

# Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL)

## Messkonzept 2025-2035



### NABEL-Leitung

Dr. Hugo Amacker, BAFU (Vorsitz)

Dr. Michael Schibig, BAFU

Dr. Lukas Emmenegger, Empa

Dr. Christoph Hüglin, Empa

Dr. Stefan Reimann, Empa

22. Mai 2025

# Inhalt

<b>1. Zusammenfassung</b> .....	3
<b>2. Résumé</b> .....	4
<b>3. Ausgangslage</b> .....	5
<b>4. Ziel und Zweck des Messnetzes</b> .....	6
<b>5. Standorttypen des NABEL</b> .....	7
<b>6. Messprogramm, Typen von Messstationen und Messmethoden</b> .....	8
<b>7. Strategie bis 2030</b> .....	11
<b>8. Ausblick bis 2035</b> .....	11
<b>Anhang 1: Beschreibung des Messnetzes NABEL</b> .....	13
<b>Anhang 2: Messprogramm des NABEL (Stand 2025)</b> .....	14

## 1. Zusammenfassung

Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) ist ein zentrales Element der Umweltbeobachtung in der Schweiz. Es besteht seit 1978 und umfasst heute sechzehn Stationen. Das NABEL deckt alle wichtigen Belastungssituationen in der Schweiz ab und ermöglicht unter anderem eine Erfolgskontrolle der in den vergangenen Jahrzehnten 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. Fragestellungen zu zusätzlichen gesundheits-, umwelt- und/oder klimarelevanten Substanzen werden mittels spezifischer Projekte untersucht. Beispielsweise werden auf dem Jungfrauoch im Projekt CLIMGAS-CH verschiedene Treibhausgase gemessen, um deren zeitliche Entwicklung und Herkunft bestimmen zu können.

Gemeinsam mit kantonalen und städtischen Messnetzen gewährleistet das NABEL eine umfassende Information der schweizerischen Bevölkerung über die aktuelle Luftqualität, die online in Echtzeit abgefragt werden kann. Die NABEL-Jahresberichte liefern eine jährliche Analyse und Interpretation der Belastungssituation inklusive einer Übersicht über langfristige Veränderungen der Luftqualität.

Das Messkonzept des NABEL orientiert sich primär an den Anforderungen der Luftreinhalte-Verordnung und an der Messstrategie 2020-2029 des internationalen Messprogramms EMEP<sup>1</sup> im Rahmen des UNECE Übereinkommens über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung. Weitere, gezielte und koordinierte Messungen ermöglichen zudem die Mitgliedschaft in der Europäischen Umweltagentur (EEA), sowie die Teilnahme am *Global Atmosphere Watch* (GAW) Programm der Weltorganisation für Meteorologie (WMO), sowie am globalen Messnetz *Advanced Global Atmospheric Gases Experiment* (AGAGE). Weiter ist das NABEL ein wesentliches Element der schweizerischen Beiträge an die Europäischen Forschungsinfrastrukturen ICOS und ACTRIS.

Das NABEL evaluiert neue Messmethoden und stellt sein Wissen den Behörden und Betreibern von kantonalen und kommunalen Messnetzen zur Verfügung. Im Rahmen des NABEL werden die Einsatzmöglichkeiten und der Nutzen neuer Techniken für Langzeitmessungen in einem Luftqualitätsmessnetz geprüft und gegebenenfalls in die langfristige Messstrategie integriert.

Luftqualitätsmessungen liefern genaue Messungen an einer kleinen Anzahl repräsentativer Standorte. Diese Messwerte sind für die Kenntnis der zeitlichen Entwicklung der Luftqualität von zentraler Bedeutung. Für verschiedene Anwendungen besteht jedoch ein grosses Interesse an flächenhaften Informationen, d.h. Kenntnis über die Luftqualität an jedem Ort, welche nur mit Modellen gewonnen werden können. Das NABEL-Messnetz liefert geeignete Referenzdaten zur Kalibration sowie zur Validierung von Ausbreitungsmodellen, welche die Bestimmung der flächenhaften Verteilung von Luftschadstoffen ermöglichen.

Das vorliegende, aktualisierte Messkonzept zeigt auf, wie das NABEL unter Berücksichtigung der Entwicklungen auf nationaler und internationaler Ebene auch für den Zeitraum 2025-2035 zuverlässige und präzise Informationen über die Luftqualität in der Schweiz zur Verfügung stellen kann.

---

<sup>1</sup> Co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe, <https://www.emep.int/>

## 2. Résumé

Le Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL) est un élément central de l'observation de l'environnement en Suisse. Créé en 1978, il comprend aujourd'hui seize stations. Le NABEL couvre toutes les situations de pollution importantes en Suisse et permet notamment de contrôler l'efficacité des mesures mises en œuvre au cours des dernières décennies pour réduire les émissions de polluants atmosphériques.

Les mesures du NABEL portent sur les principaux polluants atmosphériques susceptibles de nuire à la santé humaine ou à l'environnement, qu'ils se présentent sous forme de gaz, de particules ou dans les précipitations. Elles concernent en premier lieu les polluants atmosphériques réglementés par l'ordonnance sur la protection de l'air ou qui doivent être mesurés dans le cadre d'accords internationaux sur la protection de l'air. Ils constituent donc le programme de mesure de base du NABEL. Les questions relatives à d'autres substances pertinentes pour la santé, l'environnement et/ou le climat sont étudiées dans le cadre de projets spécifiques. Par exemple, dans le cadre du projet CLIMGAS-CH, différents gaz à effet de serre sont mesurés au Jungfraujoch afin de déterminer leur évolution dans le temps et leur origine.

