Umwelt
Zentralschweiz

Luftbelastung in der Zentralschweiz

Detaillierte Messdaten 2021

www.in-luft.ch

Nummer 24, Juni 2022

Impressum

Titel	Luftbelastung in der Zentralschweiz: Detaillierte Messdaten 2021
Herausgeberin	Zentralschweizer Umweltfachstellen
Redaktion und Bearbeitung	Amt für Landwirtschaft und Umwelt Obwalden, Marco Dusi, St. Antonistrasse 4, 6060 Sarnen, Telefon 041 666 63 27, umwelt@ow.ch
Datenbereitstellung	inNET Monitoring AG, Dätwylerstrasse 15, 6460 Altdorf, Telefon 041 500 50 40, info@innetag.ch
Kontaktstellen	**Uri** Amt für Umweltschutz, Klausenstrasse 4, 6460 Altdorf Telefon 041 875 24 30, afu@ur.ch **Schwyz** Amt für Umwelt und Energie, Postfach 2162, 6431 Schwyz Telefon 041 819 20 35, afu@sz.ch **Nidwalden** Amt für Umwelt, Postfach 1251, 6371 Stans Telefon 041 618 75 04, afu@nw.ch **Obwalden** Amt für Landwirtschaft und Umwelt, St. Antonistrasse 4, 6060 Sarnen Telefon 041 666 63 27, umwelt@ow.ch **Luzern** Umwelt und Energie (uwe), Postfach 3439, 6002 Luzern Telefon 041 228 60 60, uwe@lu.ch **Zug** Amt für Umwelt, Postfach, 6301 Zug Telefon 041 728 53 70, info.afu@zg.ch
Titelfoto	Wolkengebilde am Morgenhimmel (Bild: M. Dusi)
Download-Adresse	www.in-luft.ch
Zitiervorschlag	Luftbelastung in der Zentralschweiz: Detaillierte Messdaten 2021, Zentralschweizer Umweltfachstellen, Juni 2022.

Inhalt

Zusammenfassung ... 1

1 Einleitung ... 2

2 Die Luftbelastung im Jahr 2021 ... 4

2.1 Die langjährige Entwicklung der Luftbelastung in der Schweiz ... 4

2.1.1 Luftverschmutzung und Gesundheit ... 7

2.2 Die Luftbelastung 2021 in der Zentralschweiz ... 8

2.3 Das Wetter im Jahr 2021 ... 13

2.3.1 Der Einfluss der Meteorologie auf die Immissionen von Luftschadstoffen ... 16

2.4 Messergebnisse ... 17

2.4.1 Luzern, Moosstrasse ... 18

2.4.2 Zug, Postplatz ... 19

2.4.3 Ebikon, Sedel Hügelkuppe ... 20

2.4.4 Schwyz, Rubiswilstrasse ... 21

2.4.5 Stans, Pestalozzi (Kurzzeitmessung) ... 22

2.4.6 A2 Uri ... 23

2.4.7 Reiden, Bruggmatte ... 24

2.4.8 Altdorf, Gartenmatt ... 25

2.4.9 Beromünster (NABEL Station) ... 26

2.4.10 Rigi, Seebodenalp (NABEL-Station) ... 27

2.4.11 Zugerberg ... 28

2.5 NO_2-Passivsammler-Messungen 2021 ... 29

2.5.1 Resultate 2021 sortiert nach Kantonen ... 30

2.5.2 Resultate 2021 sortiert nach Standortklasse ... 33

2.6 Detaillierte Auswertung der Immissionsmessungen 2021 ... 36

A1 Das Messnetz von in-luft ... 44

A2 Messverfahren und Datenverarbeitung ... 50

A3 Gesetzliche Grundlagen ... 55

A4 Glossar ... 56

Zusammenfassung

Seit einigen Jahren werden die Grenzwerte für Feinstaub PM10 und Stickstoffdioxid (NO_2) nur noch vereinzelt überschritten. Im Vergleich zum Vorjahr haben die NO_2-Konzentrationen weiter leicht abgenommen, die Feinstaubkonzentrationen von PM10 und PM2.5 hingegen etwas zugenommen. An verkehrsbelasteten Standorten traten vereinzelte Überschreitungen des NO_2-Jahresmittelgrenzwerts auf. Die Jahresmittelgrenzwerte für PM10 und PM2.5 wurden eingehalten. Der PM10-Tagesmittelgrenzwert wurde überall einige Male aufgrund von Saharastaub-Ereignissen überschritten, an einigen Standorten häufiger als die zulässige Anzahl von drei Überschreitungen. Die Belastungen mit Russ nahmen ab, waren aber nach wie vor zu hoch. Sie lagen überall deutlich über dem empfohlenen Richtwert.

Der Sommer 2021 war geprägt von häufigen Niederschlägen. Die Ozongrenzwerte wurden deshalb weniger oft überschritten als in den letzten Jahren, die Belastung war aber immer noch zu hoch. Sämtliche Grenzwerte wurden deutlich überschritten.

Die hohen Ozonbelastungen zeigen die Notwendigkeit auf, die Vorläuferschadstoffe von Ozon noch weiter zu reduzieren. Dazu zählen hauptsächlich die Stickoxide und die leichtflüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Aufgrund der grossen gesundheitlichen Bedeutung der feinen und ultrafeinen Feinstaubfraktionen (PM2.5, PM1, Russ) müssen auch weitere Anstrengungen zur Reduktion dieser Schadstoffe unternommen werden.

1 Einleitung

Die Kantone Uri, Schwyz, Nidwalden, Obwalden, Luzern und Zug betreiben seit dem Jahr 1999 unter dem Namen «in-luft» ein Messnetz zur Luftqualitätsüberwachung auf dem Gebiet der Zentralschweiz. Zum Messnetz gehören kontinuierlich messende Stationen (Fixstationen), eine mobile, kontinuierlich messende Station für Kurzzeitmessungen an verschiedenen Standorten sowie eine Vielzahl von NO_2- und NH_3-Passivsammlerstandorten.

Neben den Stationen von in-luft werden auch solche anderer Organisationen zur Beurteilung der Luftqualität herangezogen, nämlich die Stationen Rigi-Seebodenalp und Beromünster des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL), die zwei Messstationen Reiden und A2 Uri des Projekts «Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt» (MfM-U), und seit 2016 die Station Zugerberg des Instituts für angewandte Pflanzenbiologie (IAP).

Der technische Betrieb des Messnetzes von in-luft wird seit 2004 von der Firma inNET Monitoring AG, Altdorf, wahrgenommen. Der Auftrag beinhaltet die Erfassung, Verarbeitung und Bereitstellung der Daten sowie die Veröffentlichung auf der Webseite www.in-luft.ch. Für die strategische Planung des Messnetzes, die Interpretation der Messergebnisse und für die Information der Öffentlichkeit über das Ausmass der Luftverunreinigungen sind die Umweltschutz- bzw. Luftreinhaltefachstellen der Zentralschweizer Kantone zuständig.

Das Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, USG) und im Speziellen die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) verpflichten die Kantone, den Stand und die Entwicklung der Luftverunreinigung auf ihrem Gebiet zu überwachen, das Ausmass der Immissionen zu ermitteln, die Öffentlichkeit darüber zu informieren und den Erfolg von Massnahmen zu prüfen. Zu diesem Zweck können die Kantone Erhebungen, Messungen oder Ausbreitungsrechnungen nach geeigneten Verfahren durchführen. Für die Beurteilung, ob die Immissionen übermässig sind, hat der Bundesrat in der LRV Grenzwerte festgelegt. Diese wurden so festgelegt, dass nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung Immissionen unterhalb der Grenzwerte Menschen, Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume nicht gefährden, die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stören, Bauwerke nicht beschädigen, und die Fruchtbarkeit des Bodens, die Vegetation und die Gewässer nicht beeinträchtigen. Mit der Revision der LRV im Jahr 2018 übernahm der Bund den von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlenen Grenzwert von 10 $\mu g/m^3$ (arithmetischer Jahresmittelwert) für die besonders gesundheitsschädigende Feinstaubfraktion PM2.5. Gleichzeitig erhöhte er die maximal erlaubte Anzahl Überschreitungen des Tagesmittel-Grenzwertes für PM10 von 1 auf 3. Die Immissionsgrenzwerte sind in Anhang →A3 dieses Berichts (S. →55) aufgeführt. Die Luftqualitätsmessungen bilden auch die Grundlage für die Massnahmenpläne, welche das USG und die LRV gegen übermässige Immissionen vorschreiben.

Zu den bedeutenden Luftschadstoffen, für die in der LRV keine Immissionsgrenzwerte existieren, zählen Ammoniak[1] (NH_3) und Russ. Die United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) hat für die Beurteilung der Stickstoffeinträge *Critical Loads* und *Critical Levels*[2] für unterschiedlich empfindliche Ökosysteme festgelegt. Die *Critical Loads* bezeichnen die Gesamtstickstofffrachten, die ein Ökosystem verkraften kann, ohne dass nachhaltige Veränderungen zu erwarten sind (Deposition). *Critical Levels* beziehen sich auf die Konzentration von Ammoniak in der Atmosphäre (Immission) und bezeichnen die verkraftbaren Langzeitbelastungen. Belastungen oberhalb dieser Grenzen sind auch gemäss LRV als übermässige Immissionen zu beurteilen.

[1] Zum Thema Ammoniak und Ammoniakmessungen sind entsprechende Berichte auf der Homepage von in-luft verfügbar (www.in-luft.ch).

[2] Weitere Informationen zu den Richtwerten sind auf der Homepage des BAFU erhältlich.

https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftqualitaet-in-der-schweiz/grenzwerte-fuer-die-luftbelastung.html

Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL)[3] fordert für den krebserzeugenden Russ, der zu den quellennahen, ultrafeinen Partikeln (Nanopartikel) mit einem Durchmesser von weniger als 1 µm gehört, Emissionsreduktionen um 80 Prozent in der Zeitspanne zwischen 2013 und 2023. Längerfristig seien die Emissionen jedoch um den Faktor 10–20 zu reduzieren, um das Krebsfallrisiko auf einen akzeptablen Wert zu senken. Dieses Ziel wäre bei Einhaltung eines Jahresmittelwerts von 0.1 µg/m^3 (Richtwert; bevölkerungsgewichtetes Mittel der Konzentrationen für elementaren Kohlenstoff [EC]) erreicht.

Der vorliegende Jahresbericht gibt einen Überblick über die Entwicklung der Luftbelastung in der Schweiz seit Anfang der neunziger Jahre (Kap. →2.1) und fasst die Immissionssituation des letzten Jahres in der Zentralschweiz zusammen (Kap. →2.2). Die Ergebnisse der kontinuierlich messenden Stationen und der NO_2-Passivsammler sind in Kapitel →2.4 bzw. →2.5 zu finden. Weil meteorologische Faktoren einen starken Einfluss auf die Ausbreitung der Luftschadstoffe haben und damit die Immissionen beeinflussen, werden in Kap. →2.3 die Wetterverhältnisse des Jahres 2021 rekapituliert. Der Anhang gibt Auskunft über das Messnetz von in-luft (→A1), die Messmethoden (→A2) und die gesetzlichen Grundlagen (→A3).

Weitere Informationen und Auswertungen sind auf der Webseite www.in-luft.ch zu finden. Dort stehen auch langjährige Datenbestände in elektronischer Form zum Herunterladen zur Verfügung. Die Auswertungen können individuell konfiguriert werden.

[3] Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) 2013: Feinstaub in der Schweiz 2013, Bern.
https://www.ekl.admin.ch/de/dokumentation/publikationen/

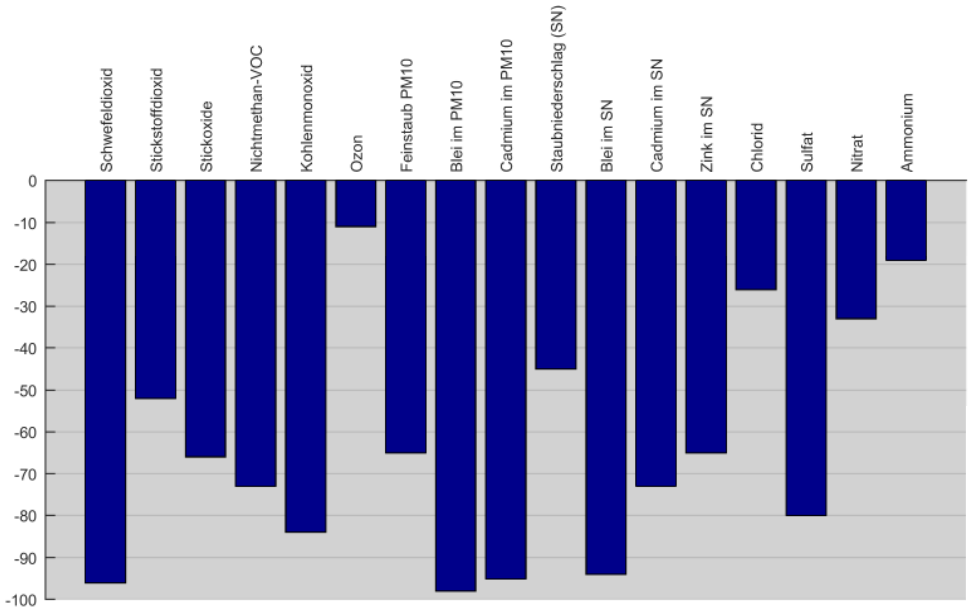
2 Die Luftbelastung im Jahr 2021

2.1 Die langjährige Entwicklung der Luftbelastung in der Schweiz

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat eine vorläufige Datenauswertung des NABEL-Messnetzes zur Luftbelastung im Jahr 2021 vorgenommen und auf seiner Homepage publiziert (NABEL Rückblick 2021, Ozonsommer 2021). Aktuelle Werte und Jahresmittelwertkarten der Vorjahre publiziert das BAFU ebenfalls auf seiner Homepage.

In der Schweiz werden Immissionsmessungen seit Mitte der 1960er Jahre durchgeführt, wobei man sich damals auf die Schadstoffe Schwefeldioxid und Staub konzentrierte. Ende der 70er Jahre ging aus den vorangehenden Messtätigkeiten des Bundes das NABEL hervor. Betrieben wird das Messnetz von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt Dübendorf (EMPA), für die Strategie, Interpretation und Publikation der Daten ist das BAFU zuständig. Das BAFU stellt auf seiner Homepage[4] eine Vielzahl an Daten und Publikationen zum Thema Luftbelastung zur Verfügung.

