

Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL)

Messkonzept 2020-2030



NABEL-Leitung

Dr. Richard Ballaman, BAFU (Vorsitz)

Dr. Rudolf Weber, BAFU

Dr. Lukas Emmenegger, Empa

Dr. Christoph Hüglin, Empa

Dr. Stefan Reimann, Empa

6. Februar 2020

Inhalt

1. Zusammenfassung	4
2. Ausgangslage	5
3. Ziel und Zweck des Messnetzes	6
4. Standorttypen des NABEL	7
5. Messprogramm und Messmethoden	8
6. Strategie bis 2025	10
7. Ausblick bis 2030	11
Anhang 1: Beschreibung des Messnetzes NABEL	13
Anhang 2 Messprogramm des NABEL (Stand 2020)	14

1. Zusammenfassung

Das NABEL-Messnetz ist ein zentrales Element der Umweltbeobachtung in der Schweiz. Es wurde 1978 aufgebaut und nach einem Bundesratsbeschluss im Jahre 1988 von acht auf sechzehn Stationen erweitert. 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 Luftreinhalteverordnung 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 werden auf dem Jungfraujoch im Projekt CLIMGAS-CH verschiedene Treibhausgase gemessen, um deren zeitliche Entwicklung und Herkunft bestimmen zu können.

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 den Smartphone-Applikationen airCheck und MeteoSwiss. Die NABEL-Jahresberichte ergänzen diese Informationsquellen und liefern Interpretationen und eine Übersicht über langfristige Veränderungen der Luftqualität.

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 Mitgliedschaft in der Europäischen Umweltagentur (EEA), sowie die Teilnahme am Global Atmosphere Watch (GAW) Programm der Weltorganisation für Meteorologie (WMO) und bei ICOS, ACTRIS und AGAGE bedingen weitere spezifische Messungen.

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 dieser Techniken für Langzeitmessungen in einem Luftqualitätsmessnetz geprüft. Je nach Eignung und Nutzen sollen verfügbare neue Technologien im NABEL eingesetzt werden.

Luftqualitätsmessungen liefern genaue Messungen an einer vergleichsweise 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, welche 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.

Dieses aktualisierte Messkonzept zeigt auf, wie das NABEL unter Berücksichtigung der Entwicklungen auf nationaler und internationaler Ebene auch für den Zeitraum 2020-2030 zuverlässige und präzise Informationen über die Luftqualität in der Schweiz zur Verfügung stellen kann.

2. Ausgangslage

Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe NABEL wurde 1978 gegründet und während den ersten Jahren mit acht Messstationen betrieben. Gemäss dem Bundesratsbeschluss vom 17. August 1988 wurde das Messnetz auf 16 Stationen ausgebaut. Das **Basis-Messprogramm** des NABEL umfasst die Luftschadstoffe, für welche in der Luftreinhalteverordnung (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 der Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung ([UNECE CLRTAP](#)) verpflichtet ist. Darüber hinaus werden **ergänzende Messungen** von Treibhausgasen und spezifischer Schadstoffen wie Stickstoffkomponenten oder zusätzliche Partikelkenngössen und Partikelinhaltsstoffen, durch Zusatzprojekte sichergestellt.

Das vorliegende Messkonzept trägt der Entwicklung der Wissenschaft, Technik und Politik der letzten Jahre Rechnung. Es basiert auf dem Messkonzept 2015-2025. Neben den bekannten Problemen der Luftreinhaltung wie übermässige Belastung durch Feinstaub, Stickstoffdioxid, Ammoniak und Ozon haben die Bereiche kanzerogene Luftschadstoffe, die weiträumige Verfrachtung und Deposition von Luftschadstoffen und die Messung von Treibhausgasen an Bedeutung gewonnen.

Darüber hinaus haben sich auch die Anforderungen betreffend **Datenzugang und Datenaustausch** verändert. Das BAFU betreibt neben der NABEL-Datenbank auch eine Datenbank mit ausgewählten lufthygienischen Daten der Schweiz gemäss Art. 44 Ziff.2 des Umweltschutzgesetzes (USG). Zurzeit ist in Zusammenarbeit mit den kantonalen Fachstellen der Aufbau einer gesamtschweizerischen Datenbank (AIRDB) für alle lufthygienischen Messdaten in Arbeit.