En collaboration avec les réseaux de mesure cantonaux et municipaux, le NABEL garantit à la population suisse une information exhaustive sur la qualité actuelle de l'air, qui peut être consultée en ligne en temps réel. Les rapports annuels du NABEL fournissent une analyse et une interprétation annuelles de la situation en matière de pollution, y compris un aperçu des changements à long terme de la qualité de l'air.

Le concept de mesure du NABEL s'appuie principalement sur les exigences de l'ordonnance sur la protection de l'air et sur la stratégie de mesure 2020-2029 du programme international EMEP<sup>1</sup> dans le cadre de la Convention de la CEE-ONU sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance. D'autres mesures ciblées et coordonnées permettent en outre à la Suisse d'être membre de l'Agence européenne pour l'environnement (EEA) et de participer au programme *Global Atmosphere Watch* (GAW) de l'Organisation météorologique mondiale (WMO) ainsi qu'au réseau mondial de mesure *Advanced Global Atmospheric Gases Experiment* (AGAGE). Le NABEL est également un élément essentiel des contributions suisses aux infrastructures de recherche européennes ICOS et ACTRIS.

Le NABEL évalue de nouvelles méthodes de mesure et met ses connaissances à la disposition des autorités et des exploitants de réseaux de mesure cantonaux et communaux. Dans le cadre du NABEL, les possibilités d'utilisation et l'utilité des nouvelles techniques pour les mesures à long terme dans un réseau de mesure de la qualité de l'air sont examinées et, le cas échéant, intégrées dans la stratégie de mesure à long terme.

Les mesures de la qualité de l'air fournissent des données précises sur un petit nombre de sites représentatifs. Ces valeurs mesurées sont essentielles pour connaître l'évolution de la qualité de l'air dans le temps. Pour différentes applications, il est toutefois très intéressant de disposer d'informations sur la qualité de l'air en tout lieu, ce que seuls des modèles permettent d'obtenir. Le réseau de mesure NABEL fournit des données de référence appropriées pour l'étalonnage et la validation des modèles de propagation, qui permettent de déterminer la répartition spatiale des polluants atmosphériques.

Le présent concept de mesure actualisé montre comment le NABEL, compte tenu des développements au niveau national et international, pourra également fournir des informations fiables et précises sur la qualité de l'air en Suisse pour la période 2025-2035.

### 3. Ausgangslage

Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe NABEL wurde 1978 gegründet und anfangs mit acht Messstationen betrieben. Mit Bundesratsbeschluss vom 17. August 1988 wurde das Messnetz auf 16 Stationen erweitert. Das **Basis-Messprogramm** des NABEL umfasst die Luftschadstoffe, für welche in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV, [Anhang 7](#)) Immissionsgrenzwerte festgelegt sind oder die als krebserregend eingestuft werden, wie z.B. Benzol und Benzo(a)pyren. Das NABEL-Messprogramm umfasst zudem weitere Messgrössen, zu deren Erhebung die Schweiz im Rahmen des Übereinkommens über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung verpflichtet ist. Darüber hinaus werden **ergänzende Messungen** von spezifischen Schadstoffen wie zusätzliche Partikelkenngrössen und Partikelinhaltsstoffe sowie Stickstoffkomponenten durch Zusatzprojekte sichergestellt.

**Luftqualität und Klima** stehen in direkter wechselseitiger Beziehung. Einerseits werden anthropogene und biogene Emissionen durch das Klima beeinflusst, andererseits beeinflussen Luftschadstoffe wie Ozon, Russ (Black Carbon BC) oder Sulfat den Strahlungshaushalt der Atmosphäre und damit das Klima. Im NABEL werden daher an ausgewählten Standorten neben den Luftschadstoffen auch Treibhausgase gemessen.

Das vorliegende Messkonzept trägt der Entwicklung der Luftschadstoffbelastung in der Schweiz sowie Entwicklungen in Wissenschaft, Technik und Politik Rechnung. Die Luftqualität in der Schweiz, das Wissen über die Wirkung von Luftschadstoffen sowie das internationale Umfeld des NABEL ändern sich. Von besonderer Bedeutung waren in der letzten Zeit die folgenden Entwicklungen:

- Die Luftqualität in der Schweiz hat sich stark verbessert. Bis auf Ozon werden heute die Immissionsgrenzwerte der LRV, welche sich weitgehend mit den Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation WHO von 2005 decken, grösstenteils eingehalten. Die WHO hat jedoch den Stand des Wissens über die gesundheitlichen Auswirkungen von Luftschadstoffen neu aufgearbeitet und 2021 ihre Richtlinien zum Schutz der menschlichen Gesundheit gesenkt<sup>2</sup>. Zudem macht die WHO-Empfehlungen zur Messung zusätzlicher Luftschadstoffe. Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) hat die neuen Empfehlungen der WHO und deren Bedeutung für die LRV bewertet und empfiehlt die Anpassung Immissionsgrenzwerte in der Schweiz<sup>3</sup>. Die Einhaltung der neuen Luftqualitätsleitlinien der WHO hätte in der Schweiz einen grossen Gesundheitsnutzen<sup>4</sup>.
- Die Europäische Union hat die Richtlinie über Luftqualität aktualisiert (2024/2881/EU) und die Anforderungen an Luftschadstoffmessungen erweitert. Die Schweiz folgt weitgehend den Messvorgaben der EU, beurteilt die Luftqualität aber nach den schweizerischen Immissionsgrenzwerten der LRV. Die Umsetzung der Messvorgaben der EU-Richtlinie wird im Rahmen von Arbeitsgruppen des Europäischen Komitees für Normung (CEN) und von AQUILA, dem Netzwerk der nationalen Referenzlabors für lufthygienische Messungen der EU und EFTA-Staaten, erarbeitet.
- Im internationalen Messprogramm EMEP des Übereinkommens über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung wurde eine aktualisierte Messstrategie verabschiedet ([Messstrategie 2020-2029](#)). Dies erfordert im NABEL insbesondere erweiterte Messaktivitäten für Inhaltsstoffe von Feinstaub.

