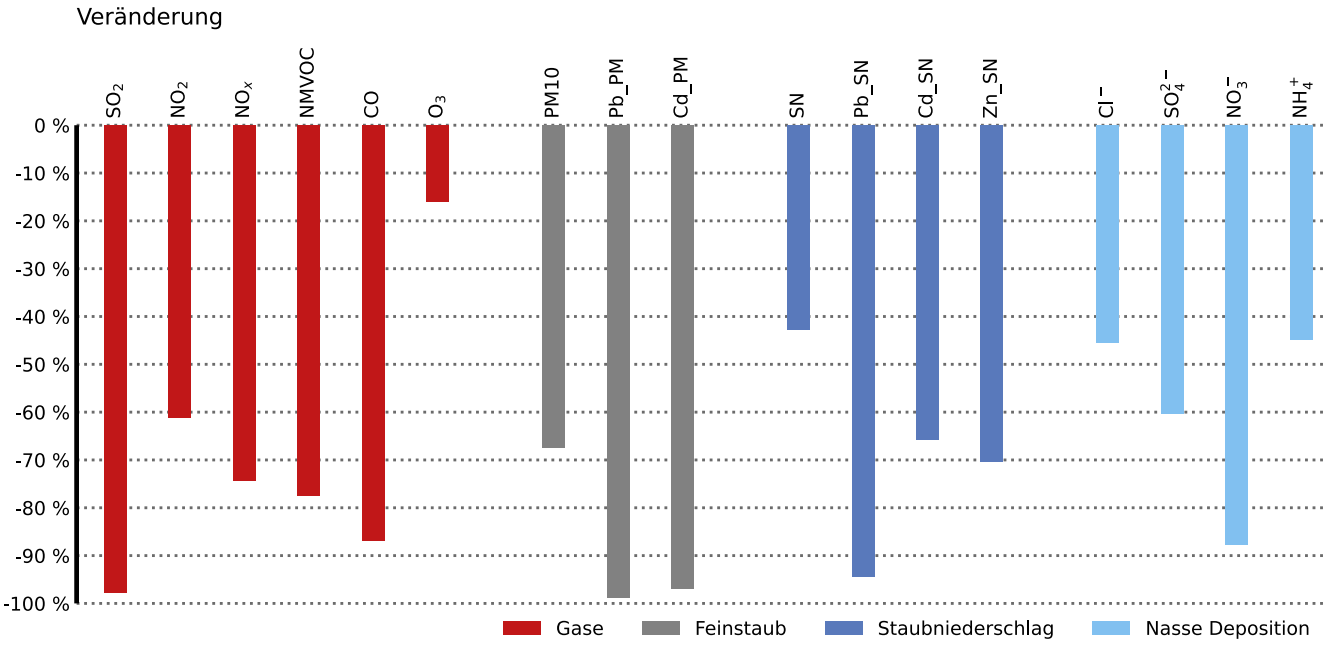

Abb. 4: Veränderung der Luftbelastung von 1988 bis 2025

Die Messdaten der NABEL-Stationen (ohne Davos und Jungfraujoch) mit durchgehenden Messreihen wurden gemittelt und die Abnahme durch Anpassen eines exponentiellen Modells bestimmt. Schadstoffe: Schwefeldioxid (SO_2), Stickstoffdioxid (NO_2), Stickoxide (NO_x), flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC), Kohlenmonoxid (CO), Ozon (O_3), Feinstaub (PM10), Blei im PM10 (Pb_PM10), Cadmium im PM10 (Cd_PM10), Staubniederschlag (SN), Blei im SN (Pb_SN), Cadmium im SN (Cd_SN), Chlorid im Niederschlag (Cl^-), Sulfat im Niederschlag (SO_4^{2-}), Nitrat im Niederschlag (NO_3^-), Ammonium im Niederschlag (NH_4^+).

3.2 Auswirkung der Luftbelastung

Die Luftverschmutzung ist eine nachweisliche Ursache für Krankheiten und vorzeitige Todesfälle. Luftschadstoffe können beim Menschen auch bei den in der Schweiz auftretenden Konzentrationen gesundheitsschädigende Wirkungen hervorrufen. Je nach Schadstoff sind einzelne Organe stärker betroffen. Erhöhte Schadstoffbelastungen bewirken eine Verkürzung der Lebenserwartung aufgrund von Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen einschliesslich Lungenkrebs. Erfreulicherweise schätzen Studien aus den USA, dass die Reduktion der Feinstaubbelastung in den 1980er- und 1990er-Jahren zu rund 15 % der dort beobachteten Erhöhung der Lebenserwartung beigetragen hat.

Feinstaub wirkt sich direkt auf die Atemwege aus. Feinstaubpartikel mit einem Durchmesser von 10 µm gelangen bis in die Bronchien, feinere Partikel bis in die tiefsten Atemwege, die Alveolen. Dort können die Schadstoffe entzündliche Reaktionen hervorrufen, die sich durch Husten und Auswurf äussern. Wissenschaftliche Studien zeigen zudem, dass Feinstaub ein wichtiger Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen ist.

Stickstoffdioxid führt zu Entzündungserscheinungen in den Atemwegen und verstärkt die Reizwirkung von Allergenen. Nimmt die Stickstoffdioxid-Belastung der Aussenluft kurzfristig zu, werden in dieser Zeit die Sterbefälle und Spitaleintritte wegen Atemwegserkrankungen häufiger und es treten mehr Herzrhythmusstörungen auf. Beim Ozon stehen akute Wirkungen im Vordergrund. Es sind dies – je nach Konzentration und Dauer der Belastung – Reizungen von Augen, Nase, Hals und tieferen Atemwegen, Enge und Druck auf der Brust sowie Husten. Ferner werden die Lungenfunktion und die körperliche Leistungsfähigkeit herabgesetzt und die Sterblichkeitsrate steigt.

Russ, Benzol, polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Cadmium, Blei und Asbest zählen zu den krebserregenden Luftschadstoffen. Diese sind für den Menschen bereits in kleinsten Mengen schädlich – eine unschädliche Schwellenkonzentration gibt es nicht. In Städten und Ballungsgebieten tragen Dieselrusspartikel am meisten zum luftschadstoffbedingten Krebsrisiko bei.

Die schweizerischen Studien SAPALDIA und SCARPOL haben gezeigt, dass sich die Gesundheit von Erwachsenen und Kindern rasch verbessert, wenn der Schadstoffgehalt der Luft abnimmt. Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität haben also einen messbaren positiven Einfluss auf die Gesundheit der Bevölkerung.

Zusätzlich trägt die Luftverschmutzung zur Schwächung und zur Destabilisierung empfindlicher Ökosysteme bei. Die sommerliche Ozonbelastung führt periodisch zu sichtbaren Schäden an den Blättern von Laubbäumen, Sträuchern und Kulturpflanzen und kann das Wachstum und die Vitalität empfindlicher Pflanzenarten beeinträchtigen. Gemäss einer Studie der Agroscope liegen die durchschnittlichen Ernteausfälle für Weizen in der Schweiz bei rund 3 %, können aber je nach Standort und Jahr auch mehr als 10 % betragen. Stickstoffhaltige Luftschadstoffe (Stickoxide und Ammoniak) bewirken eine erhöhte Stickstoffdeposition, die zur Überdüngung empfindlicher Ökosysteme und der Bodenversauerung beiträgt. Dies beeinträchtigt den Nährstoffhaushalt und das Wachstum von Pflanzen und führt zu einer Verarmung der Artenvielfalt. In ursprünglich nährstoffarmen Ökosystemen wie z. B. artenreiche Naturwiesen und Trockenrasen, alpine Heiden sowie Hoch- und Flachmoore führt die hohe Stickstoffverfügbarkeit zur Verdrängung von typischen Pflanzenarten.

Gebäudeschäden werden vor allem durch Säuren (gebildet aus Schwefeldioxid und Stickstoffdioxid) verursacht. Russ führt zu einer Verschmutzung von Oberflächen. Diese Schadstoffe haben in der Schweiz in den letzten Jahrzehnten stark abgenommen. Organische Materialien wie Farbstoffe, Lacke, Gummi, Kunststoffe oder Textilfasern können durch Photooxidantien wie Ozon angegriffen und ausgebleicht werden. Durch die Luftverschmutzung können auch Kulturdenkmäler beschädigt werden.

4 Luftschadstoffe

4.1 Feinstaub und seine Zusammensetzung

Feinstaub: PM10 und PM2.5

Partikelförmige Schadstoffe in der Atmosphäre kommen in sehr unterschiedlicher Grösse vor. TSP bezeichnet den gesamten luftgetragenen Staub, PM10 die Partikel kleiner als 10 Mikrometer und PM2.5 die Partikel kleiner als 2,5 Mikrometer. Aus lufthygienischer Sicht interessiert insbesondere der lungengängige Feinstaub, daneben wird aber auch der grobkörnige Sedimentstaub als Staubniederschlag gemessen. Die Zusammensetzung der Stäube ist sehr variabel. Sie können zahlreiche anorganische (z. B. Schwermetalle, Sulfat, Nitrat) und organische Verbindungen (z. B. polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe) enthalten. Zu den Stäuben zählen auch Russpartikel, die vorwiegend aus Kohlenstoff bestehen.

Feine schwebefähige Staubpartikel, einschliesslich des lungengängigen Anteils, werden als Feinstaub (PM10) gemessen. Feinstaub besteht aus primären, direkt als Teilchen emittierten Anteilen und aus sekundären Bestandteilen, welche sich erst in der Luft durch chemische und physikalische Prozesse aus gasförmigen Vorläufersubstanzen bilden.