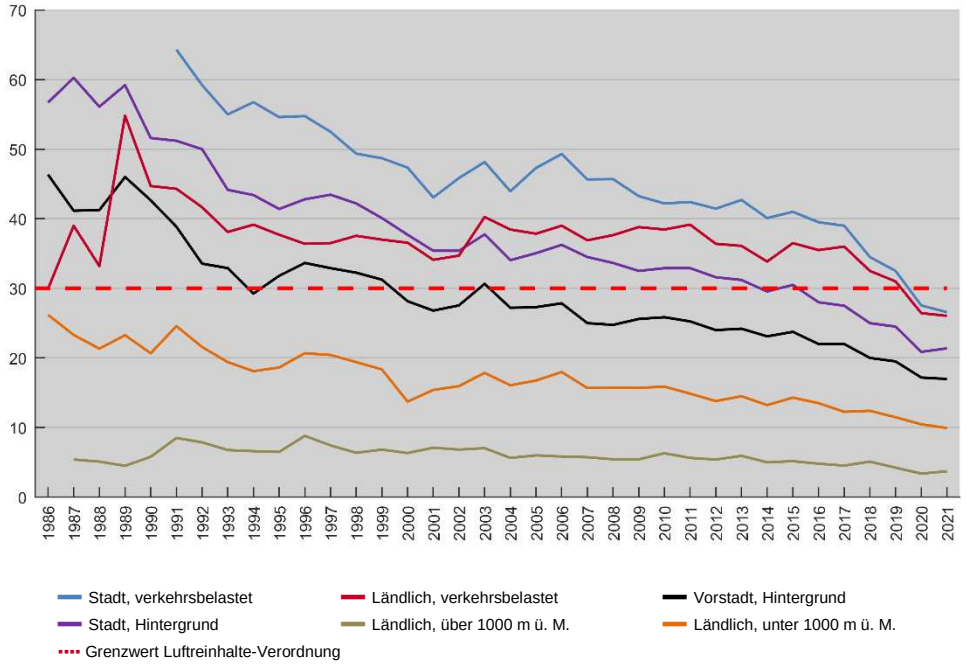
Anhand von langjährigen Messreihen verschiedener Luftschadstoffe lässt sich die Entwicklung der Luftbelastung in der Schweiz bis in die 1980er Jahre zurückverfolgen. Bei den meisten Schadstoffen gingen die Belastungen in dieser Zeitspanne zum Teil deutlich zurück. Bei neun von zwölf wichtigen Luftschadstoffen, für welche die LRV Immissionsgrenzwerte festsetzt, liegt die gegenwärtige Belastung in der ganzen Schweiz unter diesen Grenzwerten. Dies gilt beispielsweise für Kohlenmonoxid, Schwefeldioxid und die Gehalte von Schwermetallen im Feinstaub bzw. Staubniederschlag. Bei zwölf von 17 Stoffen sanken die Immissionen in diesem Zeitraum um mehr als die Hälfte.



Veränderung der Luftbelastung in der Schweiz zwischen 1986 und 2020. Prozentuale Abnahme der Jahresmittel, ausser CO (max. Tagesmittel) und Ozon (max. monatlicher 98%-Wert). Quelle: BAFU.

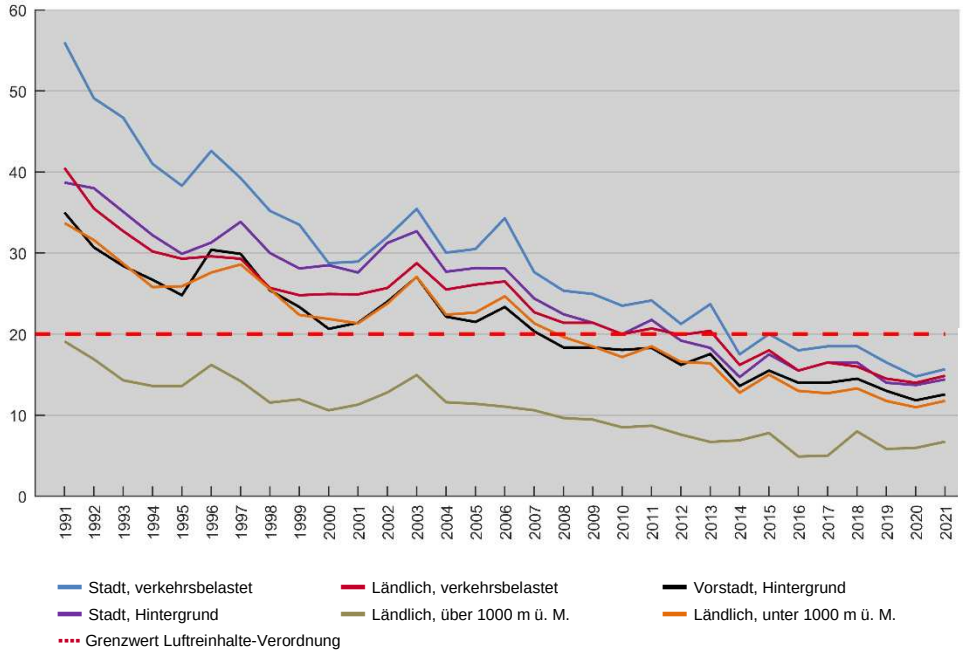
[4] www.bafu.admin.ch/luft/luftbelastung

Die Belastungen mit Stickstoffdioxid, lungengängigem Feinstaub und Ozon stellen hingegen auch heute noch ein Problem dar. Gingen die Gehalte von Feinstaub und Stickstoffdioxid anfangs der 90er Jahre noch deutlich zurück, so verflachte sich der Abwärtstrend bis zur Jahrtausendwende. Beim Stickstoffdioxid waren die Veränderungen danach geringer und erst seit einigen Jahren ist wieder eine deutliche Abnahme feststellbar. Im Jahr 2021 wurden die Immissionsgrenzwerte (Jahresmittelgrenzwert und Tagesmittelgrenzwert) zum zweiten Mal in Folge an allen Standorttypen eingehalten.



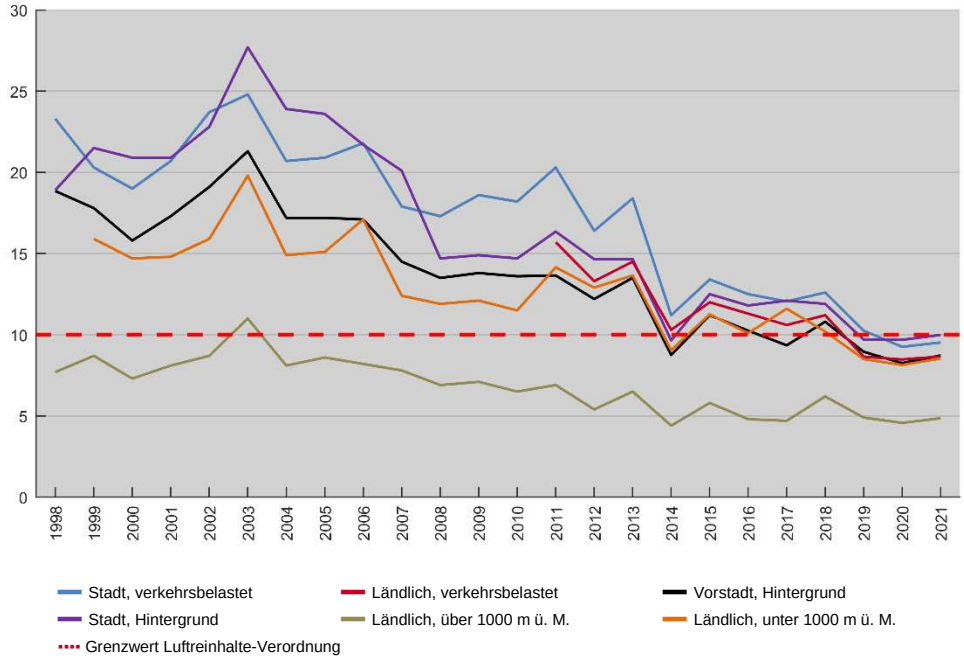
Entwicklung der NO_2-Jahres-mittelwerte 1986–2021 an verschiedenen Standorttypen des NABEL-Messnetzes [µg/m³]. Quelle: NABEL (BAFU und Empa).

Beim Feinstaub konnte auch in den letzten Jahren eine Abnahme der Belastung beobachtet werden. Die Höhe der PM10-Belastung wird sehr stark durch die Häufigkeit des Auftretens von winterlichen Inversionslagen bestimmt, was zum Teil die jährlichen Schwankungen erklärt. Solche Wetterlagen unterbinden den Luftaustausch und führen zu hohen PM10-Konzentrationen in Bodennähe. Seit einigen Jahren wird der Jahresmittelgrenzwert an allen Standorttypen eingehalten.



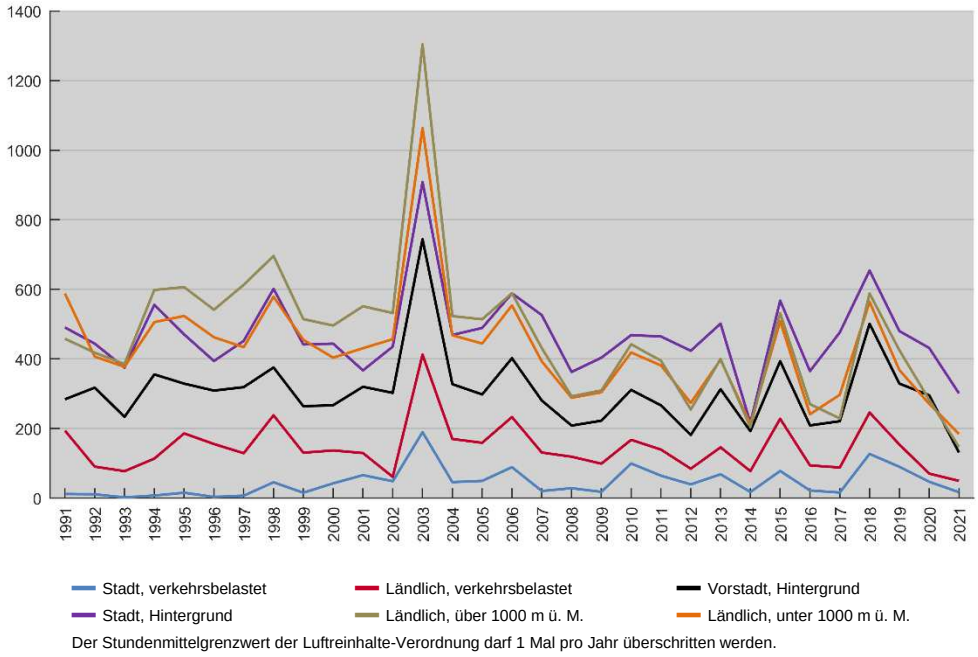
Entwicklung der PM10-Jahresmittelwerte 1991–2021 an verschiedenen Standorttypen des NABEL-Messnetzes [µg/m³]. Quelle: NABEL (BAFU und Empa).

Seit 1998 hat die Belastung durch PM2.5 um rund die Hälfte abgenommen. Charakteristischerweise liegt der Anteil von PM2.5 am PM10 bei rund 75 Prozent.



Entwicklung der PM2.5-Jahresmittelwerte 1998–2021 an verschiedenen Standorttypen des NABEL-Messnetzes [µg/m³]. Quelle: NABEL (BAFU und Empa).

Obwohl die Ozon-Vorläuferschadstoffe (NO_x und VOC) seit Mitte der 1980er Jahre deutlich zurückgingen, nahm die Ozonbelastung im gleichen Zeitraum weniger stark ab. Verantwortlich dafür sind die komplexen chemischen Prozesse bei der Bildung von Ozon und grossräumige Transportprozesse. Die Reduktion der Vorläuferschadstoffe führt nicht automatisch zu einer gleich grossen Abnahme der Ozonbelastung. Die Ozon-Spitzenwerte nahmen zwar ab, die mittlere Ozonbelastung blieb aber in einem hauptsächlich von meteorologischen Faktoren bestimmten Schwankungsbereich konstant. Die Immissionsgrenzwerte werden weiträumig und deutlich überschritten.



Immissionsentwicklung 1991–2021 an verschiedenen Standorttypen des NABEL-Messnetzes für Ozon [Anzahl Stunden mit Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwerts]. Quelle: NABEL (BAFU und Empa).

2.1.1 Luftverschmutzung und Gesundheit

Luftverschmutzung ist eine nachweisliche Ursache für Krankheit und vorzeitige Todesfälle. Die grösste Gefahr geht von übermässigen Belastungen mit Feinstaub und Ozon aus. Betroffen sind vor allem die Atemwege, aber auch Herz-Kreislauferkrankungen können die Folge von übermässiger Luftverschmutzung sein. Die dadurch entstehenden Gesundheitskosten werden auf rund 6.5 Milliarden Franken pro Jahr geschätzt.

Die Gesundheitsfolgen der wichtigsten Luftschadstoffe werden in einer interaktiven Grafik des Swiss Tropical and Public Health Institute (Swiss TPH) dargestellt und beschrieben. Weitere Informationen zum Thema Luftverschmutzung und Gesundheit sind auf der Homepage des BAFU und von in-luft verfügbar.