---

<sup>2</sup> [WHO global air quality guidelines 2021](#)

<sup>3</sup> [Die neuen WHO-Luftqualitätsrichtwerte 2021 und ihre Bedeutung für die Schweizer Luftreinhalte-Verordnung](#)

<sup>4</sup> [Castro et al., Environmental Research 231 \(2023\) 116029](#)

- Die Station Beromünster wurde, aufgrund der repräsentativen Lage und des Messprogramms, durch die World Meteorological Organization (WMO) als regionale Station im Rahmen des *Global Atmosphere Watch Programms* ([GAW](#)) anerkannt. Zudem erfüllt Beromünster die Anforderungen von EMEP in idealer Weise und wurde daher auch in das zugehörige Messnetz aufgenommen. Die Messungen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) und Stickoxiden in Beromünster sind zudem Teil der Messaktivitäten der Europäischen Forschungsinfrastruktur [ACTRIS](#) (*Aerosol, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure*).
- Die Schweiz ist Mitglied der Europäischen Forschungsinfrastruktur *Integrated Carbon Observation System* ([ICOS](#)) mit dem Jungfrauoch als zertifizierte Messstation der höchsten Qualitätsklasse. Dies erfordert Messungen von CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O gemäss den Datenqualitätsvorgaben von ICOS. Zudem ist die Station Jungfrauoch Teil des globalen [AGAGE](#) Netzwerks zur Messung von halogenierten Treibhausgasen.
- Die Schweiz ist Mitglied der Europäischen Umweltagentur und liefert Daten von 12 NABEL-Stationen zusammen mit Daten von 20 kantonalen und von Städten betriebenen Stationen an die europäische lufthygienische Datenbank [Euroairnet](#). Dies erfordert eine langfristige Fortführung dieser Messreihen.

Schliesslich haben sich auch die Anforderungen betreffend **Datenzugang und Datenaustausch** verändert. Als Folge wird eine gesamtschweizerische Datenbank (AIRDB) für alle nationalen, kantonalen und kommunalen lufthygienischen Messdaten aufgebaut. Deren Entwicklung ist weit fortgeschritten und sollte in naher Zukunft abgeschlossen werden.

#### 4. Ziel und Zweck des Messnetzes

Gemäss Artikel 39 Absatz 1 LRV vom 16. Dezember 1985 führt das BAFU „Erhebungen über den Stand und die Entwicklung der Luftverunreinigung im gesamtschweizerischen Rahmen“ durch. Das NABEL dient insbesondere der Erfüllung dieser gesetzlichen Aufgabe. Es ist somit ein wichtiges Vollzugsinstrument der LRV, indem es den Behörden und der Öffentlichkeit eine Übersicht über die gesamtschweizerische Luftqualität vermittelt und die Beurteilung anhand der Immissionsgrenzwerte ermöglicht. Eine weitere wichtige Aufgabe ist die **Erfolgskontrolle** betreffend der gegen die Luftverschmutzung ergriffenen Massnahmen (Artikel 44 USG). Diese basiert auf der langfristigen Messung und Analyse der Schadstoffkonzentrationen.

Gemäss Artikel 39 Absatz 2 LRV wird das NABEL durch die Empa betrieben. Die Empa vertritt auch die Schweiz im Netzwerk der nationalen Referenzlabors für lufthygienische Messungen der EU und EFTA-Staaten ([AQUILA](#)). Zudem arbeitet die Empa aktiv in ausgewählten CEN-Arbeitsgruppen mit, in denen europäische Normen für Immissionsmessungen entwickelt werden. Schliesslich fliessen Resultate der wissenschaftlichen Aktivitäten an der Empa in die Entwicklung des NABEL-Messnetzes ein. Die im Rahmen des NABEL gewonnenen Erkenntnisse und Erfahrungen werden den kantonalen und städtischen Luftreinhalte-Fachstellen weitergegeben und leisten damit einen wichtigen Beitrag zur schweizweiten Harmonisierung und zur Qualitätssicherung der Immissionsmessungen.

#### National

Beim NABEL stehen grundsätzlich die gesamtschweizerischen Bedürfnisse im Vordergrund. Das Messnetz misst in erster Linie Luftschadstoffe von nationaler Bedeutung und Verbreitung. Die Messwerte des NABEL ermöglichen die Beurteilung von Luftschadstoffen an verschiedenen

Standorttypen mit unterschiedlicher Belastungssituation (siehe Anhang 1) und zeigen die langfristige zeitliche Entwicklung der Immissionen auf (Erfolgskontrolle). Die Standorte der NABEL Stationen decken eine weite Spanne unterschiedlicher Belastungssituationen ab und sind repräsentativ für den jeweiligen Standorttyp.

Die mit dem NABEL erhobenen Daten dienen weiter der **Information der Öffentlichkeit** über den Zustand der Luftqualität und deren zeitlichen Entwicklung gemäss Artikel 10e USG. Dies erfolgt über online verfügbare Echtzeitinformationen in Form von Tabellen, Grafiken und Karten sowie periodisch publizierten Berichten. Die NABEL-Daten stehen der Öffentlichkeit unentgeltlich zur Verfügung und werden für zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen (z.B. im Rahmen von Doktorarbeiten an Forschungsinstitutionen) sowie für Modellvalidierungen verwendet.