In der Abb. 5 sind die PM10-Jahresmittelwerte dargestellt. Seit 1991 ist die PM10-Belastung zurückgegangen. Dieser Rückgang ist einerseits auf die Reduktion der sekundären Partikel (insbesondere Sulfat) und andererseits auf die Reduktion der primären Partikelemissionen zurückzuführen. In einzelnen Jahren, wie 2003 und 2006, führten häufige Inversionslagen auf der Alpennordseite zu einer erhöhten PM10-Belastung im Winter. Im vergangenen Jahr waren die PM10-Jahresmittelwerte möglicherweise wegen den grossflächigen Waldbränden in Kanada und Saharastaubereignissen leicht erhöht.

In Abb. 6 sind die PM2.5-Jahresmittelwerte dargestellt. Seit 1998 hat die Belastung durch PM2.5 um etwa 60 % abgenommen und liegt heute bei allen NABEL-Standorten unter 10 µg/m³. Abb. 7 zeigt den Anteil von PM2.5 am PM10. An den meisten Standorten liegt dieser bei rund 70 %. In städtischen Strassenschluchten mit hohem Verkehrsaufkommen ist der PM2.5-Anteil

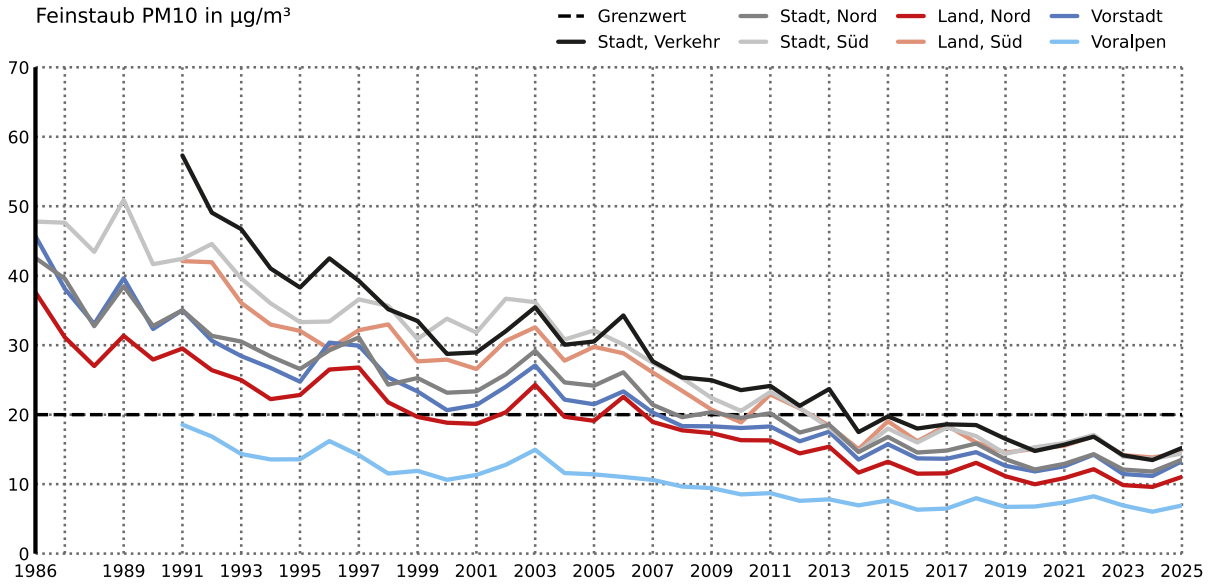

Abb. 5: Jahresmittel von Feinstaub (PM10)

Die an den einzelnen Stationen des NABEL gemessenen Konzentrationen sind in Gruppen mit ähnlicher Luftbelastung zusammengefasst. Die Werte vor 1997 wurden aus TSP-Messungen berechnet.

geringer, da dort viele gröbere Partikel aus Abrieb und Aufwirbelung zur Feinstaubbelastung beitragen, ebenso im trockenen Wallis, wo der Anteil von grobem Mineralstaub erhöht ist.

Bestandteile von PM10

Feinstaub, wie er in der Aussenluft über der Schweiz gemessen wird, besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher chemischer Komponenten. Als besonders gefährlich für die menschliche Gesundheit eingestuft werden unter anderem Schwermetalle, Russ und gewisse polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe wie das Benzo(a)pyren.

Russ

Abb. 8 zeigt eine sehr deutliche Abnahme der Russbelastung über die letzten Jahre. Entlang von stark befahrenen Strassen ist die Russbelastung deutlich grösser als im städtischen oder vorstädtischen Hintergrund. Dort bildet der Russ auch einen grösseren Anteil (rund 6 %) an der Massenkonzentration PM2.5 als an den anderen Standorten, wo der Anteil unter 5 % beträgt.

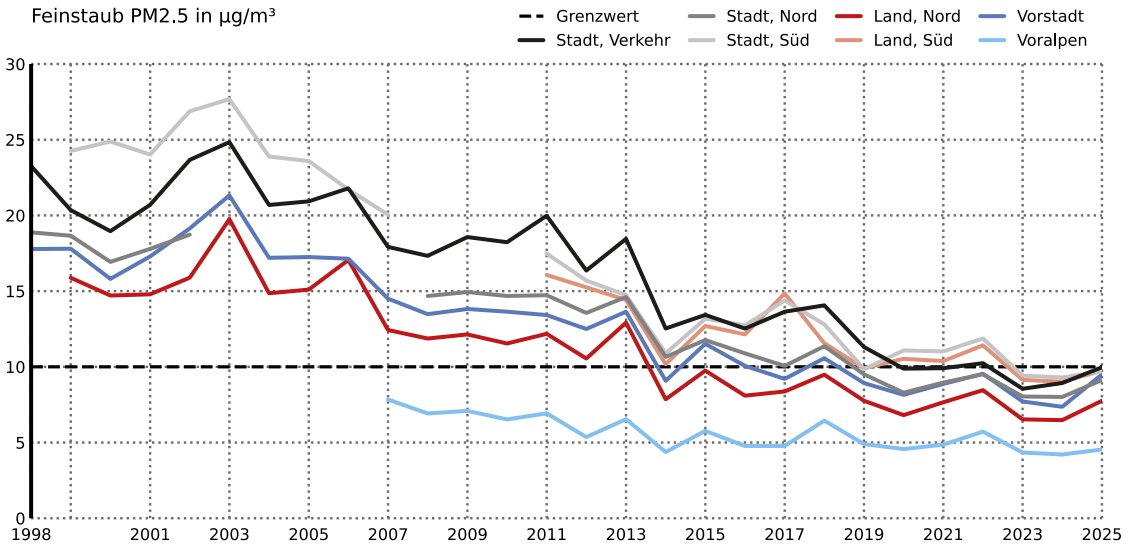

Abb. 6: Jahresmittel von Feinstaub (PM2.5)

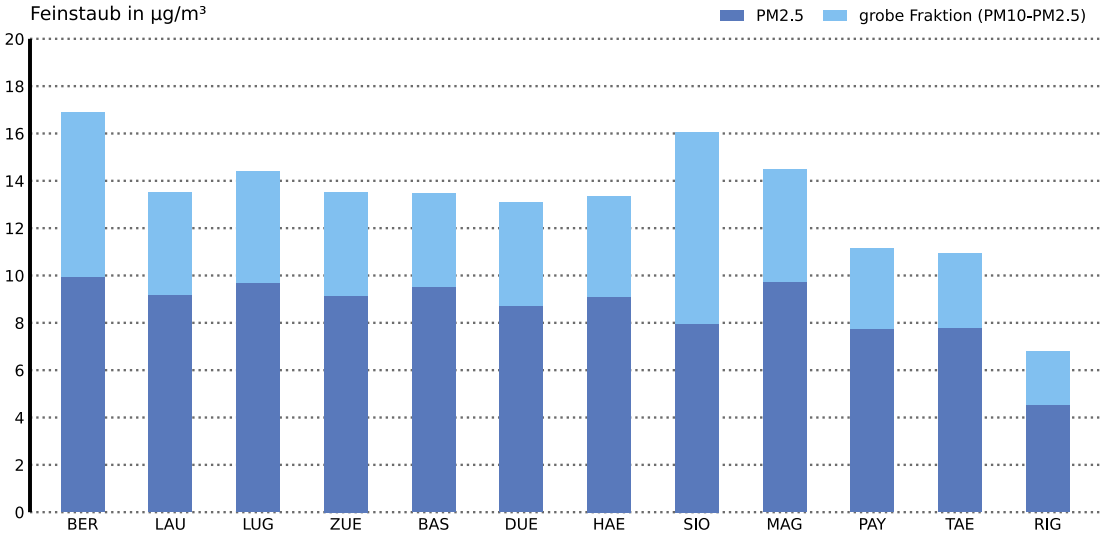

Abb. 7: Konzentrationen von PM2.5 und grober Fraktion im Jahr 2025

An zwölf NABEL-Stationen wird auch die Feinstaubfraktion PM2.5 gemessen. Weitere Angaben zu den einzelnen Stationen finden sich in Tabelle 2 im Anhang.

Benzo(a)pyren
Im NABEL-Messnetz hat die Konzentration von Benzo(a)pyren seit Messbeginn im Jahr 2006 abgenommen. An allen untersuchten NABEL-Standorten lag die Belastung in den letzten Jahren unter dem europäischen Zielwert von 1 ng/m³. Die höchsten Konzentrationen von Benzo(a)pyren wurden im ländlichen Gebiet der Alpensüdseite in Magadino-Cadenazzo mit 0,34 ng/m³ gemessen. Höhere Konzentrationen wurden an kantonalen Messstationen in Dörfern mit vielen Holz heizungen gemessen.