Das internationale Umfeld des NABEL ändert sich:

- Im internationalen Messprogramm [EMEP](#) des Übereinkommens über weiträumige, grenzüberschreitende Luftverunreinigung (UNECE CLRTAP) wurde eine aktualisierte Messstrategie verabschiedet (Messstrategie 2020-2029). Dies erfordert im NABEL insbesondere erweiterte Messaktivitäten für Inhaltsstoffe von Feinstaub.
- Die Station Beromünster wurde, aufgrund der repräsentativen Lage und des Messprogramms, durch die WMO (World Meteorological Organization) als regionale Station im Rahmen des [GAW](#) Programms (Global Atmosphere Watch) anerkannt. Zudem erfüllt Beromünster die Anforderungen von EMEP in idealer Weise und wurde daher auch in das zugehörige Messnetz aufgenommen.
- Die Station Jungfrauoch wurde als atmosphärische Messstation des [ICOS](#) Infrastrukturprogramms (Integrated Carbon Observation System) zertifiziert. Dies erfordert Messungen von CO₂, CH₄ und N₂O gemäss den Datenqualitätsvorgaben von ICOS. Zudem wurde die Station Jungfrauoch in das globale [AGAGE](#) Netzwerk aufgenommen (Messung von halogenierten Treibhausgasen).
- Die Schweiz ist Mitglied der Europäischen Umweltagentur und liefert Daten von 12 NABEL-Stationen zusammen mit Daten von 22 kantonalen Stationen an die europäische lufthygienische Datenbank [Euroairnet](#). Dies erfordert eine langfristige Fortführung dieser Messreihen.
- Die Schweiz folgt weitgehend den Messvorgaben der EU Richtlinie zur Luftqualität, 2008/50/EG, beurteilt aber die Luftqualität nach den schweizerischen Immissions-

grenzwerten der LRV. Die Umsetzung der Messvorgaben der EU Richtlinie wird im Rahmen von Arbeitsgruppen des Europäischen Komitees für Normung (CEN) erarbeitet.

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

3. Ziel und Zweck des Messnetzes

Gemäss Artikel 39 Absatz 1 der Luftreinhalte-Verordnung (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 (IGW) ermöglicht. Eine weitere wichtige Aufgabe ist die **Erfolgskontrolle** betreffend der gegen die Luftverschmutzung ergriffenen Massnahmen (Art. 44 Umweltschutzgesetz). Diese basiert auf der langfristigen Messung und Analyse der Schadstoffkonzentrationen.

Gemäss Artikel 39 Absatz 2 der LRV wird das NABEL durch die Empa betrieben. Die Empa vertritt auch die Schweiz in [AQUILA](#), dem Netzwerk der nationalen Referenzlabors für lufthygienische Messungen der EU und EFTA Staaten. 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 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 Art. 10e des Umweltschutzgesetzes. Dies erfolgt über Berichte und der Darstellung der aktuellen Belastung in Tabellen und Karten. 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, bei denen auch die Schweiz Vertragspartei ist. Dazu gehört vor allem das UNECE Übereinkommen über die weiträumige, grenzüberschreitende Luftverschmutzung ([UNECE CLRTAP](#); Genf, 1979), einschliesslich der acht Protokolle, welche von den Ländern Immissionsmessungen gemäss den Vorgaben der EMEP Messstrategie 2020-2029 verlangen.

Das NABEL pflegt zudem einen intensiven Datenaustausch mit mehreren 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](#)). Auch innerhalb von Forschungs- und Infrastrukturprojekten der EU ist das NABEL stark eingebunden, z.B. im Integrated Carbon Observation System ([ICOS](#)), und im Aerosols, Clouds and Trace gases Research Infrastructure ([ACTRIS](#)).

4. Standorttypen des NABEL

Die Einteilung der Messorte des NABEL in Standorttypen bildet die allgemeine Situation der Luftqualität in der Schweiz ab und entspricht den Kategorien, wie sie in der Europäischen Umweltagentur verwendet werden. Die einzelnen Messstationen repräsentieren dabei in erster Linie einen Standorttyp und erst zweitrangig eine geographische Region. Zur Charakterisierung lokaler Verhältnisse wird das NABEL durch Messungen von Kantonen und Städten ergänzt.