### International

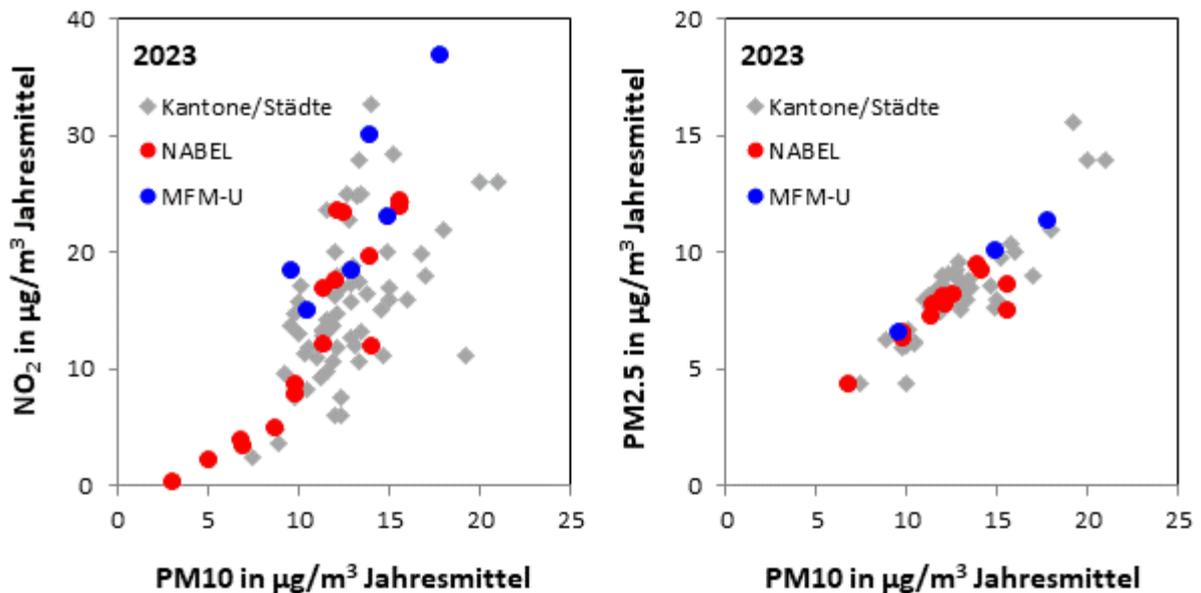
Zu den nationalen Aufgaben kommen die Verpflichtungen, die sich aus den internationalen Luftreinhalte-Abkommen ergeben, welche die Schweiz unterzeichnet hat. Dazu gehört vor allem das UNECE Übereinkommen über die weiträumige, grenzüberschreitende Luftverschmutzung ([CLRTAP](#) abgeschlossen im Jahr 1979 in Genf), einschliesslich seiner Protokolle, welche von den Ländern Immissionsmessungen gemäss den Vorgaben der EMEP-Messstrategie 2020-2029 verlangen.

Das NABEL pflegt einen intensiven Datenaustausch mit internationalen Messprogrammen wie dem [Euroairnet](#) der Europäischen Umweltagentur oder dem [EMEP](#) und führt die von der Schweiz verlangten Messungen durch.

Weiter trägt das NABEL Messprogramm zu wichtigen weltweiten Projekten bei. Beispiele dafür sind das *Global Atmosphere Watch* ([GAW](#)) Programm der World Meteorological Organisation ([WMO](#)) und das *Advanced Global Atmospheric Gases Experiment* ([AGAGE](#)). Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang die Europäischen Forschungsinfrastruktur-Netzwerke ICOS (Integrated Carbon Observation System) und ACTRIS (Aerosols, Clouds and Trace Gases Research Infrastructure). Die entsprechenden Schweizer Beiträge sind Teil der vom Parlament bewilligten Roadmap für Forschungsinfrastrukturen und werden vom SNF und dem SBFI regelmässig überprüft und koordiniert.

## 5. Standorttypen des NABEL

Die Einteilung der Messstandorte des NABEL in Standorttypen dient der allgemeinen Beurteilung der Luftqualität in der Schweiz und entspricht den Kategorien der Europäischen Umweltagentur. Die einzelnen Messstationen repräsentieren dabei in erster Linie einen Standorttyp und nur zweitrangig eine geographische Region. Die Charakterisierung der lokalen Verhältnisse geschieht durch die Erhebungen von Kantonen und Städten



**Abbildung 1:** Jahresmittel 2023 von PM10 und NO<sub>2</sub> (linke Grafik) sowie Jahresmittel von PM10 und PM2.5 (rechte Grafik) an Messstationen des NABEL, des Projekts „Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt“ (MfM-U) sowie an den von Kantonen und Städten betriebenen Messstationen in der Schweiz.

Wie die Grafiken in Abbildung 1 zeigen, decken die durch den Bund finanzierten Messstationen des NABEL und des [MfM-U](#) (Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt) einen weiten Bereich der Belastungssituationen bezüglich der Schadstoffe NO<sub>2</sub>, PM10 und PM2.5 ab. Die höchsten Belastungen durch PM10 treten im Südtessin auf und sind durch die NABEL-Stationen nicht abgedeckt. Dafür ist die Hintergrundbelastung durch das NABEL Messnetz gut repräsentiert, was bezüglich der Beobachtung von weiträumiger Verfrachtung und des spezifisch schweizerischen Beitrags zur Luftverschmutzung wesentlich ist. Zurzeit deckt das NABEL die meisten Standorttypen durch zwei Messstationen in unterschiedlichen Regionen der Schweiz ab.