Schwermetallgehalt
Der Schwermetallgehalt im Feinstaub PM10 lag an allen NABEL-Standorten unter dem Immissionsgrenzwert. Ebenso sind die Immissionsgrenzwerte für die Gesamtdeposition der Schwermetalle an NABEL-Standorten seit Jahren eingehalten.

Ultrafeine Partikel
Eingeatmete ultrafeine Partikel (kleiner als 0,1 Mikrometer) können bis in das Lungengewebe eindringen, die Luft-Blut-Schranke überqueren, in den Blutkreislauf gelangen und Entzündungsreaktionen auslösen. An ausgewählten NABEL-Standorten wird seit 2005 die Anzahlkonzentration von ultrafeinen Partikeln gemessen (Abb. 9). Wie bei der Konzentration von PM10 (Abb. 5) und Stickstoffdioxid (Abb. 12) wurden die höchsten Werte in Verkehrsnähe gemessen, mit starken Schwankungen von Jahr zu Jahr.

4.2 Ozon

Ozon, ein farbloses Gas von etwas stechendem Geruch und geringer Löslichkeit in Wasser, ist eines der wichtigsten Spurengase in der Erdatmosphäre. Es spielt bei drei wichtigen Umweltproblemen eine zentrale Rolle: dem Sommersmog, dem Ozonloch und dem Treibhauseffekt.

Im Sommer kommt es zu übermässigen Konzentrationen von bodennahem Ozon. Das anthropogene Ozon in der Grundschicht der Atmosphäre entstammt nicht direkten Schadstoffquellen. Es wird erst in der Atmosphäre durch photochemische Reaktionen aus Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen gebildet. Die hohen Konzentrationen von bodennahem Ozon werden deshalb vor allem durch die anthropogenen Emissionen von Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen verursacht.

Ozon ist eines der stärksten Oxidationsmittel. Aus dieser Eigenschaft resultiert eine hohe Aggressivität gegen menschliche, tierische und pflanzliche Gewebe sowie Materialien. Es greift beim Menschen vor allem Atemwege und Lungengewebe an.

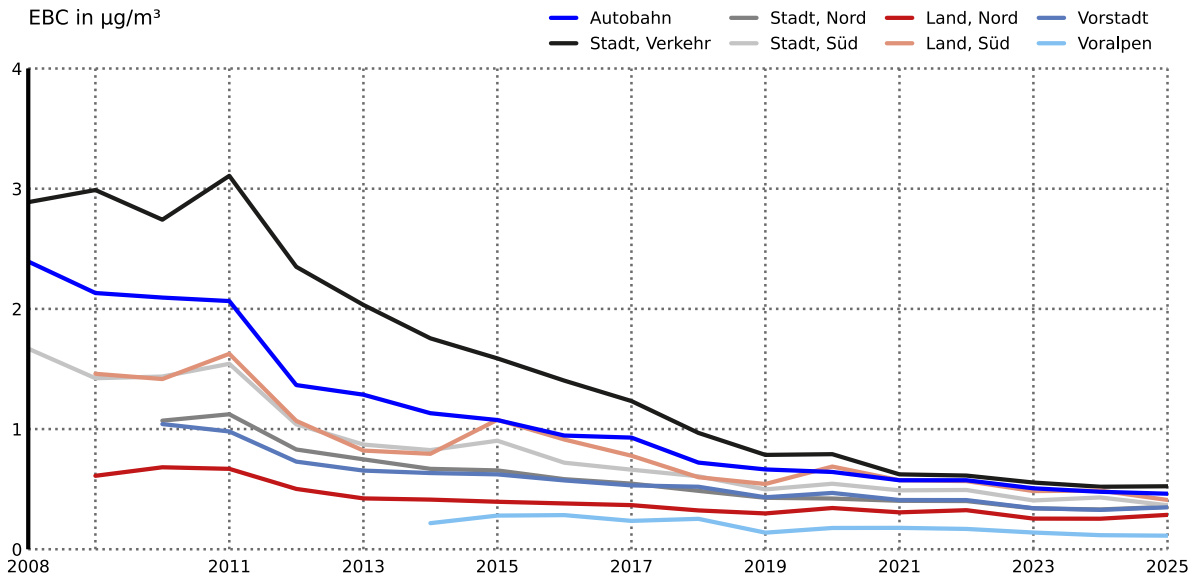

Abb. 8: Jahresmittel von Russ (EBC = equivalent black carbon)

Unter dem Stichwort «Ozonloch» wird der Abbau der Ozonschicht in den höheren Schichten der Atmosphäre (Stratosphäre: 10–50 km über der Erdoberfläche) diskutiert. Diese Ozonschicht schützt den Menschen und die Ökosysteme vor zu intensiver UV-Strahlung und wird durch die immer noch vorhandenen sehr langlebigen halogenierten organischen Verbindungen (z. B. FCKW) gefährdet.

Ozon absorbiert neben UV-Strahlung auch Infrarotstrahlung und wirkt deshalb in der Stratosphäre und in der Troposphäre als klimarelevantes Spurengas mit relativ kurzer Lebensdauer. Abb. 10 zeigt die Entwicklung der bodennahen Ozonbelastung anhand des maximalen monatlichen 98-Perzentilwertes.

In der ganzen Schweiz wurde der dafür festgelegte Immissionsgrenzwert von 100 µg/m³ immer noch deutlich überschritten, obwohl die Belastung durch Ozon über die letzten Jahrzehnte abgenommen hat. Ozon zeigt einen typischen Jahresgang, der sich grundlegend von den meisten anderen Schadstoffen unterscheidet. Die Darstellung der monatlichen 98-Perzentilwerte (Abb. 11) zeigt, dass die höchsten Werte im Sommer auftreten, da starke Sonneneinstrahlung die Ozonbildung begünstigt.

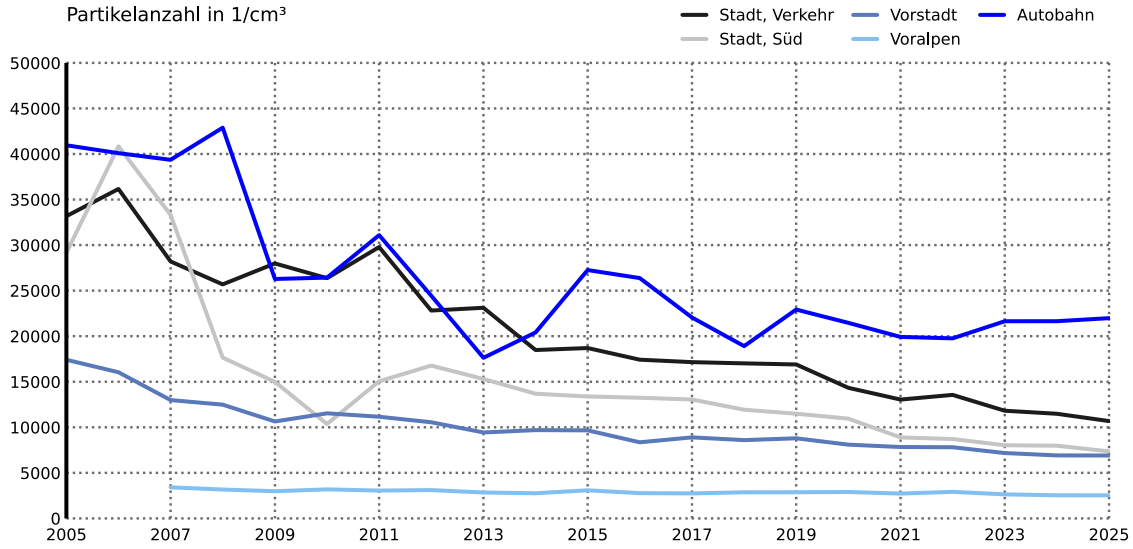

Abb. 9: Jahresmittel der Partikelanzahlkonzentration

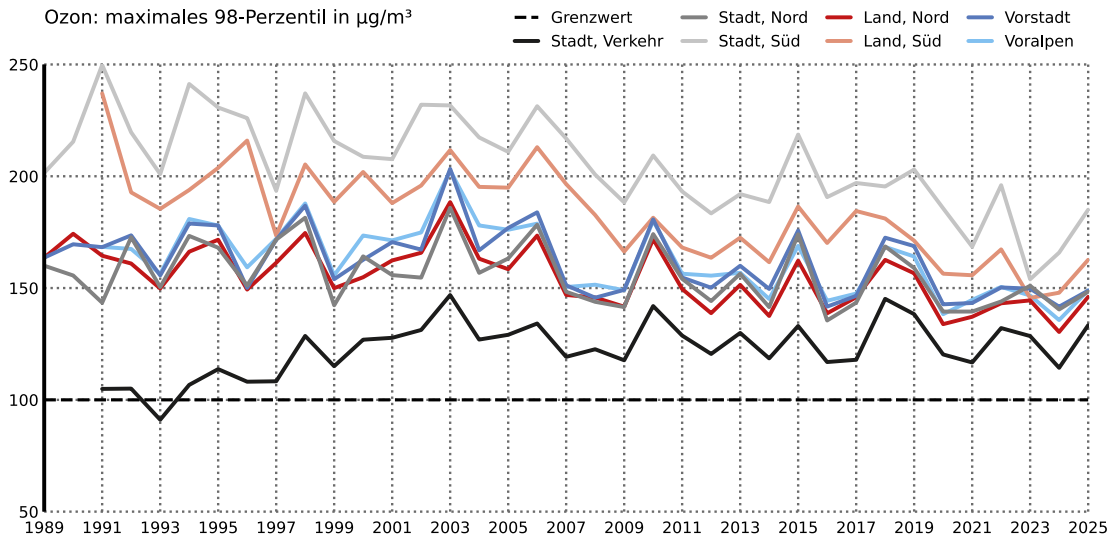

Abb. 10: Maximales monatliches 98-Perzentil der Halbstundenmittel von Ozon

4.3 Stickstoffverbindungen

Die aus lufthygienischer Sicht wichtigsten Stickstoffverbindungen in der Atmosphäre sind die beiden Verbindungen Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid. Die Summe beider Substanzen wird als Stickoxide bezeichnet. Stickstoffmonoxid ist ein farb- und geruchloses Gas. Stickstoffdioxid ist ein rötlichbraunes, in höheren Konzentrationen stechend riechendes Reizgas. Aus den Stickoxiden bildet sich auch Nitrat, welches zur Feinstaubbelastung beiträgt.