2.2 Die Luftbelastung 2021 in der Zentralschweiz

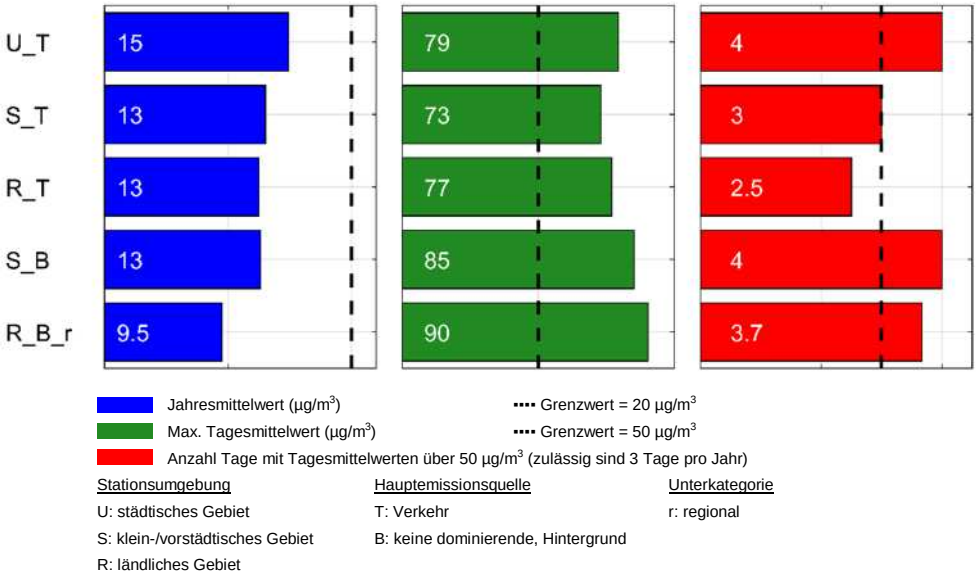
Seit einigen Jahren werden die Grenzwerte für Feinstaub PM10 und Stickstoffdioxid (NO_2) nur noch vereinzelt überschritten. Im Vergleich zum Vorjahr haben die NO_2-Konzentrationen weiter leicht abgenommen, die Feinstaubkonzentrationen von PM10 und PM2.5 hingegen etwas zugenommen. An verkehrsbelasteten Standorten traten vereinzelte Überschreitungen des NO_2-Jahresmittelgrenzwerts auf. Die Jahresmittelgrenzwerte für PM10 und PM2.5 wurden eingehalten. Der PM10-Tagesmittelgrenzwert wurde überall einige Male aufgrund von Saharastaub-Ereignissen überschritten, an einigen Standorten häufiger als die zulässige Anzahl von drei Überschreitungen. Die Belastungen mit Russ nahmen ab, waren aber nach wie vor zu hoch. Sie lagen überall deutlich über dem empfohlenen Richtwert. Die Ozongrenzwerte wurden weniger oft überschritten als in den letzten Jahren, die Belastung war aber immer noch zu hoch. Sämtliche Grenzwerte wurden deutlich überschritten.

Feinstaub (PM)

PM10

Seit mehreren Jahren wird der Jahresmittelgrenzwert für Feinstaub PM10 von 20 µg/m³ an allen Standorten eingehalten. Im Vergleich zum Vorjahr stiegen die Feinstaubkonzentrationen an. Am höchsten waren sie an stark verkehrsbelasteten Standorten in grösseren Städten (Standortklasse U_T), am geringsten in ländlichen Gebieten abseits von grösseren Quellen von Luftschadstoffen (R_B_r). Der Tagesmittelgrenzwert von 50 µg/m³ wurde an allen Standorten mehrmals überschritten, was im Vergleich mit den zwei vorangehenden Jahren eine bedeutende Zunahme darstellt. Die Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts und die hohen maximalen Tagesmittelwerte von bis zu 90 µg/m³ sind auf Verfrachtungen von Saharastaub im Februar zurückzuführen. Die gesamte Zentralschweiz war von diesen Ereignissen ähnlich stark betroffen.

Erhöhte Feinstaubkonzentrationen treten üblicherweise in den Wintermonaten auf. Erhöhte, länger andauernde Belastungen sind einerseits auf die Wetterlagen (Inversionen) zurückzuführen, andererseits darauf, dass die Luftmassen in städtischen Strassen schlecht durchmischt werden. In ländlichen und höher gelegenen Gebieten waren die Feinstaubkonzentrationen am geringsten. In diesen Gebieten sind einerseits weniger Emissionsquellen vorhanden. Andererseits liegen höher gelegene Gebiete im Winter über der Inversionsgrenze.

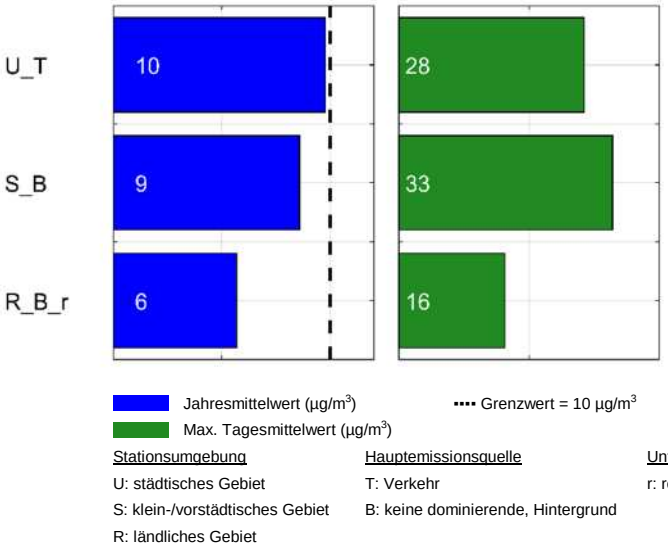


Belastung mit PM10 im Jahr 2021.

PM2.5

Seit der LRV-Revision 2018 gilt für den lungengängigen Feinstaub PM2.5 ein Immissionsgrenzwert für das Jahresmittel von 10 µg/m³. Im Durchschnitt betragen die Immissionen von PM2.5 etwa 75 Prozent der Immissionen von PM10.

Im Vergleich zum Vorjahr stiegen die PM2.5-Konzentrationen leicht an. An städtischen, verkehrsbelasteten Standorten erreichte das Jahresmittel den Grenzwert von 10 µg/m³, jedoch ohne ihn zu überschreiten. Auch in kleinstädtischen Gebieten (S_B) waren die Konzentrationen nahe am Grenzwert. In ländlichen und höher gelegenen Regionen abseits von Emissionsquellen war die PM2.5-Konzentration tiefer.



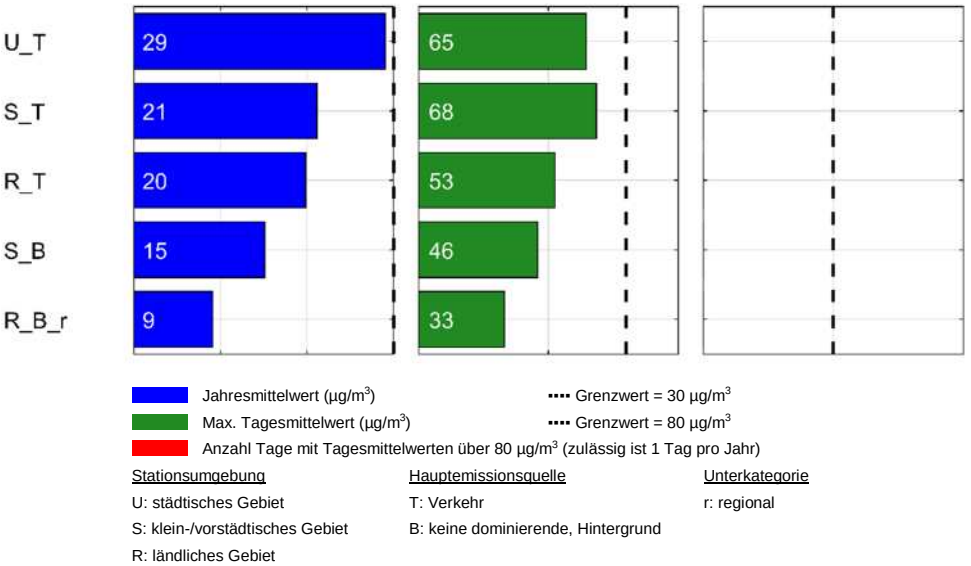
Belastung mit PM2.5 im Jahr 2021.

Russ

Die Russbelastung verminderte sich im Vergleich zum Vorjahr. Die Immissionen waren aber immer noch übermässig. Die Jahresmittelwerte betrugen ein Vielfaches des von der Eidgenössischen Kommission für Luftreinhaltung empfohlenen Jahresmittel-Richtwerts von 0.1 µg/m³. Sie lagen je nach Standort zwischen 0.44 und 0.68 µg/m³. Bei Russ handelt es sich um kohlenstoffhaltige, ultrafeine Partikel aus unvollständigen Verbrennungsprozessen, hauptsächlich aus Dieselmotoren und Holzfeuerungen.

Stickstoffdioxid (NO_2)

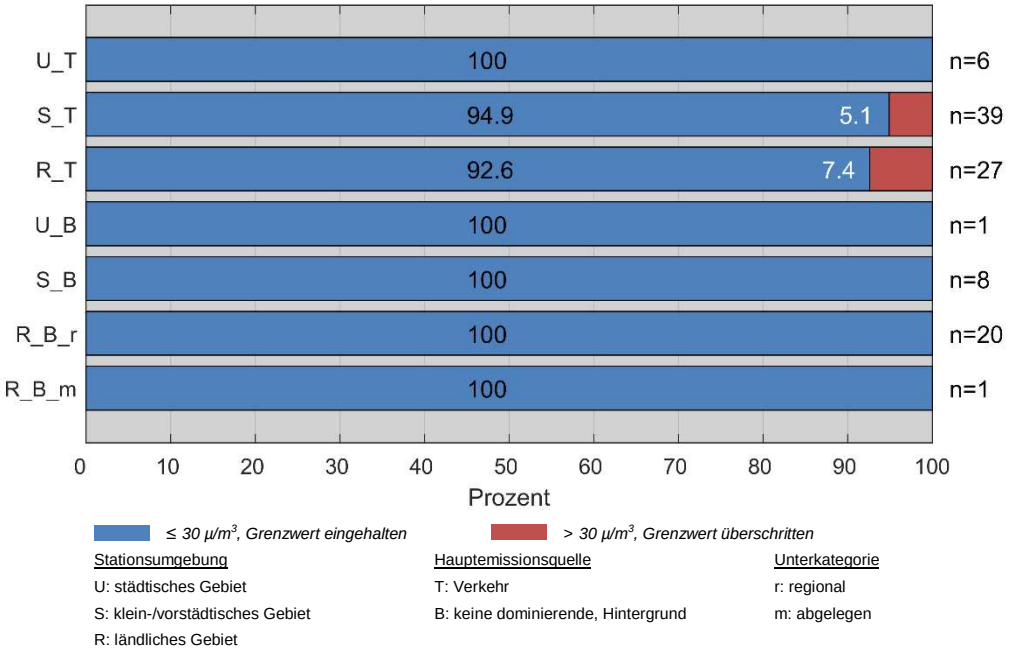
Die Konzentrationen von Stickstoffdioxid verminderten sich auch im Jahr 2021 weiter, aber nur in geringem Mass. Am höchsten waren die Konzentrationen in Gebieten, die in der Nähe grösserer Verkehrsachsen gelegen sind. In vom Verkehr geprägten klein- und vorstädtischen sowie ländlichen Gebieten traten vereinzelt Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwertes von 30 µg/m³ auf (vgl. Grafik Passivsammlermessungen weiter unten). An den meisten Messstellen wurden die Grenzwerte jedoch deutlich eingehalten.



Belastung mit NO_2 im Jahr 2021.

Sehr tief waren die Belastungen in den ländlichen und erhöhten Gebieten.

Ausser an den kontinuierlich messenden Fixstationen wird Stickstoffdioxid auch an 102 Standorten mit Passivsammlern gemessen. Zusammen ergeben diese Messungen eine noch aussagekräftigere flächendeckende Aussage über die NO_2-Belastung. Die Grafik der Passivsammler-Messungen zeigt, dass an einigen verkehrsbelasteten Standorten Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwertes auftraten.

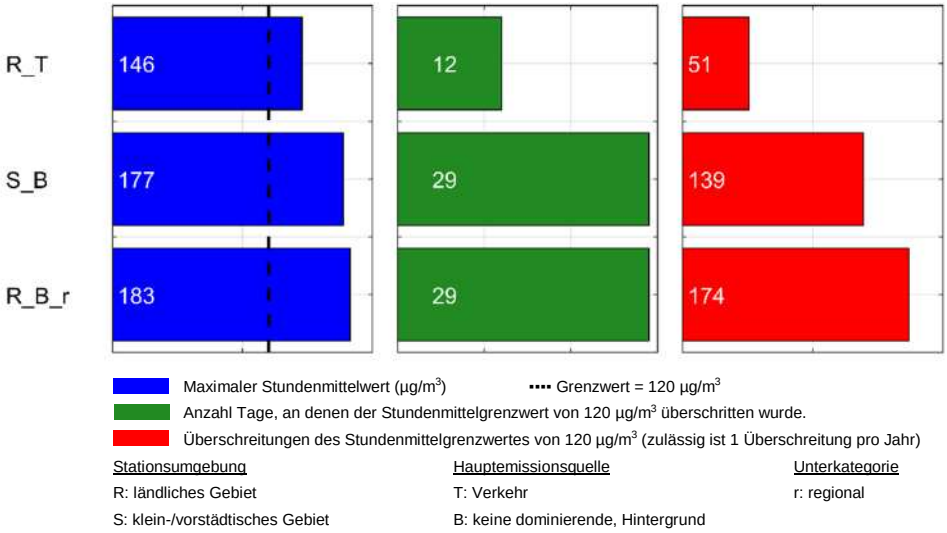


NO_2-Passivsammler-Messungen 2021: Prozentuale Verteilung der Standorte mit Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwerts pro Standortklasse.

Die Einzelwerte der Passivsammler sind in den Tabellen in Kap. →2.5 aufgeführt.

Ozon

Die in den letzten Jahren häufig auftretenden Hitzesommer hatten jeweils sehr hohe Ozonbelastungen zur Folge. Im Sommer 2021 gab es hingegen häufig Niederschläge und wenige Hitzetage. Die Ozongrenzwerte wurden daher weniger oft überschritten als noch in den vorangehenden Jahren. Trotzdem wurden die Grenzwerte in der Zentralschweiz sehr häufig und stark überschritten.



Belastung mit Ozon im Jahr 2021.

Am häufigsten wurden die Grenzwerte in ländlichen Gebieten und in kleinstädtischen und vorstädtischen Gebieten, die nicht direkt vom Verkehr beeinflusst sind, überschritten, nämlich an 29 Tagen während 139 bzw. 174 Stunden. Erlaubt wäre nur eine Überschreitung des Stundenmittelgrenzwertes von 120 µg/m^3 pro Jahr. Weniger häufig wurde der Grenzwert in ländlichen, von den Verkehrsemissionen geprägten Gebieten überschritten. Ozon entsteht bei intensiver Sonneneinstrahlung aus Stickstoffdioxid und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Hohe Belastungen treten deshalb meistens im Sommer auf. Mit fortschreitendem Klimawandel werden in Zukunft Hitzesommer vermehrt auftreten, was sich auch in der Ozonsituation wiederspiegeln wird.