Ergänzend zum NABEL messen Kantone (gemäss Artikel 27 LRV) und Städte Luftschadstoffe auf ihrem Gebiet. Dies umfasst auch Messungen von spezifischen Situationen wie z.B. in Nähe bedeutender Emittenten. Die Nutzung aller schweizerischen Daten erlaubt heute die Erzeugung von hochaufgelösten, stündlich aktualisierten Karten der momentanen Luftbelastung durch Feinstaub, Ozon und Stickstoffdioxid.

Bei den Messstationen des NABEL wird auch in Zukunft regelmässig überprüft, ob und wie sich die Standortumgebung und damit die lufthygienische Charakteristik der Messungen verändert. Die Standorte des NABEL sollen auch weiterhin die Spannweite der Luftbelastung in der Schweiz weitgehend abdecken.

## 6. Messprogramm, Typen von Messstationen und Messmethoden

Die Messstationen des NABEL repräsentieren einerseits alle wichtigen Standorttypen, andererseits ist das Messprogramm jeder Messstation an die spezifischen Anforderungen

angepasst, welche sich aus nationalen und internationalen Programmen, Verpflichtungen und Empfehlungen ergeben.

In der revidierten Richtlinie über Luftqualität der Europäischen Union (2024/2881/EU) wurde das Konzept von Grossmessstationen eingeführt (engl. Supersites). Das Ziel solcher Grossmessstationen ist es, die Immissionen von wichtigen aber teilweise nicht reglementierten Luftschadstoffen wie ultrafeine Partikel, Russ (Black Carbon) bzw. elementarer Kohlenstoff, Ammoniak sowie das oxidative Potential von Feinstaub an ausgewählten städtischen und ländlichen Stationen zu überwachen. Mit Zürich-Kaserne betreibt das NABEL bereits eine solche städtische Grossmessstation. Die Bedürfnisse bezüglich einer ländlichen Grossmessstation werden durch die Aktivitäten von NABEL und ACTRIS<sup>5</sup> in Payerne abgedeckt. Das aktuelle Messprogramm des NABEL ist in Anhang 2 tabellarisch dargestellt.

### **Gase**

Alle Gase (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO und O<sub>3</sub>), für die in der LRV Immissionsgrenzwerte festgelegt sind, werden im NABEL-Messnetz gemessen. An ausgewählten Stationen wird die Summe der flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffe (Total VOC) als Vorläufersubstanz von troposphärischem O<sub>3</sub> und Feinstaub sowie NH<sub>3</sub> als Vorläufer von Feinstaub gemessen. An der Station Beromünster werden zudem die meisten bekannten VOC als Einzelsubstanzen analysiert, einschliesslich kanzerogenen Verbindungen wie Benzol und Butadien. An der Station Jungfrauoch werden zusätzlich die Treibhausgase CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O sowie zahlreiche ozonerstörende halogenierte Verbindungen im Rahmen des Projektes CLIMGAS-CH bestimmt. Treibhausgase werden zudem an den Stationen Beromünster, Payerne und Rigi-Seebodenalp sowie an der verkehrsexponierten Station Härkingen-A1 gemessen.

### **Partikel**

In der LRV sind Immissionsgrenzwerte für PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> und einige Schwermetallgehalte festgelegt. Diese Grössen werden im NABEL an den meisten Standorten gemessen. Für eine umfassendere Beurteilung der Feinstaubbelastung werden in Zusatzprojekten die Partikelanzahl, die Partikelgrössenverteilung, partikelgebundene Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Russ gemessen. Russ wird mittels Messung der Lichtabsorption von PM<sub>2.5</sub> bei mehreren Wellenlängen bestimmt. Dadurch lassen sich die Beiträge von Dieselmotoren und Holzfeuerungen an den gesamten Russimmissionen unterscheiden. Elementarer Kohlenstoff wird mit der thermisch-optischen Methode (Referenzmethode) gemessen. An der NABEL-Messstation Zürich-Kaserne werden zudem mit hoher zeitlicher Auflösung (Stundenmittelwerte) die Konzentrationen von Metallen im Feinstaub (PM<sub>10</sub>) gemessen.

### **Deposition**

Die durch die LRV geregelte Gesamtdeposition von Schwermetallen, sowie die nasse Deposition von Ionen werden an repräsentativen Standorten gemessen.

### **Stickstoffverbindungen**

Die Deposition von reaktiven Stickstoff-Verbindungen (gasförmig, partikelförmig und im Niederschlag) aus der Atmosphäre kann in naturnahen, nährstoffarmen Ökosystemen wie Wäldern, Hoch-/Flachmooren, Trockenwiesen und Weiden zu unerwünschten Düngungs- und Versauerungseffekten führen. Die Monitoring Strategie des EMEP verlangt unter anderem von den Ländern an den EMEP-Stationen gasförmige, partikelförmige und im Niederschlag enthaltene Stickstoffverbindungen zu messen. Um die Wirkung von Emissionsminderungen immissionsseitig überwachen zu können, werden die Konzentrationen von Ammoniak,

---

<sup>5</sup> Messungen werden vom Paul Scherrer Institut (PSI) durchgeführt.

Ammonium, Stickoxide, Salpetersäure und Nitrat gemessen. Um zudem ein Prozessverständnis für die Ammoniakemission und die Umwandlung von Ammoniak in der Atmosphäre zu erlangen, werden an exemplarischen Standorten zeitlich hoch aufgelöste Messungen von Ammoniak durchgeführt.