Die Stickoxid-Emissionen entstehen beim Verbrennen fossiler Brenn- und Treibstoffe, insbesondere bei hohen Verbrennungstemperaturen, aus dem atmosphärischen Stickstoff und Sauerstoff, sowie bei der Verbrennung von Biomasse aus dem darin enthaltenen Stickstoff. Die Stickoxide werden zu einem grossen Teil als Stickstoffmonoxid emittiert, welches in der Folge in der Atmosphäre relativ rasch in das giftigere Stickstoffdioxid umgewandelt wird.

Für die negativen Auswirkungen auf Menschen ist insbesondere das Stickstoffdioxid verantwortlich. Es begünstigt zusammen mit anderen Reizgasen Atemwegserkrankungen. Darüber hinaus sind die Stickoxide wichtige Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem Ozon und Feinstaub. Zusammen mit Ammoniak tragen sie auch zur Überdüngung von Ökosystemen bei.

Stickstoffdioxid
Die Entwicklung der Belastung durch Stickstoffdioxid ist in Abb. 12 gezeigt. An allen Standorten hat die Konzentration von Stickstoffdioxid in den letzten Jahrzehnten abgenommen. Sowohl der Jahresmittelgrenzwert als auch der Tagesmittelgrenzwert wurde im Jahr 2025 an allen NABEL-Standorten eingehalten (Tab. 1).

Ammoniak
Ammoniak stammt zum grössten Teil aus der Tierhaltung der Landwirtschaft und wird an drei NABEL-Stationen mit hoher Zeitauflösung gemessen. An weiteren Standorten wird mit Passivsammlern die Ammoniakkonzentration bestimmt. Die Belastung durch Ammoniak war an allen drei Standorten hoch (Abb. 13) im Vergleich zu den im Rahmen der Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung empfohlenen kritischen Konzentrationen (Jahresmittel, je nach Vegetationstyp 1 bis 3 µg/m³ Ammoniak). Die ausgeprägten Spitzen traten während Perioden mit Gülleausbringung auf.

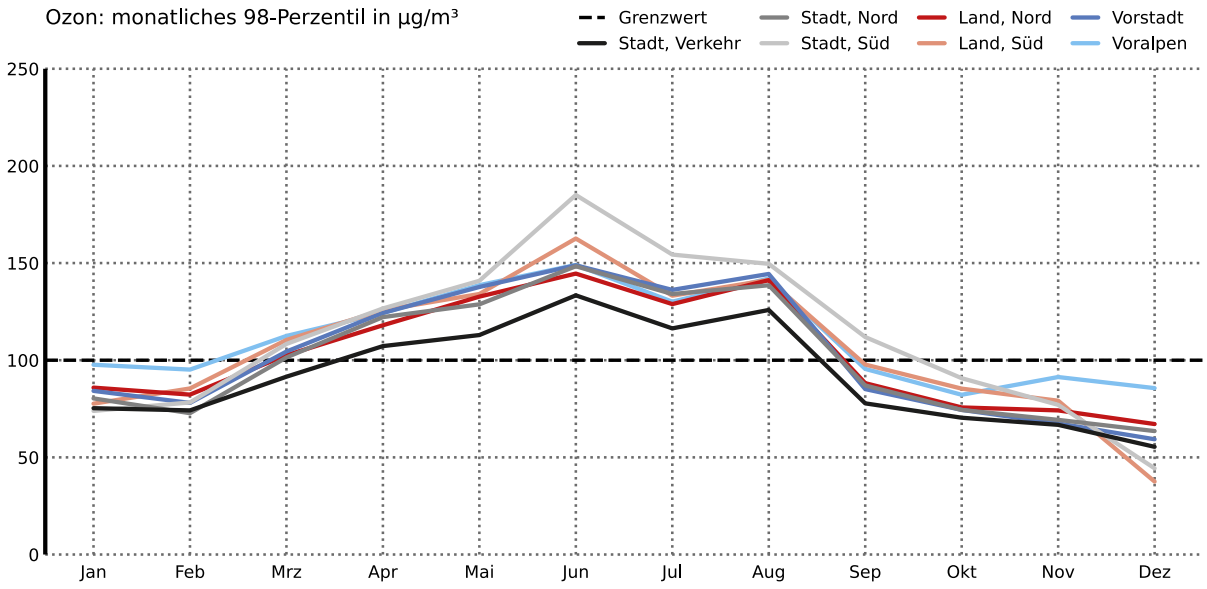

Abb. 11: Monatliche 98-Perzentilwerte der Halbstundenmittel von Ozon im Jahr 2025

4.4 Schadstoffe im Niederschlag

Die in die Atmosphäre emittierten primären Schadstoffe wie auch die durch Umwandlung in der Atmosphäre entstandenen sekundären Schadstoffe werden durch verschiedene Eliminationsprozesse wieder aus der Atmosphäre entfernt. Ein wichtiger Eliminationsprozess ist die nasse Deposition. Schadstoffe gelangen jedoch auch durch trockene Deposition (Sedimentation von Partikeln, Deposition von Gasen) und Interzeption (Trägheitsabscheidung von Nebeltröpfchen und Partikeln an Pflanzenoberflächen) zum Boden. Die relative Bedeutung der verschiedenen Depositionsprozesse ist von vielen Faktoren abhängig, von der betrachteten Komponente, von meteorologischen, atmosphärenchemischen und topographischen Faktoren sowie der Oberflächenbeschaffenheit (z. B. Pflanzenbewuchs). Die Analyse des Regenwassers gibt Aufschluss über einen Teil des Eintrags an Schadstoffen, die von der Atmosphäre in den Boden und in die Gewässer gelangen.