In der Tabelle auf der folgenden Seite sind die Messwerte der einzelnen Stationen aufgeführt. Aus den Werten der Stationen der jeweiligen Standortkategorien wurden für die obenstehenden Grafiken jeweils die Mittelwerte gebildet, um für die einzelnen Standortklassen die typische Durchschnittsbelastung angeben zu können.

Messresultate 2021 (die Pfeile geben die Veränderung gegenüber 2020 an)	Stickstoffdioxid (NO_2)			Feinstaub				Ozon (O_3)		
				PM10			PM2.5			
Messstationen (Standortklasse[a])	Jahresmittelwert (µg/m³)	Maximaler Tagesmittelwert (µg/m³)	Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts von 80 µg/m³	Jahresmittelwert (µg/m³)	Maximaler Tagesmittelwert (µg/m³)	Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwerts von 50 µg/m³	Jahresmittelwert (µg/m³)	Maximaler Stundenmittelwert (µg/m³)	Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwerts von 120 µg/m³ (Stunden)	Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwerts von 120 µg/m³ (Tage)
Luzern, Moosstr. (U_T)	29 ↘	65 ↘	0 →	15 →	79 ↗	4 ↗	10 ↗	—	—	—
Zug, Postplatz (S_T)	21 ↘	68 ↗	0 →	13 ↗	73 ↗	3 ↗	—	—	—	—
Ebikon, Sedel (S_B)	15 ↘	52 ↗	0 →	13 →	73 ↗	4 ↗	—	177 ↗	139 ↘	29 ↘
Schwyz, Rubiswilstr. (S_B)	15 →	40 ↘	0 →	13 ↗	97 ↗	4 ↗	9 ↗	—	—	—
Stans, Pestalozzi[#] (S_B)	14	66	0	13	78	3	—	173	168	37
A2 Uri (R_T)	20 ↘	50 ↘	0 →	11 →	92 ↗	3 ↗	—	146 ↗	51 ↘	12 ↘
Reiden, Bruggmatte (R_T)	19 ↘	56 ↗	0 →	14 →	62 ↗	2 ↗	—	—	—	—
Altdorf, Gartenmatt (R_B_r)	16 ↘	56 ↗	0 →	11 ↘	92 ↗	3 ↗	—	145 ↗	73 ↗	15 →
Beromünster[c] (R_B_r)	7 →	21 ↘	0 →	10 ↗	88 ↗	3 ↗	7 ↗	236 ↗	263 ↘	38 ↘
Rigi, Seebodenalp[c] (R_B_r)	4 →	22 ↗	0 →	7 →	92 ↗	5 ↗	5 →	167 ↗	186 ↘	34 ↘
Zugerberg[b] (R_B_r)	—	—	—	—	—	—	—	—*	—*	—*
LRV-Grenzwerte	**30**	**80**	**1**	**20**	**50**	**3**	**10**	**120**	**1**	**1**

Langzeit-Luftbelastungs-Index (LBI)[5]

Sehr hoch:	Gesundheitliche Beschwerden können weit verbreitet auftreten. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreis-laufer-krankungen.	
Hoch:	Gesundheitliche Beschwerden können verbreitet auftreten. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauf-erkrankungen.	
Erheblich:	Gesundheitliche Beschwerden können vermehrt auftreten. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauf-erkrankungen.	
Deutlich	Gesundheitliche Beschwerden können auftreten. Betroffen sind vor allem Kinder, ältere Menschen und Personen mit bereits bestehenden Lungen- und Herz-Kreislauf-erkrankungen.	
Mässig:	Es sind kaum Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit zu erwarten.	
Gering:	Es sind keine Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit zu erwarten.	

a) Kategorien-Definitionen siehe Anhang A1

b) Daten des Instituts für angewandte Pflanzenbiologie

c) Daten des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe NABEL

— Keine Messung des Luftschadstoffs

Kurzzeitmessung

Rot Werte über dem entsprechenden Grenzwert

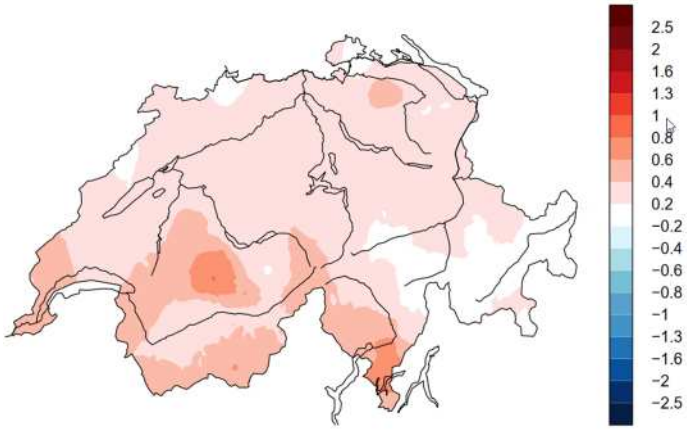
* Unvollständige Messreihe

Angabe eines LBI nicht möglich (für den LBI müssen die Schadstoffe Stickstoffdioxid, Feinstaub und Ozon gemessen werden).

[5] Bei der Berechnung des LBI werden die Schadstoffe PM10 und NO_2 seit dem Jahr 2015 anders gewichtet als früher. Die LBI sind daher nicht direkt vergleichbar mit den Angaben in den Jahresberichten vor 2015.

2.3 Das Wetter im Jahr 2021[6]

Die Jahrestemperatur 2021 stieg in vielen Gebieten der Schweiz 0.1 bis 0.5 °C über den Normwert[7] der Jahre 1981−2010. Im landesweiten Mittel lag sie 0.3 °C darüber. Der Winter (Dezember 2020 bis Februar 2021) war im landesweiten Mittel 0.9 °C wärmer als normal und lokal einer der zehn mildesten Winter seit Messbeginn im Jahr 1864. Dazu trug vor allem der sehr milde Februar bei, mit Tageshöchsttemperaturen auf der Alpennordseite von mehr als 20 °C im letzten Monatsdrittel. Darauf folgte der kälteste Frühling seit über 30 Jahren mit einem landesweiten Mittel von 1.1 °C unter der Norm 1981−2010. Die beiden Monate April und Mai waren ausserordentlich kalt. Der Sommer lag 0.5 °C über dem Normwert. Zu diesem Wärmeüberschuss trug der Juni bei, der schweizweit der viertwärmste war. Die Juli- und Augusttemperaturen blieben hingegen unter der Norm. Verbreitet gab es in diesem Sommer weniger als zehn Hitzetage mit Tageshöchstwerten von 30 °C und mehr. Im Vergleich dazu lieferten die zahlreichen sehr warmen Sommer der vergangenen Jahre mehr als doppelt so viele Hitzetage. Dank der Monate September und Oktober resultierte im Herbst ein leichter Wärmeüberschuss. Das Jahresende zeigte sich von der milden Seite mit Tageshöchsttemperaturen im Norden von knapp 16 °C und hohen Minimumtemperaturen.



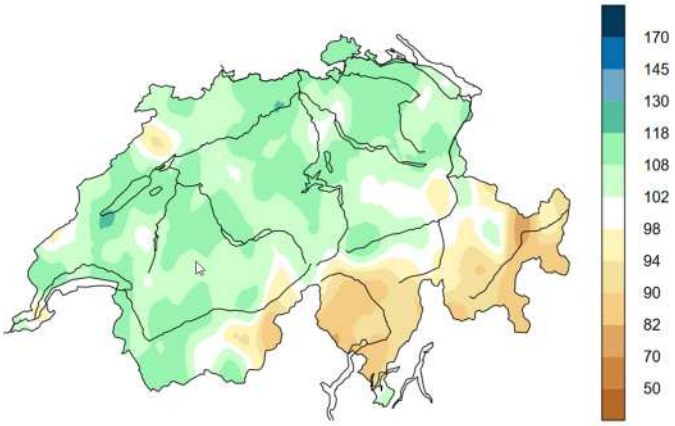
Abweichung der Jahresmitteltemperatur 2021 von der Norm in °C (1981–2010). Quelle: MeteoSchweiz.

Die Jahresniederschläge erreichten verbreitet 90 bis 115 Prozent des Normwerts der Jahre 1981−2010. Der Winter war niederschlags- und schneereich. Der Januar war vielerorts der niederschlagsreichste Januar seit mindestens 60 Jahren. Im milden Februar blieben die Niederschlagsmengen hingegen verbreitet unter dem Durchschnitt. Im Februar kam es zu zwei Verfrachtungen von Saharastaub, was zu einer Trübung der Atmosphäre zur Folge hatte (6. Februar; 22 bis 25. Februar). Auf die zwei niederschlagsarmen Monate März und April folgte ein sehr nasser Mai, mit lokalen Niederschlagssummen von bis zu 250 Prozent der Normniederschläge. Weiter ging es mit einem sehr nassen Sommer mit lokal über 160 Prozent der normalen Niederschläge. Auf der Alpennordseite waren die Monate Juni und Juli gebietsweise die nassesten seit Messbeginn im Jahr 1864. Der Juli war zudem an

[6] Quelle: MeteoSchweiz, Klimabulletin Jahr 2021.

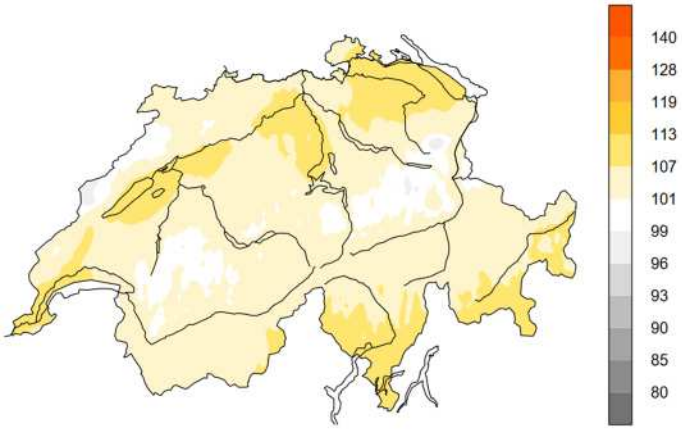
[7] Zur Beschreibung der mittleren klimatologischen Verhältnisse einer Station werden Mittelwerte (Normwerte) verschiedener Parameter aus einer langjährigen Messperiode benötigt. Die World Meteorological Organisation (WMO) legte zur Bestimmung von klimatologischen Normwerten 30-jährige Standardperioden fest. Normwerte sollten aus vollständigen und möglichst homogenen Messreihen der entsprechenden 30-jährigen Standardperioden (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990) berechnet werden. Angesichts der Klimaänderung der letzten Jahrzehnte empfiehlt die WMO, zusätzlich zur gültigen Standardperiode (1961-1990) weitere Normwerte bereitzustellen, deren Periode alle 10 Jahre angepasst wird (Bsp. 1971-2000, 1981-2010). Ab dem 1. Januar 2013 setzt MeteoSchweiz diese Empfehlung um und verwendet die Normperiode 1981-2010 für ihre Aussagen und Produkte. Die Normwerte der WMO Standardperiode bleiben verfügbar(siehe auch https://www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima/klima-der-schweiz/klima-normwerte.html).
Die Aussagen in diesem Kapitel und die Klimakarten (mit Ausnahme der Globalstrahlung) beziehen sich auf die Normwertperiode 1981-2010, im Gegensatz zu früheren Messberichten von in-luft, in denen die Ergebnisse mit den Mittelwerten der Standardperiode 1961-1990 verglichen worden waren. Ein direkter Vergleich der Witterungsverhältnisse mit älteren Messberichten vor 2012 ist daher nicht möglich.

mehreren Messstandorten mit langjährigen Aufzeichnungen der nasseste Monat überhaupt seit Messbeginn. Im Gegensatz dazu war der Herbst auf der Alpennordseite einer der trockensten seit Beginn der Aufzeichnungen. Schnee fiel Ende November und in den ersten Dezembertagen. Gegen Jahresende fiel verbreitet kräftiger Regen.



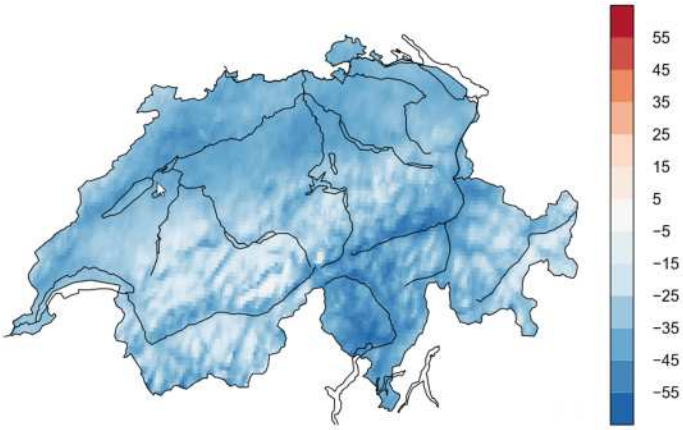
Jahres-Niederschlagssumme 2021 in Prozent der Norm (1981–2010).
Quelle: MeteoSchweiz.

Die Sonnenscheindauer lag verbreitet zwischen 100 und 110 Prozent der Norm der Jahre 1981 bis 2010. Als überdurchschnittlich sonnig tat sich der Herbst hervor dank der Monate September und Oktober. Lokal war es einer der sonnigsten Herbste der letzten 60 Jahre.



Sonnenscheindauer 2021 in Prozent der Norm (1981–2010).
Quelle: MeteoSchweiz.

Um eine Aussage über die Globalstrahlung für das ganze Jahr zu machen, standen zu wenig Daten zur Verfügung. Exemplarisch wird in der untenstehenden Grafik die Abweichung (Anomalie) der Globalstrahlung vom langjährigen Mittelwert für den Monat Juli gezeigt. Der Juli war ein Monat mit sehr viel Niederschlag, dementsprechend traf nur wenig Globalstrahlung auf die Erdoberfläche auf. Die Globalstrahlung wird unter anderem beeinflusst von meteorologischen Faktoren (Bewölkung, atmosphärische Trübung) und ist je nach Tages- und Jahreszeit und geografischer Lage (Höhe ü. M.) unterschiedlich stark. Die Globalstrahlung spielt u.a. eine Rolle bei der Produktion von Ozon aus seinen Vorläuferschadstoffen.