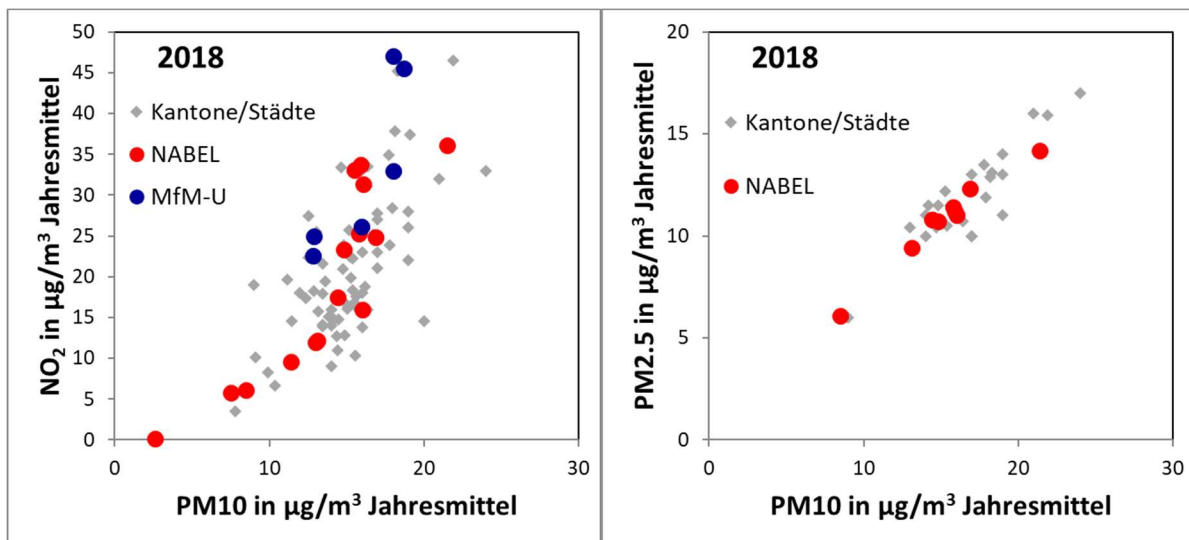


Abbildung 1: Jahresmittel 2018 von PM_{10} und NO_2 (linke Grafik) sowie Jahresmittel von PM_{10} und $\text{PM}_{2.5}$ (rechte Grafik) an Messstationen des NABEL, des Projekts „Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt“ (MfM-U) sowie an den von Kantonen und Städten betriebenen Messstationen in der Schweiz.

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 NO₂, PM10 und PM2.5 ab. Die höchsten Belastungen durch PM10 im Südtessin sind durch die NABEL-Stationen nicht abgedeckt. Dafür ist die Hintergrundbelastung durch die NABEL Stationen 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 ab. Der städtische Hintergrund, welcher sehr bedeutend ist für die Bevölkerungsexposition, wird aber auf der Alpennordseite nur durch die Messstation Zürich-Kaserne vertreten.

Ergänzend zum NABEL messen Kantone und Städte Luftschadstoffe in spezifischen Situationen und in der Nähe grosser Emittenten. Die Nutzung aller schweizerischen Daten erlaubt heute die Erzeugung von stündlich aktualisierten Karten der momentanen Luftbelastung durch Ozon, Stickstoffdioxid und Feinstaub.

Bei allen Standorten 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.

5. Messprogramm und Messmethoden

Die im NABEL gemessenen Parameter werden systematisch daraufhin überprüft, ob und an welchen Standorten sie zur Erfüllung der nationalen und internationalen Verpflichtungen gemessen werden müssen, oder ob sie zusätzliche relevante Informationen über die Luftbelastung liefern. Das aktuelle Messprogramm des NABEL ist in Anhang 2 tabellarisch dargestellt.

Gase

Alle Gase (SO₂, NO₂, CO und O₃), für die in der LRV Immissionsgrenzwerte festgelegt sind, werden im NABEL-Messnetz gemessen. An ausgewählten Stationen wird die Summe der flüchtigen organischen Kohlenwasserstoffe (Total VOCs) als Vorläufersubstanz von troposphärischem O₃ und Feinstaub sowie NH₃ als Vorläufer von Feinstaub gemessen. An der Station BRM werden zudem die meisten bekannten VOCs als Einzelsubstanzen analysiert, einschliesslich kanzerogenen Verbindungen wie Benzol und Butadien. An der Station Jungfrauoch werden zusätzlich die Treibhausgase CO₂, CH₄, N₂O sowie zahlreiche ozonzerstörende halogenierte Verbindungen im Rahmen des Projektes CLIMGAS-CH bestimmt. Treibhausgase werden zudem an den Stationen BRM, PAY und RIG sowie an der verkehrsexponierten Station HAE gemessen.