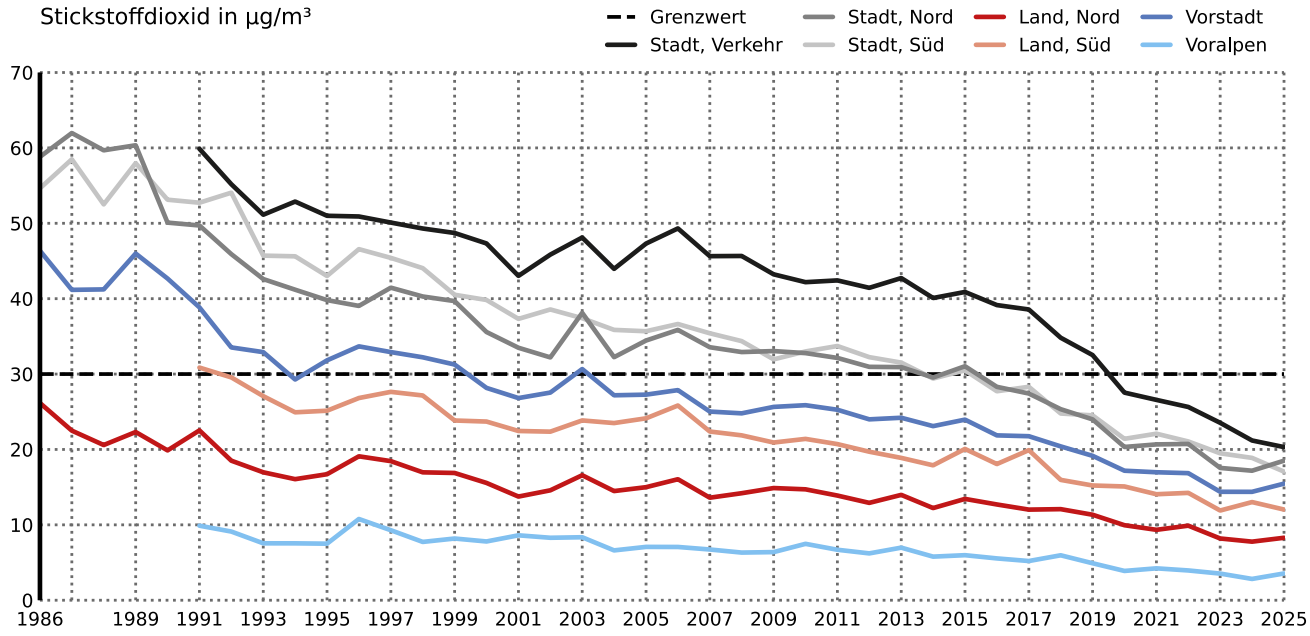

Abb. 12: Jahresmittel von Stickstoffdioxid

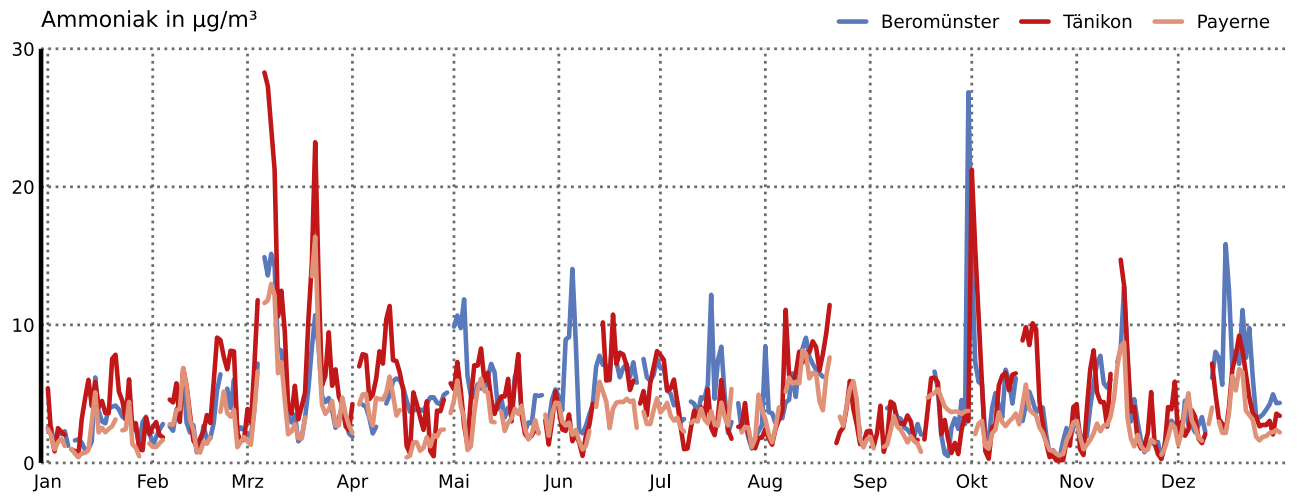

Abb. 13: Tagesmittel von Ammoniak im Jahr 2025

Ammoniak wird an drei ländlichen NABEL-Standorten kontinuierlich gemessen.

Dabei spielen einerseits der direkte und indirekte Säureeintrag für die Versauerung und andererseits der Stickstoffeintrag für die Eutrophierung empfindlicher Ökosysteme eine besonders wichtige Rolle.

Der pH-Wert ist ein Mass für die Wasserstoffionen-Konzentration (H+) und gibt an, wie sauer der Regen ist. Je tiefer der Wert, desto saurer ist der Regen. Der pH-Wert ergibt sich durch das Zusammenwirken der vom Regen aufgenommenen säurebildenden und basischen Verbindungen. In den letzten Jahrzehnten hat der pH-Wert deutlich zugenommen und der Niederschlag ist heute weniger sauer als in den 1980er-Jahren (Abb. 14). Dies ist wesentlich durch den Rückgang der Sulfatfracht bedingt (Abb. 15), welcher den starken Rückgang der Schwefeldioxidbelastung widerspiegelt. Die Jahresfrachten von reaktivem Stickstoff in der Form von Nitrat und Ammonium im Niederschlag haben in den letzten Jahrzehnten weniger stark, beziehungsweise kaum abgenommen (Abb. 16 und 17).

4.5 Weitere gasförmige Luftschadstoffe

Schwefeldioxid

Schwefeldioxid ist ein farbloses, in höheren Konzentrationen stechend riechendes, gut wasserlösliches Reizgas. Es entsteht vor allem beim Verbrennen schwefelhaltiger Brenn- und Treibstoffe. Das Maximum der Schwefeldioxidemissionen wurde 1980 erreicht. Die Emissionen sind seither auf weniger als ein Zehntel des damaligen Maximalwertes zurückgegangen. Es ist eine wichtige Vorläufersubstanz für die Bildung von sauren Niederschlägen, da aus Schwefeldioxid in der Atmosphäre Sulfat gebildet werden kann. Die Konzentration von Schwefeldioxid hat in den letzten Jahrzehnten deutlich abgenommen (Abb. 18), dies hauptsächlich durch die Reduktion des Schwefelgehaltes in Brenn- und Treibstoffen.

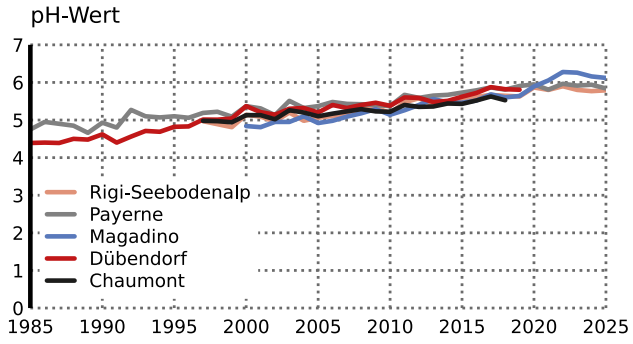

Abb. 14: Säuregehalt von Niederschlag (pH-Wert)

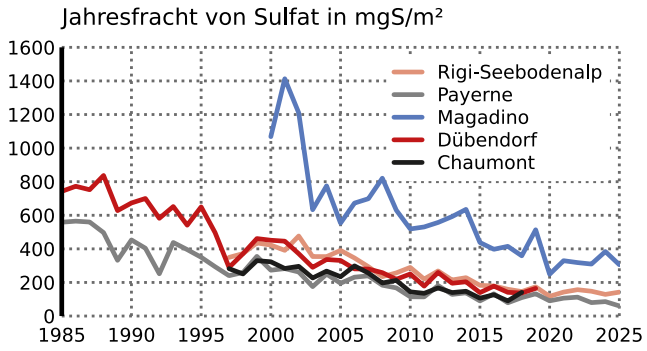

Abb. 15: Jahresfracht von Sulfat im Niederschlag

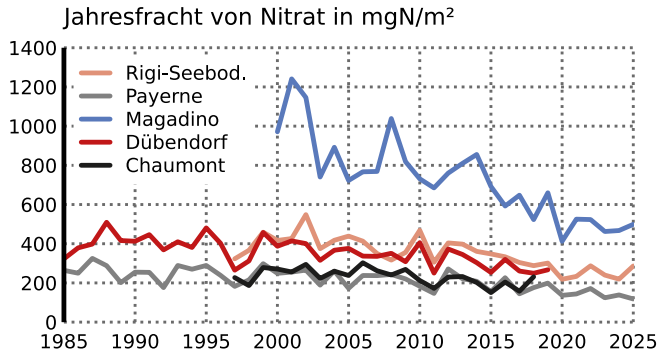

Abb. 16: Jahresfracht von Nitrat im Niederschlag

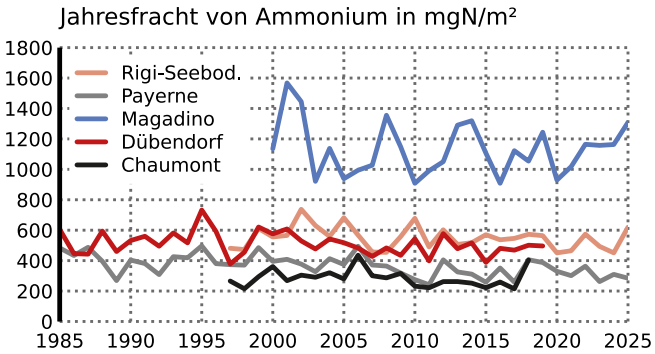

Abb. 17: Jahresfracht von Ammonium im Niederschlag

Kohlenmonoxid
Kohlenmonoxid ist ein farb- und geruchloses Gas, das bei praktisch allen Verbrennungsprozessen, insbesondere bei unvollständiger Verbrennung, entsteht. Das Maximum der Kohlenmonoxid Emissionen wurde Mitte der 1970er-Jahre erreicht. Seither haben sich die Emissionen auf weniger als ein Drittel reduziert. Kohlenmonoxid ist – anders als Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Ozon – kein Reizgas. Es verdrängt jedoch den Sauerstoff aus seiner Bindung mit dem roten Blutfarbstoff Hämoglobin und vermindert dadurch die Sauerstoff-Transportkapazität des Blutes. Die Belastung durch Kohlenmonoxid konnte durch Verbesserung der Verbrennungsvorgänge und durch Abgasnachbehandlung stark reduziert werden. Der Tagesgrenzwert von 8 mg/m³ wird heute an allen NABEL-Standorten sehr gut eingehalten, liegen doch alle gemessenen Tagesmittel unter 1.5 mg/m³.

Flüchtige organische Verbindungen VOC
Die Gruppe der flüchtigen organischen Verbindungen (sog. «VOC» = «volatile organic compounds») umfasst eine Vielzahl von Substanzen, die alle das Element Kohlenstoff enthalten. Die flüchtigen organischen Verbindungen sind zusammen mit den Stickoxiden wichtige Vorläufersubstanzen für die Ozonbildung. Das Ozonbildungspotenzial der einzelnen VOC variiert sehr stark, wobei die betrachtete Zeitskala eine wesentliche Rolle spielt. Verantwortlich für das Auftreten von relativ kurzfristigen Ozonspitzenwerten in der näheren Umgebung der Emissionsquellen sind in erster Linie die hochreaktiven VOC. Die schwach reaktiven VOC tragen dagegen zur Erhöhung der grossräumigen Ozon-Grundbelastung bei. Die Konzentrationen der flüchtigen Kohlenwasserstoffe haben seit Ende der 1980er-Jahre deutlich abgenommen (Abb. 19). Verschiedene VOC haben krebserregende Eigenschaften (z. B. Benzol), andere sind toxisch, wobei die Toxizität der einzelnen VOC sehr stark variiert. Die aromatischen Verbindungen Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol kommen im Motorenbenzin vor. Benzol ist insbesondere wegen seiner krebserzeugenden Wirkung in der Atemluft unerwünscht. Die an mehreren Standorten gemessenen Benzolkonzentrationen haben ebenfalls abgenommen und liegen heute im Jahresmittel zwischen 0,2 und 0,6 µg/m³ und damit weit unter dem Richtwert der EU von 5 µg/m³.