*Anomalie der Globalstrahlung **Juli** 2021 (W/m²) (Abweichung von den Mittelwerten 2004–2020).*
Quelle: MeteoSchweiz.

Jahreswerte an ausgewählten Zentralschweizer Messstationen von MeteoSchweiz (Quelle: MeteoSchweiz)

Station	Höhe	Temperatur (°C)			Sonnenscheindauer (h)			Niederschlag (mm)		
	m ü.M.	Mittel	Norm	Abw.	Summe	Norm	%	Summe	Norm	%
Altdorf	438	9.9	9.7	0.2	1346	1319	102	1253	1186	106
Andermatt	1438	3.7	3.5	0.2	k. A.	k. A.	k. A.	1373	1552	88
Engelberg	1036	6.6	6.3	0.3	1362	1350	101	1679	1559	108
Luzern	454	9.9	9.6	0.3	1564	1423	110	1369	1298	106

Norm Langjähriger Durchschnitt der Jahre 1981 bis 2010 (Normperiode)

Abw. Abweichung der Temperatur zur Norm

% Prozent im Verhältnis zur Norm (Norm = 100 %)

Auf der Homepage von MeteoSchweiz finden sich detaillierte Informationen zu den Witterungs- und Klimaverhältnissen in der Schweiz (www.meteoschweiz.admin.ch/home/klima.html).

2.3.1 Der Einfluss der Meteorologie auf die Immissionen von Luftschadstoffen

Bei der Interpretation von Immissionsdaten aufgrund der meteorologischen Informationen sind das Winter- und das Sommerhalbjahr zu unterscheiden.

Die dominierenden Schadstoffe im Winterhalbjahr sind Stickstoffdioxid (NO_2) und Feinstaub PM10. Meteorologisch spielen vor allem Nebel, Kaltluftseen und Inversionslagen einerseits und die Windverhältnisse andererseits eine Rolle. Während längerer stabiler Hochdrucklagen können sich Temperaturinversionen ausbilden, welche einen Anstieg der Immissionen bewirken. Die Luftmassen werden schlecht durchmischt und die Konzentration der Schadstoffe in Bodennähe steigt an. Beim Feinstaub löst die Sonneneinstrahlung sekundäre Bildungsmechanismen aus und erhöht so zusätzlich die Belastung. So können die Feinstaubgrenzwerte je nach Witterung flächendeckend unterhalb der Inversionsgrenze von ca. 1000 m ü. M. überschritten werden. Naturphänomene wie die Verfrachtung von Saharastaub können die Feinstaubkonzentrationen jederzeit rasch und deutlich ansteigen lassen. Die NO_2-Belastung nimmt dank Umwandlungs- und Abbauprozessen mit der Distanz von der Emissionsquelle rasch ab. Daher werden die Grenzwerte vorwiegend in der Nähe von stark befahrenen Strassen überschritten.

Im Sommerhalbjahr sind die NO_2- und PM10-Immissionen deutlich tiefer. Einerseits sind die Emissionen kleiner (verminderte Heiztätigkeit), andererseits führen intensive Sonneneinstrahlung und damit verbunden höhere Temperaturen zu einer stärkeren Durchmischung der Luftschichten und zu einer Beschleunigung chemischer Umwandlungsprozesse in der Atmosphäre. Hohe Temperaturen, viel Sonne und eine geringe Quellbewölkung fördern aber auch die Ozonbildung, sodass die Grenzwerte grossräumig überschritten werden können. Im Sommer 2021 gab es wenige Hitzetage und häufige Niederschläge. Trotzdem wurden die Ozongrenzwerte häufig und deutlich überschritten.

2.4 Messergebnisse

Dieses Kapitel enthält die Standortinformationen zu den einzelnen Messstationen[8]. Die relevanten Jahresmittelwerte für die Schadstoffe Stickstoffdioxid, Feinstaub PM10 und PM2.5 sowie Ozon werden tabellarisch dargestellt. Ebenfalls sind die Resultate der Russmessungen aufgeführt. Auch die langjährige Entwicklung der NO_2- und PM10-Belastungen wird aufgezeigt.

[8] Den Standorten wird ab dem Berichtsjahr 2021 eine Standortklasse in Anlehnung an die EU zugeordnet (vgl. Anhang A1). Die in-luft-Kategorien werden nicht mehr verwendet. Mit der neuen Klassierung verändert sich die Reihenfolge der Standortbeschreibungen im Vergleich zu früheren Berichten. Die Messergebnisse der Stationen bleiben aber mit den Ergebnissen früherer Jahre vergleichbar.

2.4.1 Luzern, Moosstrasse

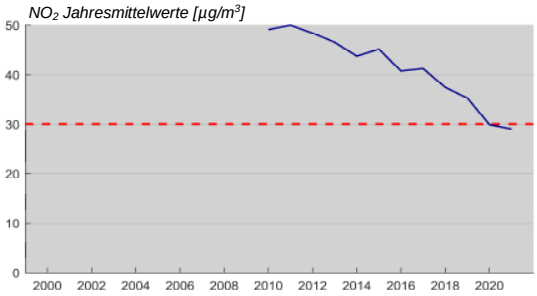
©2016 Swisstopo

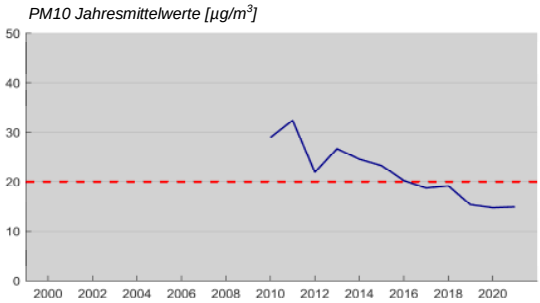
Lage
Hauptverkehrsachse, Wohn- und Geschäftsquartier

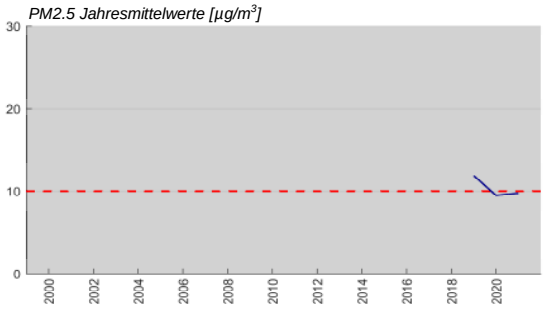
Koordinaten
665.789 / 210.898, Höhe 441 m ü. M.

Strassenabstand
5 m (Moosstrasse)
15 m (Obergrundstrasse)

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10







Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung

Standortklasse:	**U_T**
Höhentyp:	**Mittelland**
Siedlungsgrösse:	**84 581 Einw.**
Verkehr, DTV (% LKW):	**40 000 (7 %)**

Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	29	↘
95-Perzentil	[µg/m³]	100	58	→
Höchster TMW	[µg/m³]	80	65	↘
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	15	→
Höchster TMW	[µg/m³]	50	79	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	4	↗

Feinstaub (PM2.5)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	10	10	↗
Höchster TMW	[µg/m³]	—	28	↘

EC / Russ		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	(0.1)*	0.68	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	—	2.24	↗

* Empfehlung

Die Station Luzern Moosstrasse ist repräsentativ für städtische, zentrumsnahe, stark verkehrsexponierte Gebiete. Die erhöhte Konzentration von Stickstoffdioxid und Feinstaub ist die Folge von insgesamt hohen Emissionen aus dem Verkehr und den Feuerungen. Die räumliche Situation (Strassenschluchten) bewirkt zudem eine schlechte Durchmischung der Luftschichten.

Der Standort Luzern Moosstrasse wies die höchste Belastung mit NO_2 aller Stationen mit Langzeitmessungen auf dem Messgebiet auf. Die durchschnittliche Belastung lag seit Messbeginn im Jahr 2010 deutlich über dem Jahresmittelgrenzwert. Seither nahm sie ab und seit zwei Jahren wurde der Jahresmittelgrenzwert von 30 µg/m³ nicht mehr überschritten. Die Abnahme gegenüber dem Vorjahr betrug 1 µg/m³. Der Tagesmittelgrenzwert wurde an diesem Standort im dritten Jahr in Folge nicht mehr überschritten.

Die durchschnittliche PM10-Belastung blieb konstant und der Jahresmittelgrenzwert wurde eingehalten. Der Tagesmittelgrenzwert von 50 µg/m³ wurde viermal überschritten. Erlaubt wären drei Überschreitungen. Der Jahresmittelwert der Feinstaubfraktion PM2.5 nahm um 1 µg/m³ auf 10 µg/m³ zu, ohne den Grenzwert zu überschreiten.

Die durchschnittliche Russbelastung nahm gegenüber dem Vorjahr um rund zehn Prozent ab. Der empfohlene Richtwert von 0.1 µg/m³ wurde nach wie vor deutlich überschritten.

2.4.2 Zug, Postplatz

©2016 Swisstopo

Lage
Stadtzentrum, vom nahen See beeinflusst

Koordinaten
681.625 / 224.641, Höhe 420 m ü. M.

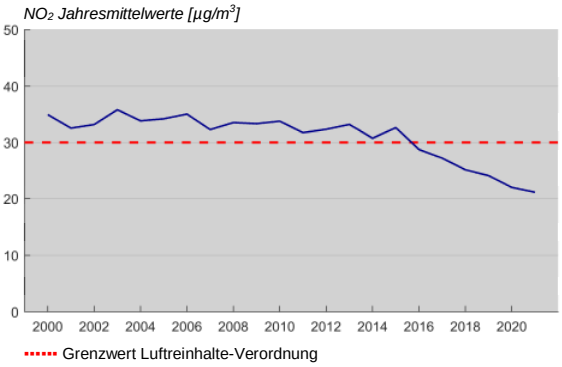
Strassenabstand
24 m

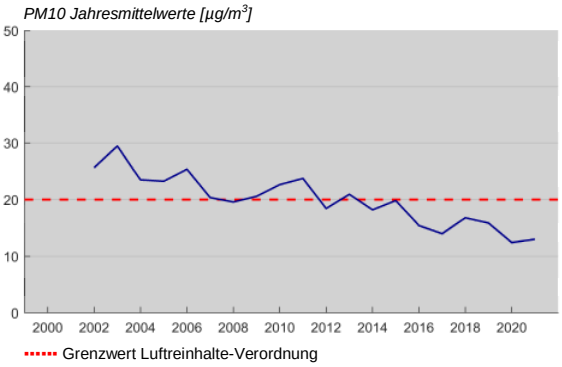
Standortklasse: **S_T**
Höhentyp: **Mittelland**
Siedlungsgrösse: **30 000 Einw.**
Verkehr, DTV (% LKW): **16 000 (10 %)**

Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	21	↘
95-Perzentil	[µg/m³]	100	46	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	80	68	↗
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	13	↗
Höchster TMW	[µg/m³]	50	73	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	3	↗

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10



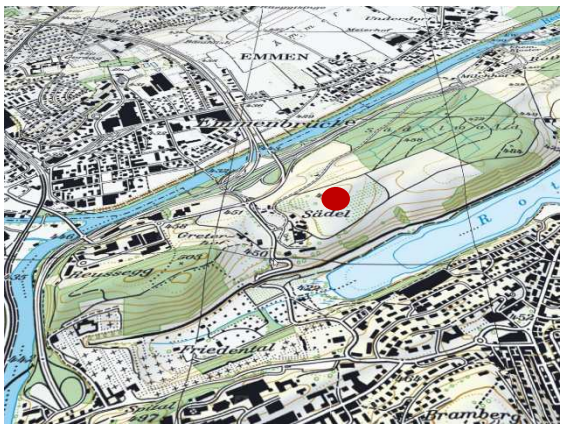


Die Stickoxid- und PM10-Emissionen, die für diesen Standort dominant sind, stammen hauptsächlich vom Strassenverkehr.

Die NO_2-Langzeitbelastung an diesem Standort lag in früheren Jahren in einem Bereich zwischen dem Grenzwert (30 µg/m³) und 35 µg/m³. Seit 2016 wurde der Jahresmittelgrenzwert jedoch nicht mehr überschritten und die Belastung nahm seither kontinuierlich ab.

Der PM10-Jahresmittelwert nahm geringfügig um 1 µg/m³ zu. Über die Jahre ist beim Feinstaub jedoch ein abnehmender Trend zu beobachten und der Jahresmittelgrenzwert wird seit mehreren Jahren eingehalten. Der Tagesmittelgrenzwert wurde dreimal überschritten. Gemäss LRV sind drei Überschreitungen pro Jahr erlaubt. Die hohen Tagesmittelwerte sind auf ein natürliches Ereignis, nämlich auf die Verfrachtung von Saharastaub im Februar zurückzuführen.

2.4.3 Ebikon, Sedel Hügelkuppe



©2016 Swisstopo

Lage
Nördlich der Stadt Luzern, Hügelkuppe, 250 m von der A14 entfernt

Koordinaten
665.480 / 213.325, Höhe 484 m ü. M.