### **Meteo und Verkehr**

Verschiedene Hilfsgrössen dienen der Interpretation der beobachteten Luftbelastung. Dabei wird die Messmethodik und -technik der MeteoSchweiz, bzw. diejenige des Bundesamts für Strassen ASTRA angewandt. Wo vorhanden, werden die Messdaten von MeteoSchweiz oder vom ASTRA übernommen. Im Gegenzug werden die vom NABEL erhobenen meteorologischen Daten auch der MeteoSchweiz zur Verfügung gestellt.

### **Neue Messmethoden**

Die Weiterentwicklung der Messtechnik wird durch das NABEL verfolgt und die Eignung neuer Messmethoden für den Messnetzbetrieb wird durch Parallelmessungen mit den etablierten Methoden abgeklärt. Im Rahmen des europäischen Netzwerks der nationalen Referenzlabors (AQUILA), innerhalb von Arbeitsgruppen des Europäischen Komitee für Normung (CEN), sowie innerhalb des GAW und von Projekten und Infrastrukturprogrammen (z.B. ACTRIS und ICOS) arbeitet die Empa aktiv an der Evaluation neuer Messmethoden zur Bestimmung der Luftqualität. Die nötige Vergleichbarkeit der Messdaten über einen langen Zeitraum, welche für eine zuverlässige Erfolgskontrolle erforderlich ist, wird durch entsprechende Parallelmessungen sichergestellt. Die dabei gewonnenen Erfahrungen werden in Form von Berichten und Präsentationen an interessierte Stellen weitergegeben (z.B. kantonale Fachstellen, Cercl'Air).

### **Low-Cost Sensoren**

Seit einigen Jahren besteht ein grosses Interesse an sogenannten Low-Cost Sensoren für die Messung von Luftschadstoffen und Treibhausgasen (WMO, 2021). Dieses Interesse ist hauptsächlich auf die Möglichkeit zurückzuführen, kleine, leichte und batteriebetriebene Sensoreinheiten in grösserer Anzahl einzusetzen. Dadurch könnten Luftschadstoffe und Treibhausgase mit grosser räumlicher und zeitlicher Auflösung gemessen werden. Dies ist insbesondere in Städten von Interesse. Im Zusammenhang mit Low-Cost Sensoren sind jedoch noch viele Fragen bezüglich der erreichbaren Datenqualität offen. Im NABEL wurden Low-Cost Sensoren getestet und parallel zu Referenzgeräten des NABEL eingesetzt. Die Testmessungen haben gezeigt, dass die Sensoren kaum geeignet sind, um Messungen im NABEL sinnvoll zu ergänzen. Im Rahmen der Cercl'Air Arbeitsgruppe Qualitätssicherung Immissionen wurde ein Faktenblatt zum aktuellen Stand von Low-Cost Sensoren für Luftqualitätsmessungen erstellt<sup>6</sup>. Die technologischen Entwicklungen von Low-Cost Sensoren werden jedoch weiterverfolgt und die Möglichkeiten und Grenzen dieser Messsysteme wird mittels eigener Untersuchungen und im Austausch mit anderen Institutionen evaluiert.

### **Kompakte Messstation**

Neben den präzisen Referenzgeräten, wie sie in den NABEL-Stationen betrieben werden, bieten kompakte, mobile Messstationen interessante Einsatzmöglichkeiten. Diese Messeinheiten bestehen typischerweise aus einer kompakten Anordnung von Messgeräten (z.B. für NO<sub>x</sub>/O<sub>3</sub>/PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>) inklusive Datenerfassung und Datenübertragung und können somit als autarke Messstation eingesetzt werden. Mit einer deutlich höheren Datenqualität als dies Low-Cost Sensoreinheiten liefern können, sowie mit einem Gesamtgewicht von ca. 25 kg sind solche Messstation flexibel und für eine Reihe von spezifischen Anwendungen einsetzbar.

---

<sup>6</sup> [Cercl'Air, 2024](#)

Beispielsweise für ergänzende Messungen in Gebieten ohne Luftschadstoffmessungen, oder an verkehrsnahen Orten in Städten, wo der Platz für eine traditionelle Luftqualitätsmessstation fehlt. Im Rahmen des NABEL wurde bereits eine kompakte Messstation aufgebaut sowie ein kommerzielles Produkt erworben. Mit Testmessungen werden deren Einsatzmöglichkeiten evaluiert.

## **7. Strategie bis 2030**

### **Langfristige Erfolgskontrolle**

Das NABEL soll weiterhin zuverlässige und aussagekräftige Informationen über die Luftqualität in der Schweiz liefern sowie eine langfristige Erfolgskontrolle von emissionsmindernden Massnahmen sicherstellen. Das NABEL setzt sich dabei zum Ziel, die Datenqualität und Homogenität der Messreihen hochzuhalten und gleichzeitig möglichst effiziente und einfache Methoden und Abläufe einzusetzen. Die Qualitätsanforderungen zur exakten Messung der Luftqualität sowie die erwartete weiter abnehmende Belastung mit Luftschadstoffen stellen hohe Anforderungen an die Messtechnik und die Qualität der Messdaten.

Um diesen Anforderungen zu genügen, wird einerseits eine Kontinuität bei den Messstandorten sichergestellt, andererseits werden das Messprogramm und die angewendeten Messkonzepte laufend den technischen Entwicklungen und Möglichkeiten angepasst. Ein Beispiel dafür ist die Evaluation von automatisierten Algorithmen zu Qualitätskontrolle mittels maschinellen Lernens (ML) und statistischen Methoden, welche an der Empa für die Anwendung im GAW Programm entwickelt wurden.