4.6 Treibhausgase

In der Forschungsstation Jungfraujoch werden durch das NABEL auch Treibhausgase gemessen. Aufgrund der Lage von 3580 m über Meer wird dort meist die europäische Hintergrundkonzentration von Spurengasen beobachtet. An einzelnen Tagen gelangt auch Luft aus tieferen Lagen aufs Jungfraujoch, was die Schätzung von schweizerischen und europäischen Emissionen erlaubt. Die am stärksten zu anthropogenen Klimaveränderungen beitragenden Treibhausgase sind Kohlendioxid, Methan und Lachgas. Wegen der Langlebigkeit dieser Gase wird die auf dem Jungfraujoch gemessene Konzentration von Emissionen der ganzen Nordhemisphäre beeinflusst. Abb. 20 zeigt

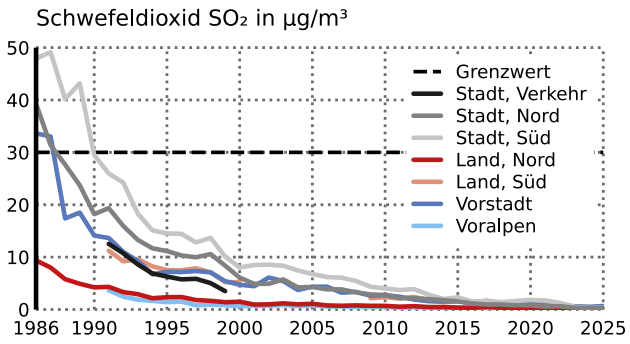

Abb. 18: Jahresmittel von Schwefeldioxid

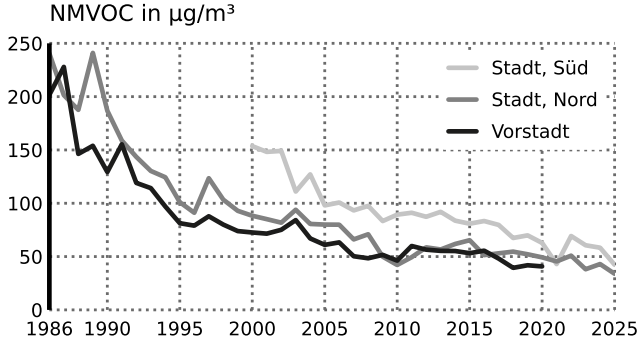

Abb. 19: Jahresmittel von flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC)

die Monatsmittel von Kohlendioxid und Lachgas seit Messbeginn, Abb. 21 die Monatsmittel von Methan. Die Konzentrationen aller drei Treibhausgase sind in den letzten Jahren angestiegen. Der beobachtete Anstieg stimmt mit dem Verhalten an anderen Hintergrundstationen der Nordhemisphäre überein.

Die Konzentration von Kohlendioxid (CO_2) weist einen ausgeprägten Jahresgang auf, welcher im Wesentlichen die Aufnahme von Kohlendioxid durch die Vegetation im Sommerhalbjahr widerspiegelt. Die Konzentration von Lachgas (Distickstoffmonoxid, N_2O) hat seit dem Messbeginn im Jahre 2005 über fünf Prozent zugenommen. Lachgas wird vor allem aus stark gedüngten Böden und bei Verbrennungsvorgängen freigesetzt. Methan (CH_4) ist der Hauptbestandteil von Erdgas und wird bei der Nutzung von Lagerstätten fossiler Energieträger freigesetzt. Eine wichtige Quelle ist auch die Landwirtschaft, insbesondere die Tierhaltung. Der Methangehalt der Atmosphäre steigt weiterhin an. Methan ist nicht nur ein Treibhausgas, sondern trägt auch wesentlich zur Ozonbildung in den oberen Schichten der Troposphäre bei.

Andere Verbindungen, die im NABEL gemessen werden, haben ebenfalls eine Bedeutung im Rahmen von Klimabeeinflussung, z. B. Russ, Ozon oder Sulfat.

Auf dem Jungfraujoch werden auch halogenierte Verbindungen gemessen, die ebenfalls als Treibhausgase wirken. Die beiden in Abb. 22 gezeigten Substanzen F11 (CCl_3F) und 1,1,1-Trichlorethan (CH_3CCl_3) enthalten Chloratome und tragen zum Abbau der schützenden Ozonschicht in der oberen Atmosphäre bei. Deshalb sind sie durch das Montrealer Protokoll in Produktion und Anwendung weltweit eingeschränkt worden. Das in Schaumstoffen und Sprays eingesetzte F11 hat eine lange Lebensdauer und verbleibt jahrzehntelang in der Atmosphäre. Deshalb hat die Hintergrundkonzentration seit dem Jahr 2000 nur wenig abgenommen. Es werden keine ausgeprägten Konzentrationsspitzen gemessen, was darauf hindeutet, dass in Europa nur noch geringe Quellen von F11 vorhanden sind. Das als Lösungsmittel verwendete Trichlorethan ist gemäss dem Montrealer Protokoll ebenfalls in Produktion und Anwendung eingeschränkt. Wegen seiner kürzeren Lebenszeit in der Atmosphäre ist bereits ein deutlicher Rückgang der Konzentration seit dem Jahr 2000 zu beobachten.

Die Substanz F134a (CH_2FCF_3) wird als Kühlmittel für Klimaanlagen in Autos und für die Schäumung von Kunststoffen (z. B. für Isoliermaterialien) eingesetzt. Sie darf gemäss internationalen Abkommen produziert und verwendet werden, muss aber in den Treibhausgasstatistiken gemäss dem Kyoto-Protokoll berücksichtigt

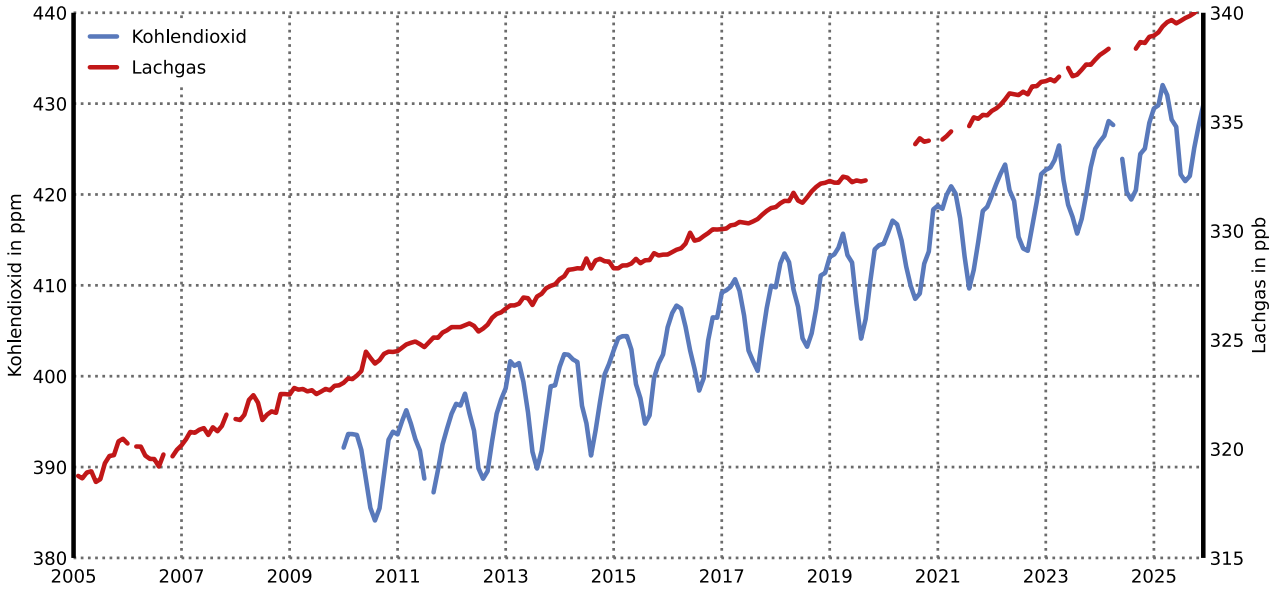

Abb. 20: Monatsmittel von Kohlendioxid und Lachgas auf dem Jungfraujoch

werden. F134a ersetzt andere, mittlerweile verbotene Substanzen und zeigt einen deutlichen Anstieg in der Konzentration der Hintergrundluft (Abb. 22). Wenn Luft aus tieferen Lagen aus der Schweiz oder aus dem Ausland auf das Jungfraujoch hochsteigt, sind wesentlich erhöhte Konzentrationen von F134a zu beobachten. Seit einigen Jahren unterliegen F134a und andere klimawirksame langlebige fluorierte Kohlenwasserstoffe weltweit einem sogenannten «phase-down» innerhalb des Kigali Amendments zum Montrealer Protokoll. Deshalb sollten diese Substanzen in der Zukunft in der Atmosphäre wieder abnehmen.