Strassenabstand
250 m (Kantonsstrasse)
300 m (Autobahnverzweigung)

Standortklasse:	**S_B**
Höhentyp:	**Mittelland**
Siedlungsgrösse:	**ausserhalb**
Verkehr, DTV (% LKW):	**85 020 (6.1 %)**

Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	15	↘
95-Perzentil	[µg/m³]	100	40	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	80	52	↗
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

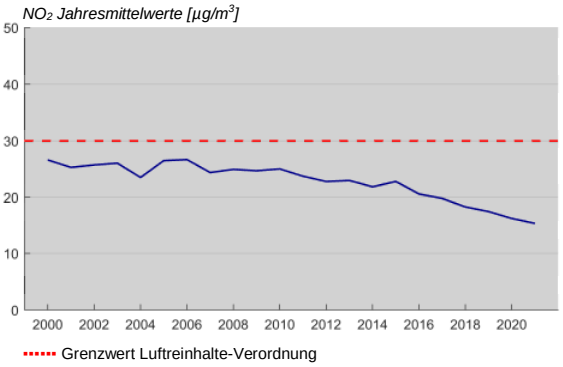
Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	13	→
Höchster TMW	[µg/m³]	50	73	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	4	↗

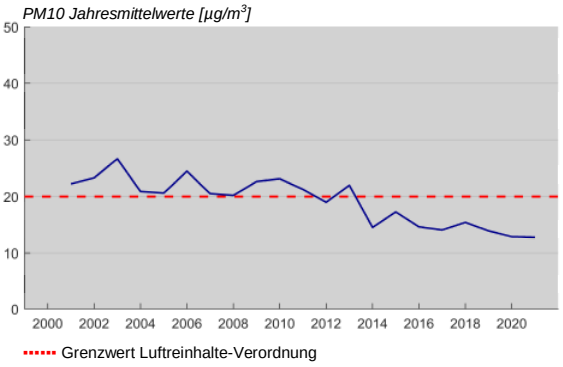
EC / Russ		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	(0.1)*	0.44	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	—	1.68	↘

Ozon (O_3)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Max. 1h-Mittel	[µg/m³]	120	177	↗
Überschreitungen	[Std.]	1	139	↘
Max. 98-Perzentil	[µg/m³]	100	141	↗
Überschreitungen	[Mt.]	0	6	→
AOT40 (Wald)	[ppm·h]	(5)*	9.2	↘

* Empfehlung
Euroairnet Messstation (https://www.eea.europa.eu/)

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10



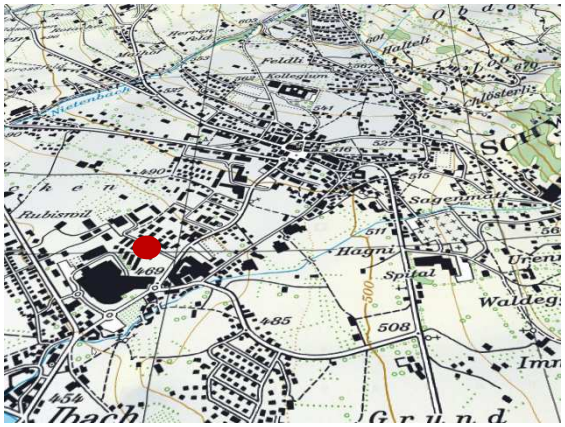


Die Messstation Sedel besteht seit 1988 und gibt einen Überblick über die Luftschadstoffbelastung an der Peripherie der Stadt Luzern und der nördlichen Agglomeration. Je nach Wetterlage wird dieser Standort durch die Verkehrsemissionen der Autobahnverzweigung A2 / A14 beeinflusst. Die Daten der Station Ebikon werden zusätzlich im Rahmen des europäischen Immissionsüberblicks der EEA (European Environment Agency) veröffentlicht.

Die NO_2- und PM10-Grenzwerte werden seit längerer Zeit eingehalten. Die NO_2-Belastung veränderte sich geringfügig und der Jahresmittelgrenzwert nahm um 1 µg/m³ ab. Diese kleine, aber kontinuierliche Abnahme liegt im langjährigen Trend. Die durchschnittliche PM10-Belastung blieb konstant. Nach zwei Jahren ohne Überschreitung wurde der Tagesmittelgrenzwert viermal überschritten. Die Russkonzentrationen nahmen ab. Das Jahresmittel überschritt den Richtwert immer noch um ein Mehrfaches.

Die Ozonbelastung blieb hoch, auch wenn die Anzahl Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwerts im Vergleich zum Vorjahr um rund einen Drittel abnahm. Sämtliche Grenzwerte wurden deutlich überschritten.

2.4.4 Schwyz, Rubiswilstrasse



©2016 Swisstopo

Lage
Nähe Einkaufszentrum, offene Bebauung

Koordinaten
691.911 / 208.039, Höhe 470 m ü. M.

Strassenabstand
100 m (Kantonsstrasse)

Standortklasse:	**S_B**
Höhentyp:	**Mittelland**
Siedlungsgrösse:	**14 892 Einw.**
Verkehr, DTV (% LKW):	**13 900 (4.5 %)**

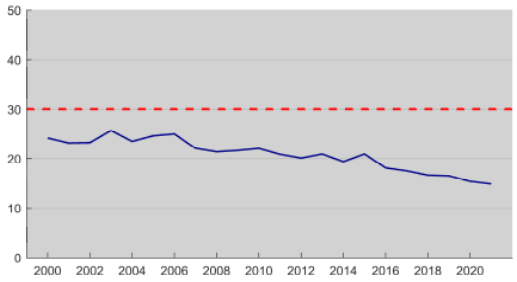
Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	15	→
95-Perzentil	[µg/m³]	100	37	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	80	40	↘
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	13	↗
Höchster TMW	[µg/m³]	50	97	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	4	↗

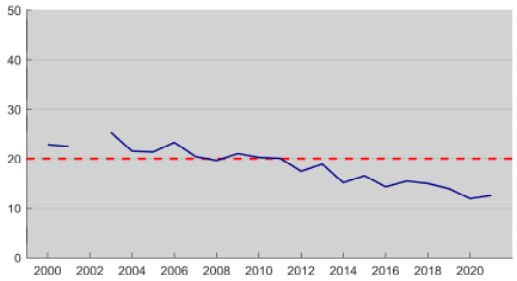
Feinstaub (PM2.5)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	10	9	↗
Höchster TMW	[µg/m³]	—	33	↗

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10

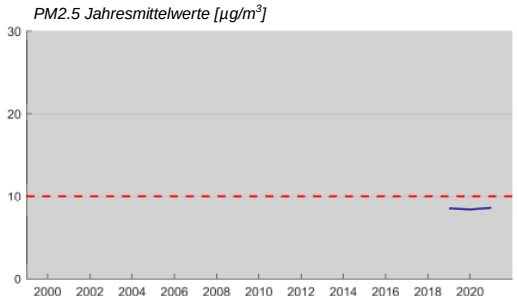
NO_2 Jahresmittelwerte [µg/m³]



PM10 Jahresmittelwerte [µg/m³]



PM2.5 Jahresmittelwerte [µg/m³]



Grenzwert Luftreinhalte-Verordnung

Die Stickstoffdioxid- und Feinstaubkonzentrationen werden an diesem Standort zu einem grossen Teil von den regionalen Immissionen (Hintergrundbelastung) beeinflusst. Der Rest ist lokaler Natur und stammt von den Emissionen des Talkessels von Schwyz.

Die NO_2-Immissionen blieben konstant. Sie lagen nach wie vor deutlich unter den Grenzwerten der LRV.

Seit einigen Jahren ist an diesem Standort eine abnehmende PM10-Belastung festzustellen, die jedoch im Jahr 2021 mit einer leichten Zunahme des Jahresmittelwerts um 1 µg/m³ unterbrochen wurde. Der Jahresmittelgrenzwert wurde seit 2012 nicht mehr überschritten. Der Tagesmittelgrenzwert wurde nach zwei Jahren ohne Überschreitungen in diesem Jahr viermal überschritten. Erlaubt wären nach LRV drei Überschreitungen. Grund für die Überschreitungen waren die hohen Konzentrationen von Saharastaub im Februar. Die Konzentration der Feinstaubfraktion PM2.5 nahm gegenüber dem Vorjahr geringfügig zu. Das Jahresmittel lag mit 9 µg/m³ noch unter dem Grenzwert von 10 µg/m³.

2.4.5 Stans, Pestalozzi (Kurzzeitmessung)

©2016 Swisstopo

Lage
Am östlichen Rand des Dorfkerns beim Pestalozzi-Schulhaus.

Koordinaten
670.840 / 201.235, Höhe 451 m ü. M.

Strassenabstand
40 m

Bis Ende 2010 wurde an diesem Standort eine kontinuierlich messende Station betrieben. Von Juni 2015 bis Mai 2016 und im Jahr 2021 erfolgten Kurzzeitmessungen.

Der Airpointer wird im in-luft-Messnetz seit 2012 als mobile Messeinrichtung, unter anderem an Orten mit erhöhter Luftbelastung, eingesetzt. Die Messungen dienen auch dazu, die Qualität der Immissionsmodellierung zu überprüfen.

Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021
Jahresmittel	[µg/m³]	30	14
95-Perzentil	[µg/m³]	100	36
Höchster TMW	[µg/m³]	80	66
Überschreitungen	[Tage]	1	0

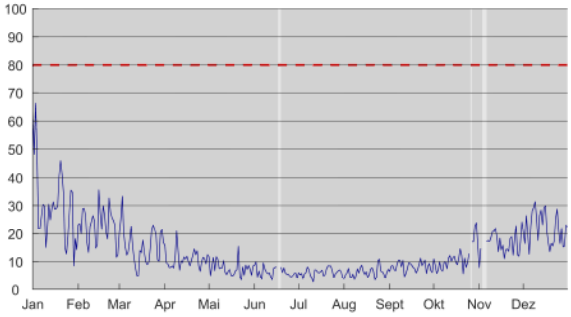
Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021
Jahresmittel	[µg/m³]	20	13
Höchster TMW	[µg/m³]	50	78
Überschreitungen	[Tage]	3	3

Ozon (O_3)		Grenzwert	Messwert 2021
Max. 1h-Mittel	[µg/m³]	120	173
Überschreitungen	[Std.]	1	168
Max. 98-Perzentil	[µg/m³]	100	151
Überschreitungen	[Mt.]	0	7

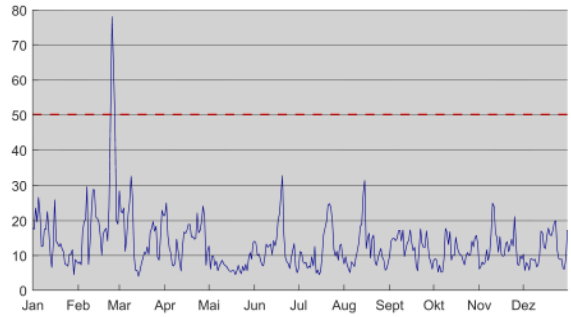
Standortklasse:	**S_B**
Höhentyp:	**Mittelland**
Siedlungsgrösse:	**7000 Einw.**
Verkehr, DTV (% LKW):	**8500 (5 %)**

Schadstoffverläufe von NO_2, PM10 und Ozon

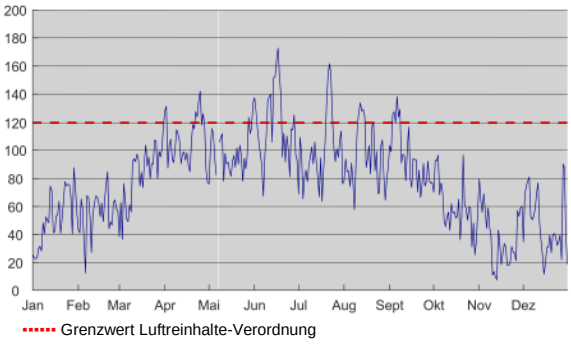
NO_2 Tagesmittelwerte [µg/m³]



PM10 Tagesmittelwerte [µg/m³]



Ozon, maximale Stundenmittelwerte pro Tag [µg/m³]

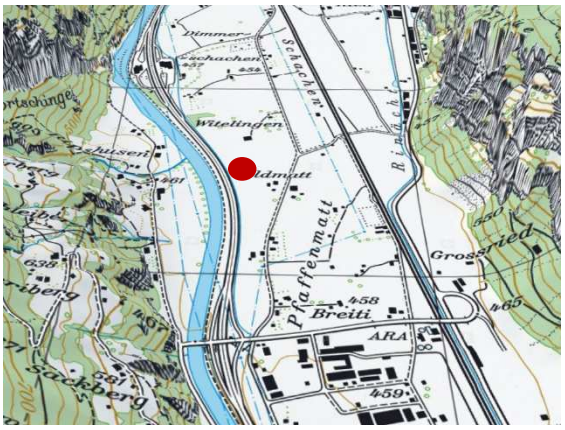


Die geringen lokalen Emissionsquellen von Stickstoffdioxid und eine eher kleine Belastung durch den Verkehr verursachen am Messstandort Stans eine vergleichsweise niedrige NO_2-Belastung. Die Grafik der Tagesmittelwerte verdeutlicht einen typischen Jahresverlauf mit höheren Konzentrationen im Winter- und geringen Immissionen im Sommerhalbjahr.

Der Jahresmittelwert für PM10 lag deutlich unter dem Grenzwert. Der Tagesmittelgrenzwert wurde während drei aufeinanderfolgenden Tagen im Februar während einer Episode mit hohen Saharastaub-Konzentrationen überschritten.

Die Ozonbelastung war, wie an den anderen Standorten auch, hoch. Sämtliche Grenzwerte wurden deutlich und häufig überschritten. Die Grafik mit den Stundenmittelwerten zeigt einen typischen Jahresverlauf mit hohen Konzentrationen und Überschreitungen des Grenzwerts im Sommer.

2.4.6 A2 Uri



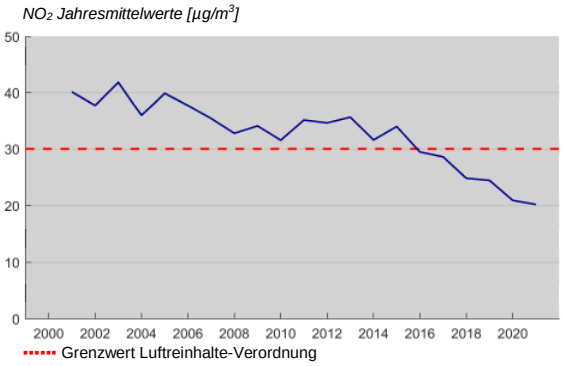
©2016 Swisstopo

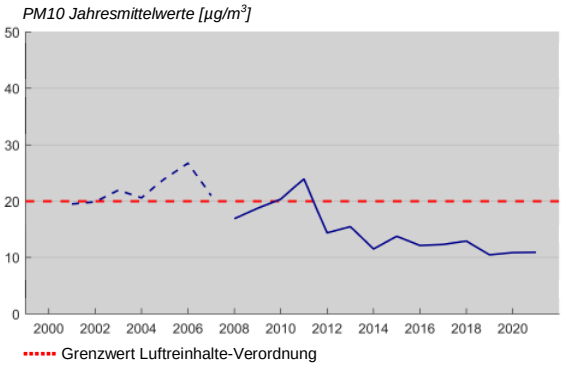
Lage
Direkt an der Autobahn A2, ca. 500 m nördlich des Autobahnanschlusses Erstfeld

Koordinaten
691.400 / 188.480, Höhe 460 m ü. M.