### **Klimaaktive Substanzen**

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Luftschadstoffen und klimaaktiven Substanzen, beispielsweise bei deren Transport und Umwandlung in der Atmosphäre sowie in der Messtechnik. Deswegen werden im NABEL an ausgewählten Standorten wie dem Jungfraujoch und Härkingen, sowie an den EMEP-Stationen Beromünster, Payerne und Rigi-Seebodenalp auch Treibhausgase gemessen. Zudem besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem NABEL und dem langfristig angelegten Projekt CLIMGAS-CH. In diesem werden über Messungen und Modellierung die Emissionen von halogenierten Treibhausgasen und ozonabbauenden Stoffen, sowie der Treibhausgase CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O bestimmt. Die Zusammenarbeit mit CLIMGAS-CH und anderen Forschungsprojekten soll weiterhin gefördert werden, um eine optimale Nutzung der NABEL Daten und Infrastruktur zu gewährleisten.

### **AIRDB – eine schweizweite Lufthygienedatenbank**

Das NABEL und die meisten kantonalen und städtischen Fachstellen werden voraussichtlich ab 2026 alle lufthygienischen Messwerte sowie die relevanten betrieblichen Daten in einer gemeinsamen Datenbank halten. Diese neue gemeinsame Lösung erleichtert in Zukunft den Austausch und die Nutzung der Daten.

### **Anpassung des Messkonzepts**

Änderungen des Messprogramms sind jeweils im Technischen Bericht dokumentiert. Die aktuelle Zusammenstellung des Messprogramms (siehe Anhang 2) und der verwendeten Methoden findet sich im Technischen Bericht 2024.

## **8. Ausblick bis 2035**

Das NABEL erfüllt weitestgehend die Anforderungen der Messstrategie 2020-2029 des internationalen Messprogramms EMEP im Rahmen des Übereinkommens über weiträumige,

grenzüberschreitende Luftverunreinigung (UNECE CLRTAP). Die von der Schweiz erwarteten Messungen werden ergänzt durch Messungen, welche besonders für die Lufthygiene in der Schweiz relevant sind.

In den vergangenen Jahren hat eine bedeutende Entwicklung von neuen Methoden zur Messung von Luftschadstoffen stattgefunden. Beispiele hierfür sind Laserspektroskopische Verfahren für die simultane, hochpräzise und selektive Messung von zahlreichen gasförmigen Luftschadstoffen, sowie Massenspektrometer und Röntgenfluoreszenzinstrumente (XRF) zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Feinstaubpartikel in Echtzeit. Im Rahmen des NABEL werden die Einsatzmöglichkeiten und der Nutzen neuer Techniken für Langzeitmessungen geprüft. Das NABEL wird daher weiterhin eine aktive Rolle bei der Evaluation von neuen Messmethoden und der Entwicklung von Messkonzepten für die Messung der Luftqualität in der Schweiz wahrnehmen.

Luftqualitätsmessungen liefern genaue Messungen an einer kleinen Anzahl repräsentativer Orte. Diese Messwerte sind für die Kenntnis der zeitlichen Entwicklung der Luftqualität von zentraler Bedeutung. Für verschiedene Anwendungen besteht jedoch ein grosses Interesse an flächenhaften Informationen, d.h. Kenntnis über die Luftqualität an jedem Ort. Solche flächenhaften Informationen können nur mit Modellen gewonnen werden. Wie die Messtechnik, so hat sich auch die Modellierung der räumlichen Verteilung von Luftschadstoffen in den vergangenen Jahren deutlich weiterentwickelt. Die räumliche Auflösung sowie die Genauigkeit der verfügbaren (Chemie-) Transportmodelle haben sich verbessert. Es kann erwartet werden, dass diese Entwicklung auch in den kommenden Jahren anhalten wird. Modelle und Messungen ergänzen sich ideal, da die Modelle einerseits Messwerte von Luftqualitätsmessnetzen wie dem NABEL zur Validierung der Resultate benötigen und andererseits Informationen liefern, welche durch die Messungen allein nicht bereitgestellt werden können. Bei der strategischen Planung des NABEL werden daher die Möglichkeiten von Modellen für ein verbessertes Verständnis von Luftschadstoffen berücksichtigt. Insbesondere werden auch die Aktivitäten im Rahmen des Copernicus Atmospheric Monitoring Service ([CAMS](#)) zur Modellierung der Luftqualität auf regionaler und globaler Skala aufmerksam beobachtet.

Schliesslich werden im NABEL die Möglichkeiten zur Abschätzung der Luftqualität aus Satellitendaten verfolgt, da Satellitendaten in Gebieten ohne Bodenmessungen wertvolle Information liefern und mithelfen können, die Luftbelastung flächendeckend zu erfassen. Das Potential von Satellitendaten für wolkenfreie Bedingungen wurde bereits erfolgreich untersucht. Neue Generationen von Satelliten (z.B. [Sentinel-5P](#) oder in naher Zukunft auch geostationäre Satelliten wie Sentinel-4) stellen eine nützliche Ergänzung zu Bodenstationen dar. Ähnlich wie bei den atmosphärischen Modellen stützen sich die Auswertungen von Satellitendaten auf die Verfügbarkeit von qualitativ hochstehenden Bodenmessungen zur Validierung der Auswerteverfahren.

Mit dem vorliegenden Mess-Konzept 2025 – 2035 ist das NABEL für die Entwicklungen und Herausforderungen der Luftreinhaltung auch in Zukunft gerüstet.