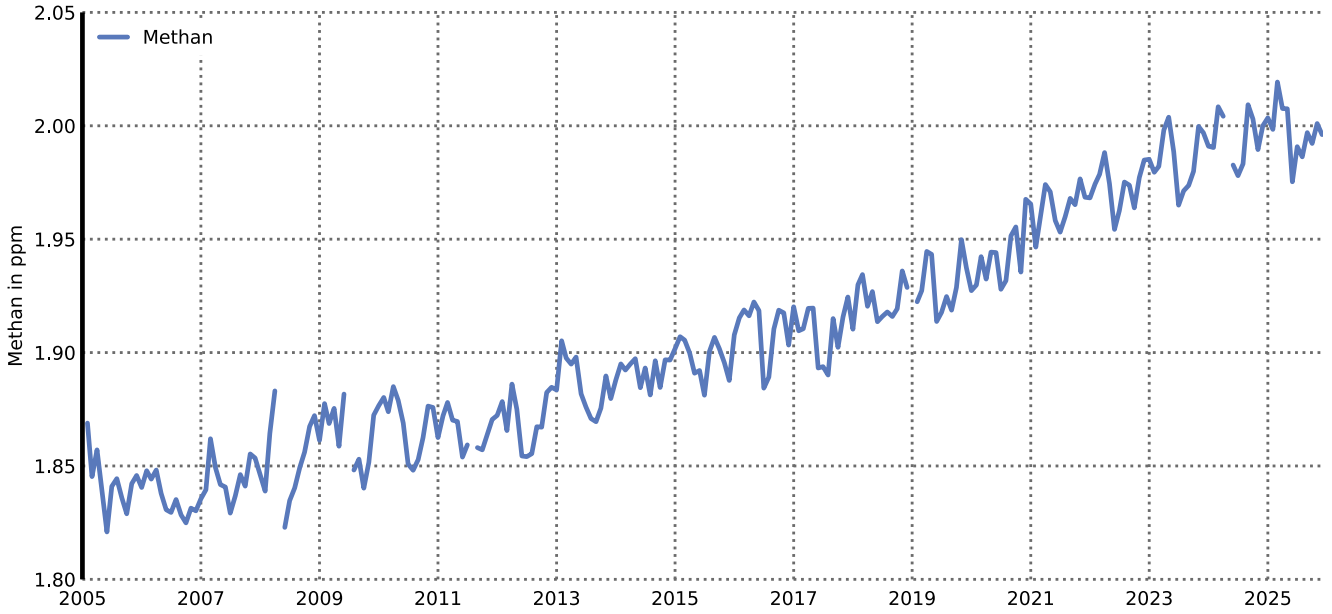

Abb. 21: Monatsmittel von Methan auf dem Jungfraujoch

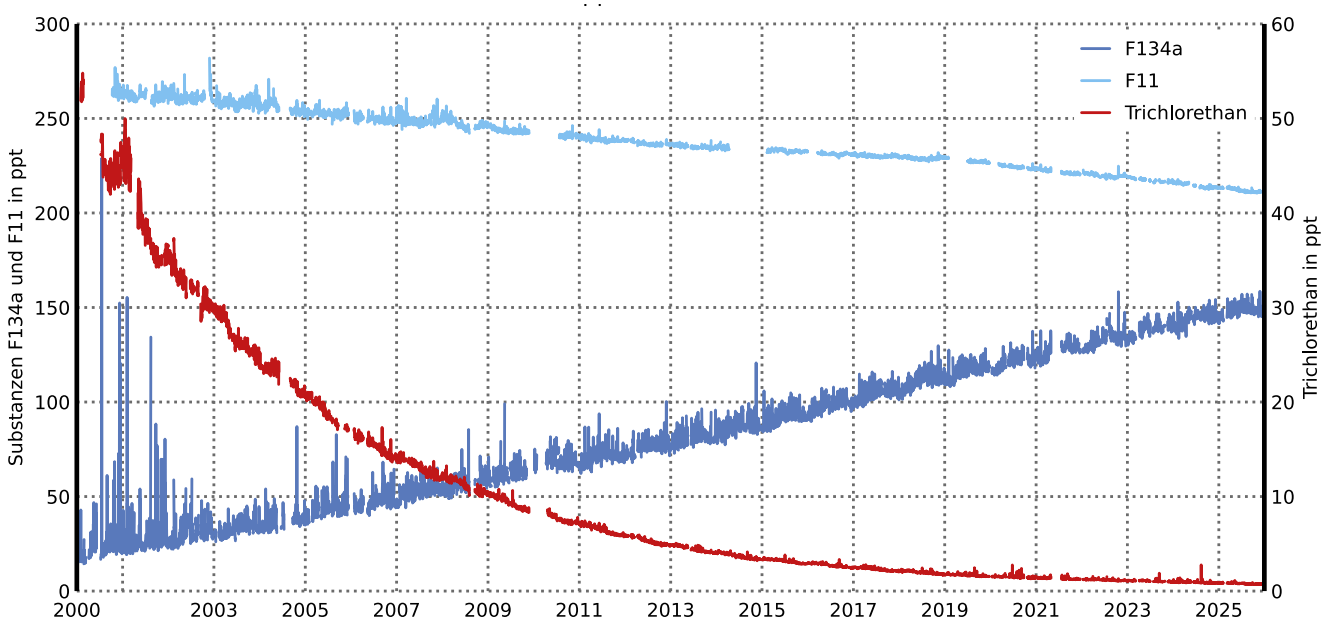

Abb. 22: Tagesmittel von halogenierten Verbindungen auf dem Jungfraujoch

Die erlaubten Substanzen wie F134a zeigen einen Anstieg der Konzentration auf dem Jungfraujoch, die Konzentrationen der verbotenen Substanzen wie F11 und Trichlorethan nehmen ab.

5 Ausblick

Die Luftbelastung in der Schweiz konnte seit Mitte der 1980er-Jahre deutlich verringert werden. Dies ist das Ergebnis von emissionsmindernden Massnahmen in der Schweiz und anderen Ländern Europas. Durch strengere Emissionsvorschriften bei stationären Anlagen und Fahrzeugen sowie auch durch ökonomische Anreize (z. B. die Lenkungsabgaben für VOC) konnte der Ausstoss von vielen Luftschadstoffen verringert werden. Parallel zu den Emissionsreduktionen sanken die Konzentrationen von Schadstoffen in der Atmosphäre (Abb. 23 bis 26). Die Abnahme der im NABEL gemessenen Konzentrationen bestätigt die Abnahme der Emissionen. Die Emissionen von primärem Feinstaub haben allerdings weniger stark abgenommen als die gemessenen Konzentrationen von PM10 (Abb. 26). Dies zeigt, dass ein wesentlicher Teil der Abnahme durch die Reduktion von gasförmigen Vorläufern des sekundären Feinstaubanteils verursacht wird

Grosse Erfolge konnten bei den Luftschadstoffen Schwefeldioxid, Kohlenmonoxid und bei Schwermetallen wie Blei, Cadmium oder Zink erreicht werden. Für diese Schadstoffe liegen die gemessenen Konzentrationen in aller Regel deutlich unter den Immissionsgrenzwerten. Auch für die Schadstoffe Feinstaub PM10 und PM2.5 wurden die Grenzwerte im Jahr 2025 eingehalten. Hingegen wurden die Grenzwerte für Ozon an allen 16 Messstationen des NABEL überschritten und auch die Strickstoffeinträge in Ökosysteme sind noch deutlich zu hoch. Das Ziel einer guten Luftqualität ist noch nicht erreicht – trotz der beachtlichen Erfolge der schweizerischen Luftreinhaltepolitik. Es sind deshalb weitere Emissionsreduktionen notwendig.

Die Verbesserung der Luftqualität ist eine komplexe Aufgabe. Sie muss in vielen Schritten erfolgen, da es keine einzelne Massnahme gibt, die alle Probleme auf einen Schlag lösen könnte. Jede Massnahme, die zu einer Verminderung von Schadstoffemissionen führt, ist sinnvoll. Da Luftschadstoffe nicht an nationalen Grenzen halt machen, sind auch internationale Anstrengungen zur Emissionsminderung notwendig. Einen weiteren grossen Schritt stellt das Protokoll zur Bekämpfung der Versauerung, der Eutrophierung und des bodennahen Ozons (Göteborger Protokoll) des UNECE-Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung dar. Dieses legt für die Parteien des Göteborger Protokolls in Europa und Nordamerika nationale Emissionsreduktionsziele für Stickoxide, Schwefeldioxid, Ammoniak, flüchtige organische Verbindungen und Feinstaub für das Jahr 2020 und die Folgejahre fest.

Die Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL) belegen den Erfolg der bisherigen Luftreinhaltepolitik von Bund, Kantonen und Gemeinden. Der vorliegende, jährlich erscheinende Bericht mit seiner Beurteilung der Luftbelastung ist ein wichtiger Bestandteil der Erfolgskontrolle und zeigt die Notwendigkeit weiterer Luftreinhalte-Massnahmen klar auf.

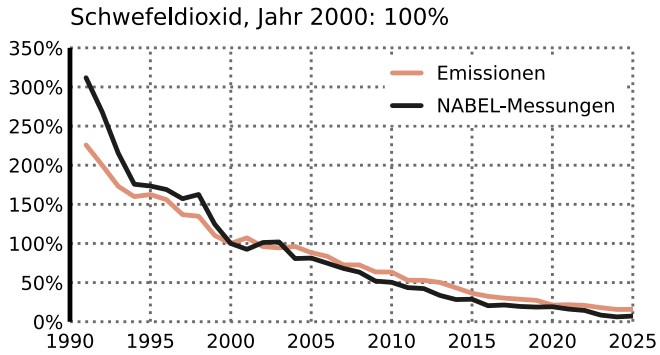

Abb. 23: Entwicklung der im NABEL gemessenen Aussenluftkonzentration und der Emissionen von Schwefeldioxid

Die Emissionen 2025 stellen eine Prognose ohne Berücksichtigung möglicher Covid-19-Effekte dar.