Partikel

In der LRV sind Immissionsgrenzwerte für PM10, PM2.5 und einige Schwermetallgehalte festgelegt. Diese Grössen werden im NABEL an den meisten Standorten gemessen. Für eine umfassendere Beurteilung der Feinstaubbelastung werden in befristeten Zusatzprojekten die Partikelanzahl, die Partikelgrössenverteilung, partikelgebundene Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) sowie Russ gemessen. Russ wird mit der thermisch-optischen Methode (Referenzmethode) sowie mittels Messung der Lichtabsorption von PM2.5 bestimmt. Letzteres Verfahren wird bei mehreren Wellenlängen angewendet, wodurch sich die Beiträge von Dieselmotoren und Holzfeuerungen an den gesamten Russimmissionen unterscheiden lassen.

Deposition

Die durch die LRV geregelte Gesamtdosition 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 und Stickoxiden gemessen. Um zudem ein Prozessverständnis für die Ammoniakemission und die Umwandlung von Ammoniak in der Atmosphäre zu erlangen, werden an einigen exemplarischen Standorten zeitlich hoch aufgelöste Messungen von Ammoniak durchgeführt.

Meteo und Verkehr

Verschiedene Hilfsgrößen dienen der Interpretation der beobachteten Luftbelastung. Dabei wird in der Messmethodik und -technik der MeteoSchweiz, bzw. derjenigen des ASTRA gefolgt. 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 verfolgt und die Eignung neuer Messmethoden für den Messnetzbetrieb wird durch Parallelmessungen mit den etablierten Methoden abgeklärt. Im Rahmen des europäischen Netzwerkes der nationalen Referenzlabors (AQUILA), innerhalb von Arbeitsgruppen des Europäischen Komitee für Normung (CEN), sowie innerhalb des GAW und zeitlich befristeten 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 Low-Cost Sensoren für die Messung von Luftschadstoffen und Treibhausgasen (WMO, 2018). Dieses Interesse ist hauptsächlich auf die Möglichkeit zurückzuführen, kleine, leichte und batteriebetriebene Sensoreinheiten in grösserer Anzahl einzusetzen. Dadurch könnten Luftschadstoffe und Treibhausgase mit grosser räumlichen und zeitlichen 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 werden Low-Cost Sensoren getestet und parallel zu Referenzgeräten des NABEL eingesetzt. Basierend auf eigenen Untersuchungen mit Low-Cost Sensoren und durch den Austausch mit anderen Institutionen werden die Möglichkeiten und Grenzen dieser Technologie ermittelt.

Kompakte Messstation

Neben den präzisen Referenzgeräten, wie sie in NABEL-Stationen betrieben werden, könnten kompakte Messstationen interessante Einsatzmöglichkeiten bieten. Diese Messeinheiten

könnten aus einer kompakten Anordnung von Messgeräten (z.B. für NO_x/O₃/PM_{2.5}/PM₁₀) inklusive Datenerfassung und Datenübertragung bestehen und könnten 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 wäre eine solche Messstation ausreichend portabel und für eine Reihe von spezifischen Anwendungen einsetzbar. 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 wird eine solche kompakte Messstation aufgebaut, getestet und es werden Einsatzmöglichkeiten eruiert.

6. Strategie bis 2025

Langfristige Erfolgskontrolle

Das NABEL soll weiterhin zuverlässige und aussagekräftige Informationen über die Luftqualität in der Schweiz liefern sowie eine langfristige Erfolgskontrolle von emissions-mindernden Massnahmen sicherstellen. Das NABEL setzt sich dabei zum Ziel, die Datenqualität und Homogenität der Messreihen hoch zu halten und gleichzeitig möglichst effiziente und einfache Methoden und Abläufe einzusetzen.

Um dies zu erreichen wird einerseits eine Kontinuität bei den Messstandorten sichergestellt, andererseits das Messprogramm und die angewendeten Messkonzepte laufend den technischen Entwicklungen und Möglichkeiten angepasst. Als weitere Möglichkeit um Informationen über die räumliche Verteilung von Luftschadstoffen zu gewinnen (Ergänzung zu fixen Stationen), könnten insbesondere in städtischer Umgebung in Zukunft auch kleine und kostengünstige Sensoren eine wichtige Rolle spielen. Sensoren könnten zum Beispiel für orientierende Messungen oder die Untersuchung kleinräumiger Unterschiede der Luftqualität im städtischen Raum eingesetzt werden. Im Rahmen des NABEL werden durch entsprechende Abklärungen die Möglichkeiten und Grenzen solcher Sensoren für Luftqualitätsmessungen ermittelt. Ebenfalls könnten die bestehenden fixen Messstationen mit ihrem umfangreichen Messprogramm durch kompakte Messstationen zur Messungen einiger weniger Schadstoffe ergänzt werden.