## Anhang 1: Beschreibung des Messnetzes NABEL

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 der Art des Standortes (Standorttyp) vorzunehmen. Die vom Bundesamt für Umwelt BAFU herausgegebene Empfehlung für Immissionsmessungen von Luftfremdstoffen (BAFU, 2021) enthält ein Raster von Standorttypen, mit dem die räumlichen Unterschiede der Luftschadstoffbelastung in der Schweiz abgebildet werden. Die 16 Messstationen des NABEL erfassen die Luftschadstoffbelastung an den meisten dieser verschiedenen Standorttypen und decken repräsentative Belastungssituationen ab. Eine Ausnahme sind Standorte im Einflussbereich von Industrieanlagen. Solche Standorte werden von den kantonalen Messnetzen im Rahmen des Vollzugs abgedeckt. Die Messstationen des NABEL können in die folgenden Standorttypen eingeteilt werden:

### Klassierung der NABEL-Stationen nach Standorttyp

	Standorttyp	Abkürzung	Station	Standorttyp nach Immissionsmessempfehlung
	Städtisch, verkehrsbelastet	BER LAU	Bern-Bollwerk Lausanne-César-Roux	U_T
	Städtisch	LUG ZUE	Lugano-Università Zürich-Kaserne	U_B
	Vorstädtisch	BAS DUE	Basel-Binningen Dübendorf-Empa	S_B
	Ländlich, Autobahn	HAE SIO	Härkingen-A1 Sion-Aéroport-A9	R_T
	Ländlich, unterhalb 1000 m	MAG PAY TAE BRM	Magadino-Cadenazzo Payerne Tänikon Beromünster	R_Br
	Ländlich, oberhalb 1000 m	CHA RIG DAV	Chaumont Rigi-Seebodenalp Davos-Seehornwald	R_B_m
	Hochgebirge	JUN	Jungfraujoch	

## Anhang 2: Messprogramm des NABEL (Stand 2025)

			EMEP GAW	EMEP				EMEP GAW				EMEP	EMEP GAW		EMEP	
Messgrösse	BAS	BER	BRM	CHA	DAV	DUE	HAE	JUN	LAU	LUG	MAG	PAY	RIG	SIO	TAE	ZUE
Schwefeldioxid (SO2)							X	X		X		X	X			X
Stickoxide (NOx, NO2, NO)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NO2 selektive Methoden			X					X				X	X			
Lachgas (N2O)			X					X								
Ozon (O3)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kohlenmonoxid (CO)		X	X <sup>1)</sup>				X	X <sup>1)</sup>		X		X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>			X
Kohlendioxid (CO2)			XB				X	X				X	X			
Methan (CH4)			XB <sup>1)</sup>			X		X <sup>1)</sup>		X		X <sup>1)</sup>	X <sup>1)</sup>			X
Nichtmethankohlenwasserstoffe						X				X						X
BTX (Benzol, Toluol, Xylol)		S	S			S										
VOC-Komponenten <sup>2)</sup>			S					S								
Halogenierte Verbindungen <sup>2)</sup>								S								
Schwefelhexafluorid (SF6)								S								
Ammoniak (NH3)			X									X			X	
Feinstaub PM10, HiVol	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
Feinstaub PM10, kontinuierlich	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Feinstaub PM2.5, HiVol	T	T				T	T		T	T	T	T	T	T	T	T
Feinstaub PM2.5, kontinuierlich	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Partikelanzahl	X	X					X			X			X			X
Partikel-Grössenverteilung						X										X
EBC im PM2.5	X	X				X	X			X	X	X	X			X
TC im PM2.5												X				
EC/OC im PM2.5	T	T				T	T			T	T	T	T			T
PAK im PM10	3M	3M	3M			3M	3M		3M	3M	3M	3M		3M	3M	3M
Pb, Cd, As, Ni, Cu im PM10	J	J	J	J		J	J	J	J	J	J	J	J	J	J	J, S <sup>3)</sup>
Cl-, NO3-, SO42- im PM10								M		M		T	T			
Na+, K+, Ca2+, Mg2+ im TSP												T	T			
Staubniederschlag (SN)	J	J					J		J		J	J	J			J
Pb, Cd, Zn, Tl, As, Cu, Ni im SN	J	J					J		J		J	J	J			J
pH-Wert, Leitfähigkeit (Regen)											W	T	W			
Na+, NH4+, K+, Ca2+, Mg2+											W	T	W			
Cl-, NO3-, SO42- (Regen)											W	T	W			
Σ(NH3 + NH4+); Σ(HNO3 +												T	T			
NH3, NH4+, HNO3, NO3-			2W								2W	2W	2W			
Druck	XA	X	XB	XA	X	X	X	XA	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Temperatur	XA	X	XB	XA	X	X	X	XA	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Feuchtigkeit	XA	X	XB	XA	X	X	X	XA	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Wind	XA	X	XB	XA	X	X	X	XA	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Globalstrahlung	XA	X	X	XA	X	X	X	XA	X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Niederschlagsmenge	XA	X	X	XA	X	X	X		X	XA	XA	XA	X	XA	XA	X
Verkehrsstärke		S					SA		S					SA		

X=Zehnminutenmittelwerte

S=Stundenmittelwerte

T=Tagesmittelwerte

W=Wochenmittelwerte

2W=14-Tage-Mittel

M=Monatsmittelwerte

3M=Dreimonatsmittel

J=Jahresmittelwerte

XA=Zehnminutenmittelwerte (MeteoSchweiz)

SA=Stundenmittelwerte (ASTRA)

XB=Zehnminutenmittelwerte (Universität Bern)

EMEP=European Monitoring and Evaluation Programme

GAW=Global Atmosphere Watch Programme

<sup>1)</sup> mittels Laserspektroskopie

<sup>2)</sup> Einzelkomponenten siehe Technischer Bericht des NABEL (Empa und BAFU)

<sup>3)</sup> Messung weiterer Spurenelemente

Gase

Partikel

Deposition

N-Verbindungen

Meteo