Strassenabstand
5 m

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10





Die Messstation A2 Uri wurde vom Bund erstellt, um die Auswirkungen des alpenquerenden Verkehrs in Folge der Bilateralen Verträge zu erfassen (MfM-U). Aufgrund einer Verschiebung der Station 2007 wurden die NO_2-Jahresmittel 2001−2007 homogenisiert. Bei den Daten von 2002, 2003 und 2007 handelt es sich gemäss Messempfehlungen des BAFU um unvollständige Messreihen, da zu viele Einzelwerte fehlen.

Standortklasse:	**R_T**
Höhentyp:	**Mittelland**
Siedlungsgrösse:	**ausserhalb**
Verkehr, DTV (% LKW):	**24 040 (10.5 %)**

Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	20	↘
95-Perzentil	[µg/m³]	100	50	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	80	50	↘
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	11	→
Höchster TMW	[µg/m³]	50	92	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	3	↗

Feinstaub (PM2.5)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	10	7	→
Höchster TMW	[µg/m³]	—	32	↗

EC / Russ		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	(0.1)*	0.54	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	—	1.74	↘

Ozon (O_3)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Max. 1h-Mittel	[µg/m³]	120	146	↗
Überschreitungen	[Std.]	1	51	↘
Max. 98-Perzentil	[µg/m³]	100	130	↗
Überschreitungen	[Mt.]	0	5	→
AOT40 (Wald)	[ppm·h]	(5)*	6.4	↘

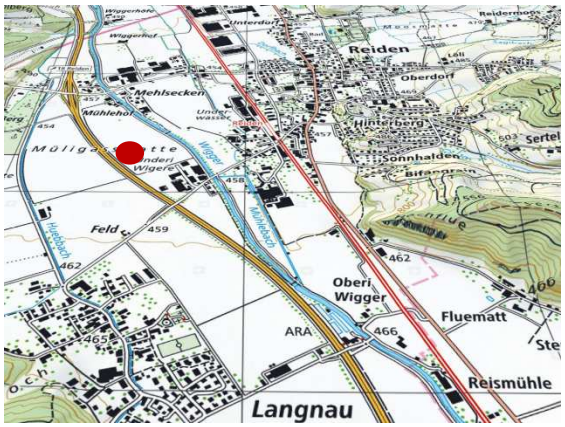
* Empfehlung

Wegen Datenlücken bei den Feinstaubmessungen konnte PM10 keine Homogenisierung vorgenommen werden. Die PM10-Daten vor dem Herbst 2007 lassen sich daher nicht direkt mit den Daten danach vergleichen.

Die NO_2-Belastung nahm wie in den letzten Jahren weiter ab, jedoch in geringerem Masse; der Jahresmittelwert lag an diesem vom Verkehr geprägten Standort deutlich unter dem Grenzwert. Der PM10-Jahresmittelwert blieb konstant. Der Tagesmittelgrenzwert wurde dreimal überschritten. Auch die Belastung mit der feineren Fraktion PM2.5 veränderte sich nicht und hielt den Grenzwert der LRV von 10 µg/m³ ein. Die Russbelastung nahm im Vergleich zum Vorjahr ab. Das Jahresmittel überschritt den Richtwert deutlich.

Der Stundenmittelgrenzwert für Ozon wurde etwas weniger oft überschritten als im Jahr zuvor mit 60 Stunden.

2.4.7 Reiden, Bruggmatte



©2016 Swisstopo

Lage
Direkt an der Autobahn A2, ca. 540 m südlich des Autobahnanschlusses Reiden

Koordinaten
639.560 / 232.110, Höhe 462 m ü. M.

Strassenabstand
7 m (A2) → Sonde zu Rand Normalspur

Standortklasse: **R_T**
Höhentyp: **Mittelland**
Siedlungsgrösse: **ausserhalb**
Verkehr, DTV (% LKW): **53 492 (10.4 %)**

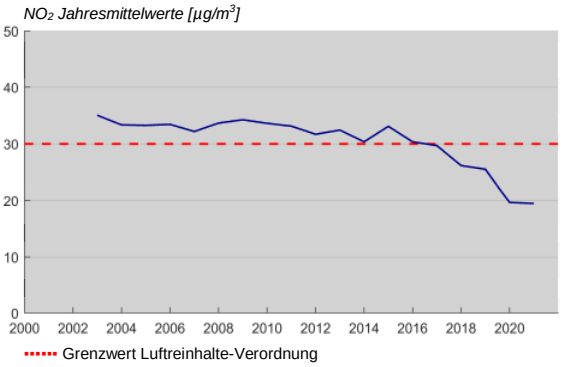
Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	19	↘
95-Perzentil	[µg/m³]	100	43	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	80	56	↗
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

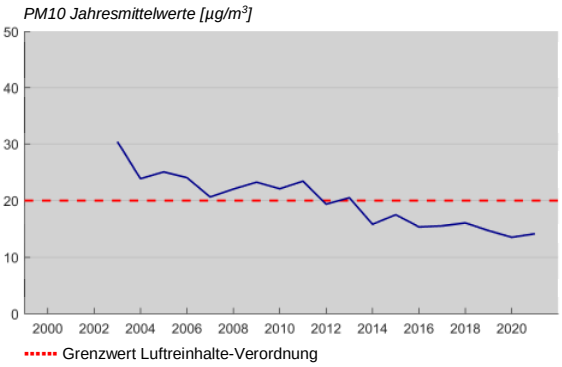
Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	14	→
Höchster TMW	[µg/m³]	50	62	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	2	↗

EC / Russ		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	(0.1)*	0.63	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	—	1.76	↗

* Empfehlung

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10





Die Station Reiden ist wie die Station A2 Uri Bestandteil des MfM-U-Messnetzes. Mit den erhobenen Messdaten soll die durch das bilaterale Landverkehrsabkommen zwischen der Schweiz und der EU (Verlagerung des Schwerverkehrs auf die Schiene) verursachte Veränderung der Luftqualität quantifiziert werden. Verkehrsmengen, Fahrzeugklassen und Lärmimmissionen werden hier zusätzlich erfasst. Die Ozonmessung wurde Ende 2006 aufgrund des geänderten MfM-U-Messkonzeptes eingestellt.

Die Verkehrsemissionen der unmittelbar angrenzenden Autobahn sind an diesem Standort dominant.

Die NO_2-Belastung nimmt seit mehreren Jahren kontinuierlich ab, der Jahresmittelwert verminderte sich nur äusserst geringfügig. Nachdem der Jahresmittelgrenzwert früher regelmässig überschritten wurde, wird dieser Grenzwert mittlerweile deutlich eingehalten.

Auch beim PM10 wird der Jahresmittelgrenzwert seit mehreren Jahren nicht mehr überschritten. Nach zwei Jahren ohne Überschreitung des Tagesmittelgrenzwertes von 80 µg/m³ kam es im Jahr 2021 zu zwei Überschreitungen. Die LRV erlaubt deren drei. Die Russbelastung verringerte sich leicht gegenüber dem Vorjahr, bleibt aber auf einem zu hohen Niveau.

2.4.8 Altdorf, Gartenmatt

©2016 Swisstopo

Lage
Östlich der A2 auf freiem Feld

Koordinaten
690.175 / 193.550, Höhe 438 m ü. M.

Strassenabstand
100 m (A2)

Standortklasse: **R_B_r**
Höhentyp: **Mittelland**
Siedlungsgrösse: **ausserhalb**
Verkehr, DTV (% LKW): **24 040 (10.5 %)**

Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	16	↘
95-Perzentil	[µg/m³]	100	43	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	80	56	↗
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	11	↘
Höchster TMW	[µg/m³]	50	92	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	3	↗

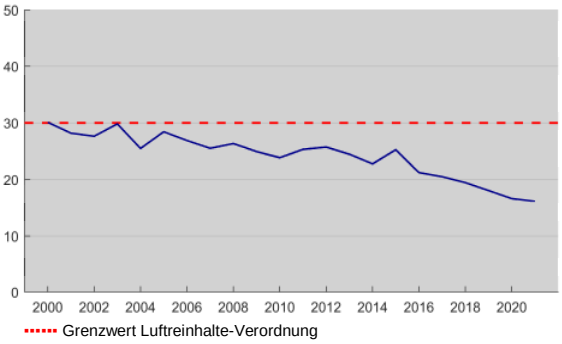
Ozon (O_3)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Max. 1h-Mittel	[µg/m³]	120	145	↗
Überschreitungen	[Std.]	1	73	↗
Max. 98-Perzentil	[µg/m³]	100	133	↗
Überschreitungen	[Mt.]	0	5	↘
AOT40 (Wald)	[ppm·h]	(5)*	7.0	↗

EC / Russ		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	(0.1)*	0.45	—
Höchster TMW	[µg/m³]	—	1.85	—

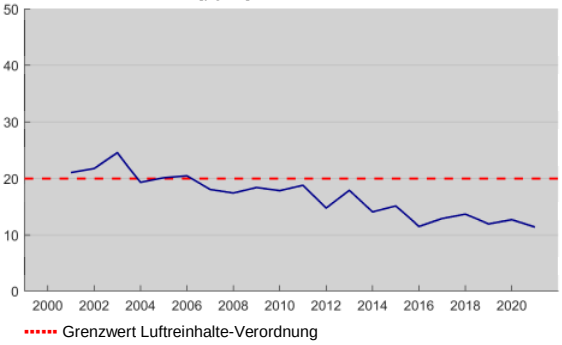
* Empfehlung

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10

NO_2 Jahresmittelwerte [µg/m³]



PM10 Jahresmittelwerte [µg/m³]



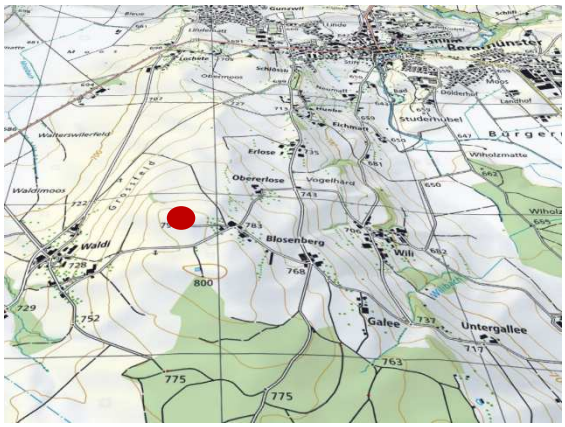
Die Stickstoffdioxid-Belastung der Messstation Altdorf ist primär durch den Strassenverkehr der A2 beeinflusst, aber auch der lokale Verkehr trägt dazu bei. Im Vergleich mit den Autobahnstandorten A2 Uri und Reiden weist Altdorf tiefere Belastungen auf. Der Grund liegt bei der grösseren Entfernung der Station zur Autobahn. Seit mehreren Jahren ist eine tendenzielle Abnahme der Belastung festzustellen, die sich auch in diesem Jahr fortsetzte. Die Grenzwerte wurden eingehalten.

Seit mehreren Jahren liegt der Jahresmittelwert unter dem Grenzwert der LRV und schwankte in den letzten fünf Jahren in einem engen Bereich. Er nahm gegenüber dem Vorjahr um 2 µg/m³ ab. Der Tagesmittelgrenzwert wurde dreimal überschritten.

Die Ozonbelastung nahm im Vergleich zum Vorjahr zu. Der Stundenmittelgrenzwert wurde fast doppelt so oft überschritten wie im Jahr zuvor. Auch die anderen Ozongrenzwerte wurden deutlich überschritten.

Die Russbelastung überschritt den empfohlenen Richtwert deutlich.

2.4.9 Beromünster (NABEL Station)



©2016 Swisstopo

Lage
An der Basis des stillgelegten Sendemastens des ehemaligen Landessenders, zuoberst auf dem Blosenberg

Koordinaten
655.840 / 226.780, Höhe 797 m ü. M.

Strassenabstand
-

Standortklasse: **R_B_r**
Höhentyp: **Mittelland**
Siedlungsgrösse: **ausserhalb**
Verkehr, DTV (% LKW): **-**

Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	7	→
95-Perzentil	[µg/m³]	100	16	→
Höchster TMW	[µg/m³]	80	21	↘
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

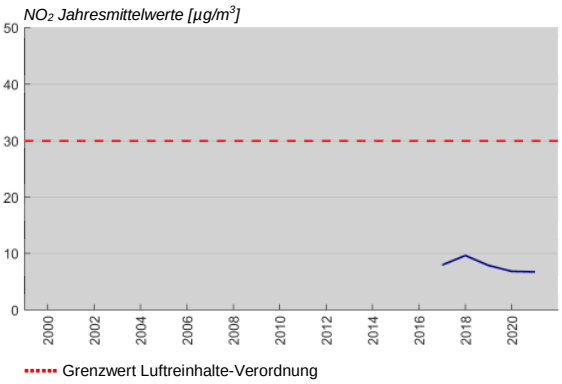
Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	10	↗
Höchster TMW	[µg/m³]	50	88	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	3	↗

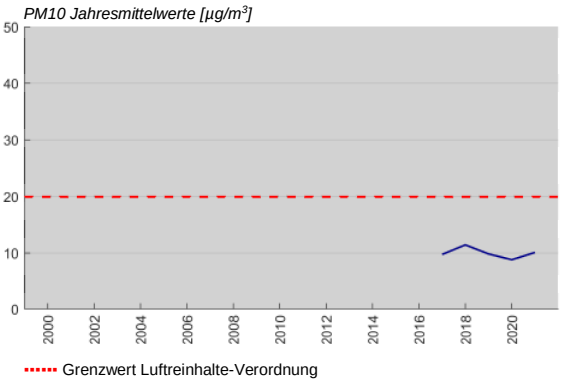
Feinstaub (PM2.5)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	10	6	→
Höchster TMW	[µg/m³]	—	28	↘

Ozon (O_3)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Max. 1h-Mittel	[µg/m³]	120	236	↗
Überschreitungen	[Std.]	1	263	↘
Max. 98-Perzentil	[µg/m³]	100	202	↗
Überschreitungen	[Mt.]	0	7	↗
AOT40 (Wald)	[ppm·h]	(5)*	13.0	↘

* Empfehlung

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10





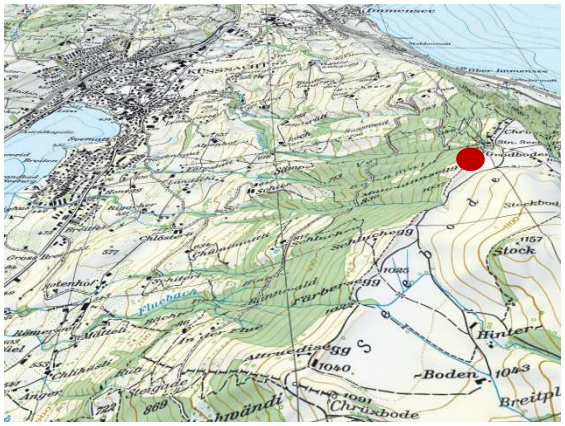
Die Station Beromünster ist Bestandteil des NABEL. Sie befindet sich an der Basis des stillgelegten Landessenders auf einer unbewaldeten Kuppe in landwirtschaftlich geprägter Umgebung. Der Standort ist aus allen Richtungen frei anströmbar und wird nicht unmittelbar durch Emissionen von Strassen oder Industrieanlagen beeinflusst. Die Station repräsentiert die Belastungssituation an einem erhöhten Standort im Mittelland.