Klimaaktive Substanzen

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen Luftschadstoffen und klimaaktiven Substanzen, beispielsweise beim Transport und der 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 langfristigen angelegten Projekt CLIMGAS-CH. In diesem werden über Messungen und Modellierung die Emissionen von halogenierten Treibhausgasen und ozonabbauenden Stoffen, sowie der Treibhausgase CH₄ und N₂O 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 ab 2020 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.

Neuer Standort in Dübendorf

Der Standort der NABEL Messstation in Dübendorf wird 2021 überbaut. Im Frühjahr 2020 wird daher eine neue Messstation auf dem Areal der Eawag gebaut und in Betrieb genommen. Durch Parallelmessungen der alten und neuen Messstation wird sichergestellt, dass die langen Messreihen weitergeführt werden können. Die neue Messstation erfüllt einerseits alle Anforderungen an eine moderne Luftqualitäts-Messstation andererseits ist sie so gestaltet, dass sich die interessierte Öffentlichkeit über das Thema Luftqualität informieren kann.

Anpassung des Messkonzepts

Die Änderungen des Messprogramms sind jeweils im Technischen Bericht dokumentiert. Eine Zusammenfassung für die Jahre 2015 – 2020 findet sich im Technischen Bericht 2020.

7. Ausblick bis 2030

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 auch 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 zur Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Feinstaubpartikel in Echtzeit. Im Rahmen des NABEL werden die Einsatzmöglichkeiten und der Nutzen dieser Techniken für Langzeitmessungen in einem Luftqualitätsmessnetz geprüft. Je nach Eignung und Nutzen sollen verfügbare neue Technologien im NABEL eingesetzt werden. 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 spielen.

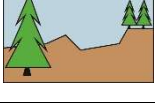
Luftqualitätsmessungen liefern genaue Messungen an einer vergleichsweise kleinen Anzahl repräsentativer Orte. Diese Messwerte sind für die Kenntnis der zeitlichen Entwicklung der Luftqualität von zentraler Bedeutung. Für verschiedene Anwendungen besteht jedoch ein grosses Interesse an flächenhaften Informationen, d.h. Kenntnis über die Luftqualität an jedem Ort. Flächenhafte Informationen können 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 alleine 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 und schneefreie Bedingungen wurde bereits erfolgreich untersucht. Neue Generationen von Satelliten (z.B. [Sentinel-5P](#) oder in Zukunft auch geostationäre Satelliten) 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 Kalibration der Auswerteverfahren.

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 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 folgende Einteilung der NABEL-Stationen nach Standorttypen:

Klassierung der NABEL-Stationen nach Standorttyp

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

Die 16 Stationen des NABEL-Netzes sind räumlich weit über die Schweiz verteilt und repräsentieren alle Stufen der Belastung, von sehr hoch bis sehr niedrig. Das NABEL deckt damit die wichtigsten in der Schweiz vorkommenden Belastungstypen ab.

Anhang 2 Messprogramm des NABEL (Stand 2020)

			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 (SO ₂)	X					X	X	X		X	X	X	X			X
Stickoxide (NO _x , NO ₂ , NO)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
NO ₂ selektive Methoden			X					X				X	X			
Lachgas (N ₂ O)			X					X								
Ozon (O ₃)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Kohlenmonoxid (CO)		X	X			X	X	X	X	X		X	X			X
Kohlendioxid (CO ₂)			XB				X	X				X	X			
Methan (CH ₄)			XB			X		X		X						X
Nichtmethankohlenwasserstoffe						X				X						X
BTX (Benzol, Toluol, Xylol)		S	S			S										
VOC Komponenten 1)			S					S								
Halogenierte Verbindungen 1)								S								
Schwefelhexafluorid (SF ₆)								S								
Ammoniak (NH ₃)			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			
Partikel-Grössenverteilung																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
Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ im PM10								M		M		T	T			
Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ 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 ⁺ , NH ₄ ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ (Regen)											W	T	W			
Cl ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ (Regen)											W	T	W			
Σ(NH ₃ + NH ₄ ⁺); Σ(HNO ₃ + NO ₃ ⁻)												T	T			
NH ₃ , NH ₄ ⁺ , HNO ₃ , NO ₃ ⁻			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

¹⁾ Einzelkomponenten siehe Technischer Bericht des NABEL (Empa und BAFU)

Gase

Partikel

Deposition

N-Verbindungen

Meteo