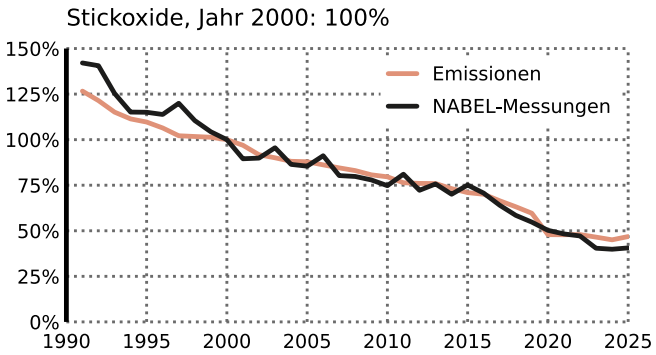

Abb. 24: Entwicklung der im NABEL gemessenen Aussenluftkonzentration und der Emissionen von Stickoxiden

Stickoxide bezeichnet die Summe von Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid.

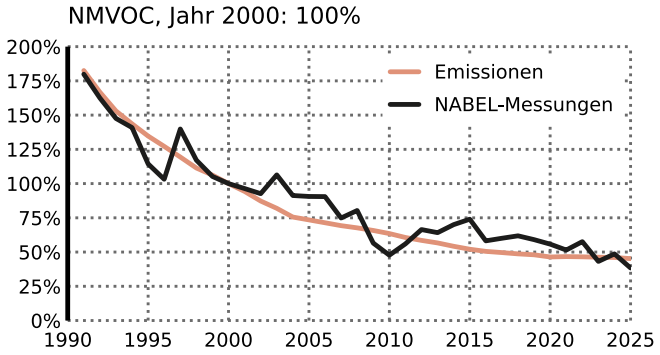

Abb. 25: Entwicklung der im NABEL gemessenen Aussenluftkonzentration und der Emissionen von NMVOC

NMVOC bezeichnet die flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan.

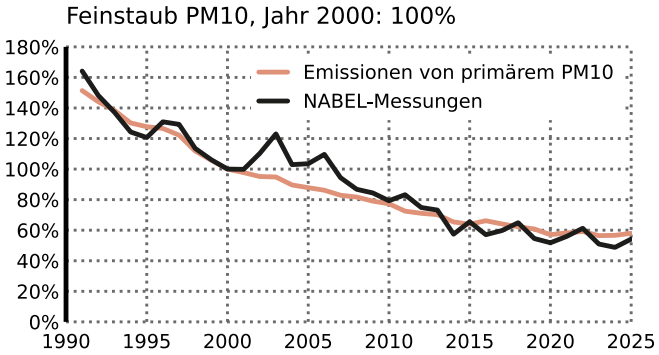

Abb. 26: Entwicklung der im NABEL gemessenen Aussenluftkonzentration und der Emissionen von PM10

Nur die Emissionen von primärem PM10 wurden berücksichtigt.

Anhang

Gemäss Artikel 39 Absatz 1 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vom 16. Dezember 1985 führt das Bundesamt für Umwelt Erhebungen über die Luftverschmutzung im gesamtschweizerischen Rahmen durch. Das NABEL dient insbesondere der Erfüllung dieser gesetzlichen Aufgabe. Es ist somit ein wichtiges Vollzugsinstrument der LRV, indem es vor allem der Erfolgskontrolle über die gegen die Luftverschmutzung ergriffenen Massnahmen (Art. 44 des Umweltschutzgesetzes), sowie der Information der Bevölkerung (Art. 10e des Umweltschutzgesetzes) dient. Der Betrieb und die Wartung der Messsysteme, die Qualitätssicherung und die Datenkontrolle werden von der Eidg. Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa), Dübendorf, gemäss Art. 39 Abs. 2 LRV durchgeführt.

Das NABEL-Messnetz ist ein zentrales Element der Umweltbeobachtung in der Schweiz. Es wurde nach einem Bundesratsbeschluss im Jahre 1988 von acht auf sechzehn Stationen ausgebaut und deckt seither alle wichtigen Belastungssituationen in der Schweiz ab. Das NABEL ermöglicht unter anderem eine Erfolgskontrolle der in den vergangenen 35 Jahren umgesetzten Massnahmen zur Reduktion der Emissionen von Luftschadstoffen.

Die Messungen des NABEL umfassen die wichtigsten Luftschadstoffe, welche die menschliche Gesundheit oder die Umwelt schädigen können, seien sie gas- oder partikelförmig oder im Niederschlag enthalten. Primär werden jene Luftschadstoffe bestimmt, die in der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung geregelt sind, oder im Rahmen von internationalen Luftreinhalte-Abkommen erhoben werden müssen. Sie bilden daher das Grundmessprogramm des NABEL. Für weitergehende Fragestellungen wird dieses Programm durch zeitlich befristete Projekte ergänzt. Beispielsweise

	Standorttyp	Code	Station	Höhe über Meer
	Städtisch, verkehrsbelastet	BER LAU	Bern-Bollwerk Lausanne-César-Roux	536 m 530 m
	Städtisch	LUG ZUE	Lugano-Università Zürich-Kaserne	280 m 409 m
	Vorstädtisch	BAS DUE	Basel-Binningen Dübendorf-Empa	316 m 432 m
	Ländlich, Autobahn	HAE SIO	Härkingen-A1 Sion-Aéroport-A9	431 m 483 m
	Ländlich, unterhalb 1000 m	MAG PAY TAE BRM	Magadino-Cadenazzo Payerne Tänikon Beromünster	203 m 489 m 538 m 797 m
	Ländlich, oberhalb 1000 m	CHA RIG DAV	Chaumont Rigi-Seebodenalp Davos-Seehornwald	1136 m 1031 m 1637 m
	Hochgebirge	JUN	Jungfraujoch	3580 m

Tab. 2: Klassierung der NABEL-Stationen nach Standorttyp

werden auf dem Jungfraujoch im Projekt CLIMGAS-CH verschiedene Treibhausgase gemessen, um deren zeitliche Entwicklung zuverlässig bestimmen zu können.

Das NABEL evaluiert neue Messmethoden und stellt sein Wissen den Behörden und Betreibern von kantonalen und kommunalen Messnetzen zur Verfügung. Einige der NABEL-Stationen dienen als Referenz für die Messung der vertikalen Verteilung von Spurengasen mit Ballonsondierungen oder Satelliten. Das NABEL-Messnetz liefert zudem Referenzdaten zur Kalibration sowie zur Validierung von Ausbreitungsmodellen, welche die Bestimmung der flächenhaften Verteilung von Luftschadstoffen ermöglichen.

Gemeinsam mit kantonalen und städtischen Messnetzen gewährleisten die NABEL-Messwerte eine umfassende Information der schweizerischen Bevölkerung über die aktuelle Luftqualität, zum Beispiel über Internet und mit der Smartphone-Applikation airCHeck oder der MeteoSchweiz-App. Die NABEL-Jahresberichte ergänzen diese Informationsquellen und liefern Interpretationen und eine Übersicht über langfristige Veränderungen der Luftqualität.

Das NABEL-Messnetz erfüllt die Anforderungen aus dem Übereinkommen über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung (UNECE CLRTAP, EMEP Programm), der Mitgliedschaft in der Europäischen Umweltagentur (EEA), sowie dem Global Atmosphere Watch (GAW) Programm der Weltorganisation für Meteorologie (WMO).

Die Schadstoffbelastung in der Schweiz zeigt grosse räumliche Unterschiede, die in erster Linie von der Art des Standortes und den dort vorhandenen Emissionsquellen abhängen. Es ist daher sinnvoll, eine Klassierung der Messstationen nach Standorttypen vorzunehmen. Das NABEL-Messnetz erfasst die Luftschadstoffbelastung an solchen Standorttypen. Aufgrund einer Beurteilung der Stationsumgebung und der an den Stationen gemessenen Schadstoffbelastung ergibt sich oben erwähnte Einteilung der NABEL-Stationen nach Standorttypen.

Weiterführende Informationen im Internet
Ausführliche Informationen zu den Themen dieses Berichtes und zu Fragen der Luftreinhaltung sowie aktuelle und historische Daten sind im Internet zu finden unter:

www.bafu.admin.ch > *Themen* > Luft

Detaillierte Messergebnisse des NABEL 2025:
www.bafu.admin.ch > Themen > Luft > Luftbelastung > Messnetz NABEL > Jahres- und Monatsberichte NABEL

Beschrieb des NABEL-Messnetzes:
www.bafu.admin.ch > *Themen* > *Luft* > *Luftbelastung* > Messnetz NABEL

Weitere Informationen zum NABEL-Messnetz:
www.empa.ch/web/s503/nabel

Ausführliche Informationen zum Thema Luftbelastung:
www.bafu.admin.ch > *Themen* > *Luft* > Luftbelastung

Messung von Klimagasen:
www.empa.ch/web/s503/climate-gases

Weitere Berichte zum NABEL:
www.bafu.admin.ch > *Themen* > *Luft* > *Luftbelastung* > *Messnetz NABEL* > Berichte
LRK Bericht Konzept betreffend lufthygienischen Massnahmen des Bundes, 11. September 2009, Bundesblatt Nr. 40, 2009, Seite 6585
https://fedlex.data.admin.ch/eli/fga/2009/1164

Luftverschmutzung und Gesundheit:
www.bafu.admin.ch > *Themen* > *Luft* > *Auswirkungen* > Auswirkungen auf die Gesundheit
www.bafu.admin.ch > *Publikationen, Medien* > *Luft* > Luftverschmutzung und Gesundheit

Bericht der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene EKL zu den neuen WHO-Luftqualitätsrichtwerten 2021: Die neuen WHO-Luftqualitätsrichtwerte 2021 und ihre Bedeutung für die Schweizer Luftreinhalte-Verordnung (EKL, 2023)