Die Schadstoffbelastungen sind vergleichbar mit denjenigen der Stationen Rigi Seebodenalp und Zugerberg, die ebenfalls ländlich und höher gelegen sind und nicht direkt von anthropogenen Schadstoffemissionen beeinflusst werden.

Die Konzentrationen von NO_2, PM10 und PM2.5 waren tief und veränderten sich nur in geringem Masse. Wie an anderen Stationen auch, kam es zu Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes für PM10 infolge von Saharastaub.

Sämtliche Grenzwerte für Ozon wurden sehr häufig und deutlich überschritten, auch wenn sich die Anzahl der Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwerts gegenüber dem Vorjahr um 86 Stunden verringerte. Der Stundenmittelgrenzwert wurde an 38 Tagen während 263 Stunden überschritten.

2.4.10 Rigi, Seebodenalp (NABEL-Station)



©2016 Swisstopo

Lage
Südwestlich der Bergstation der Seebodenalpbahn, auf der Krete der Mülimannsegg

Koordinaten
677.835 / 213.440, Höhe 1031 m ü. M.

Strassenabstand
-

Standortklasse: **R_B_r**
Höhentyp: **Voralpin**
Siedlungsgrösse: **ausserhalb**
Verkehr, DTV (% LKW): **-**

Stickstoffdioxid (NO_2)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	30	4	→
95-Perzentil	[µg/m³]	100	12	↗
Höchster TMW	[µg/m³]	80	22	↗
Überschreitungen	[Tage]	1	0	→

Feinstaub (PM10)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	20	7	→
Höchster TMW	[µg/m³]	50	92	↗
Überschreitungen	[Tage]	3	5	↗

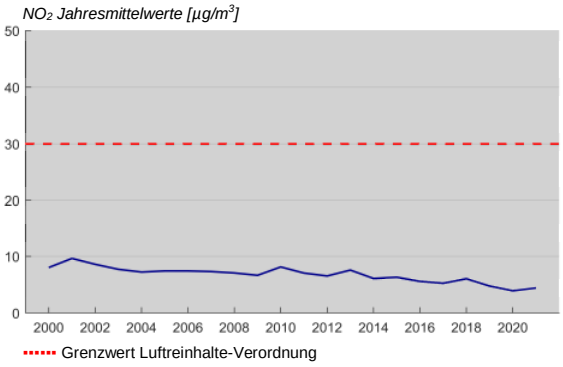
Feinstaub (PM2.5)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Jahresmittel	[µg/m³]	10	5	→
Höchster TMW	[µg/m³]	—	31	↗

Ozon (O_3)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Max. 1h-Mittel	[µg/m³]	120	167	↗
Überschreitungen	[Std.]	1	186	↘
Max. 98-Perzentil	[µg/m³]	100	146	↗
Überschreitungen	[Mt.]	0	7	→
AOT40 (Wald)	[ppm·h]	(5)*	12.8	↘

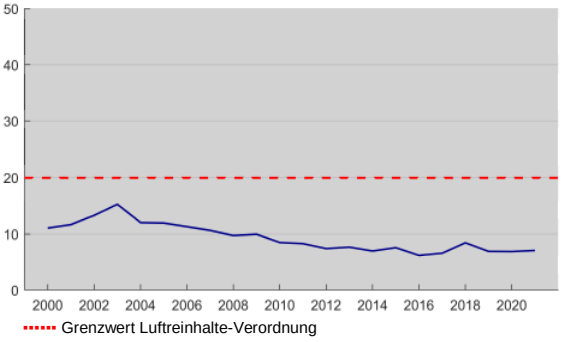
* Empfehlung

Langjähriger Vergleich von NO_2 und PM10

NO_2 Jahresmittelwerte [µg/m³]



PM10 Jahresmittelwerte [µg/m³]



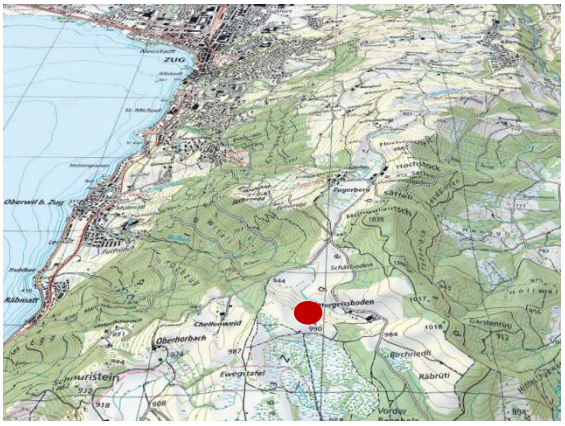
Die Station Rigi Seebodenalp ist Bestandteil des NABEL. Die Station liegt zwischen den beiden Städten Luzern und Zug (Entfernung je 12 km).

Aufgrund des ländlichen, voralpinen Charakters ist die Primärschadstoffbelastung an diesem Standort sehr gering. Es sind kaum anthropogene Schadstoffemissionen vorhanden. Die Luftschadstoffe werden aus den besiedelten Gebieten über weite Strecken herantransportiert und dabei verdünnt. Das regional gebildete Ozon wird deshalb kaum abgebaut.

Die Konzentrationen von NO_2, PM10 und PM2.5 waren tief und vergleichbar mit früheren Jahren. Es kam jedoch zu fünf Überschreitungen des Tagesmittelgrenzwertes für PM10 infolge von hohen Konzentrationen von Saharastaub. Erlaubt sind gemäss LRV drei Überschreitungen.

Die Station Rigi weist ähnlich hohe Ozonbelastungen auf wie die Stationen Zugerberg und Beromünster. Sämtliche Grenzwerte wurden sehr deutlich überschritten. Gegenüber dem Vorjahr halbierte sich die Anzahl Überschreitungen des Stundenmittelgrenzwerts. Er wurde an 34 Tagen während 186 Stunden überschritten.

2.4.11 Zugerberg



©2016 Swisstopo

Lage
Nördlicher Rand der Hochebene Eigenried

Koordinaten
683.000 / 220.500, Höhe 990 m ü. M.

Strassenabstand
-

Standortklasse: **R_B_r**
Höhentyp: **Voralpin**
Siedlungsgrösse: **ausserhalb**
Verkehr, DTV (% LKW): **-**

Ozon (O_3)		Grenzwert	Messwert 2021	Vergleich Vorjahr
Max. 1h-Mittel	[µg/m³]	120	**	**
Überschreitungen	[Std.]	1	**	**
Max. 98-Perzentil	[µg/m³]	100	**	**
Überschreitungen	[Mt.]	0	**	**
AOT40 (Wald)	[ppm·h]	(5)*	**	**

Unbereinigte Daten

* Empfehlung

** Unvollständige Messreihe

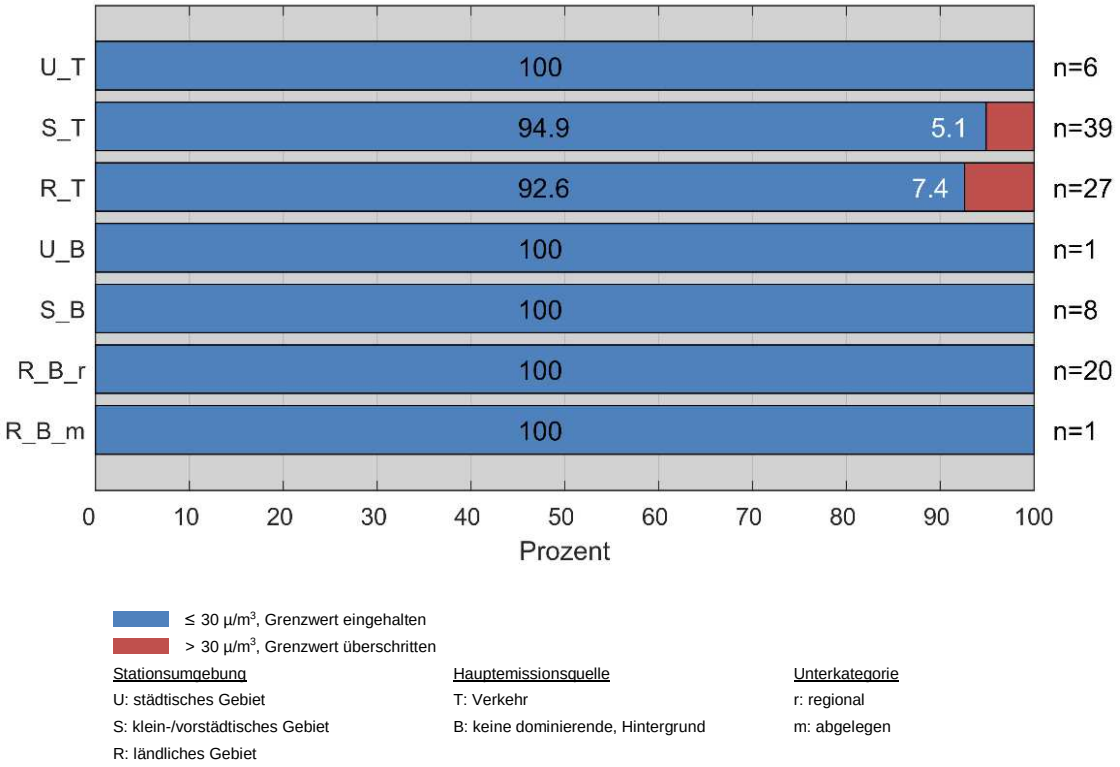
Die Station Zugerberg befindet sich auf der Hochebene Eigenried, ungefähr 5 km südöstlich der Stadt Zug. Die Umgebung ist voralpin geprägt, Weideland und Waldpartien wechseln sich ab. Die Messstation wird betrieben vom Institut für angewandte Pflanzenbiologie (IAP).

Die Ozonbelastung ist vergleichbar mit jener der Stationen Rigi-Seebodenalp und Beromünster. Es sind wenige anthropogene Schadstoffemissionen vorhanden. Das regional gebildete Ozon wird daher kaum abgebaut und so resultiert eine sehr hohe Ozonbelastung an diesem Standort.

Im Jahr 2021 war die Anzahl Messwerte für die Angabe von Jahresmittelwerten ungenügend.

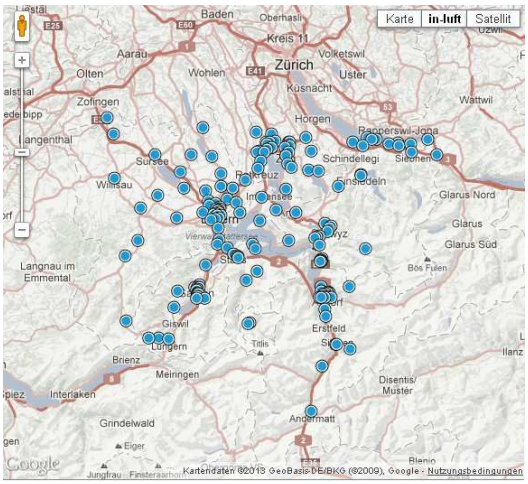
2.5 NO_2-Passivsammler-Messungen 2021

Um eine optimale, flächendeckende Aussage zur Stickstoffdioxid-Belastung zu ermöglichen, werden (zusätzlich zu den kontinuierlich messenden Stationen) an 102 Standorten Messungen mit Passivsammlern durchgeführt. Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwertes traten an einigen verkehrsbelasteten Standorten auf.



Die folgenden Tabellen enthalten die im Jahr 2021 mittels Passivsammlern gemessenen Jahresmittelwerte, sortiert nach Kantonen (Kap. →2.5.1) bzw. Standortklasse (Kap. →2.5.2).

Auf der Webseite www.in-luft.ch (> Luftqualität > NO_2-Passivsammler) werden die Resultate sämtlicher Passivsammler-Messungen seit 1999 publiziert (stillgelegte und aktuelle Standorte). Die geografische Verteilung der Standorte wird in einer interaktiven Karte dargestellt, und jeder Standort ist mit Detailinformationen und Fotos dokumentiert.



Interaktive Karte mit den Passivsammler-Standorten.

2.5.1 Resultate 2021 sortiert nach Kantonen

Kanton	Standort	Ost-Koord.	Nord-Koord.	Höhe m ü. M.	Kl.[a)]	Jahres-mittel 2021 µg/m³	Jahres-mittel 2020 µg/m³
LU	Luzern, Bahnhofplatz (526)	666.315	211.415	436	U_T	26	25
LU	Luzern, Kasimir Pfyfferstr. 26 (570)	665.475	211.145	440	U_T	16	16
LU	Luzern, Museggstrasse	666.175	211.975	445	U_T	19	20
LU	Luzern, Neustadt Bleicherpark	665.955	210.700	440	U_T	20	20
LU	Luzern, Sternmatt (534)	666.440	210.075	490	U_T	17	17
LU	Luzern, Tribschen (VBL)	666.895	210.715	440	U_T	16	16
LU	Luzern, Wesemlin Kloster (585)	666.540	212.580	485	U_B	13	13
LU	Horw, Bahnhofstrasse	666.315	207.870	440	S_T	17	18
LU	Littau, Reussbühl	664.109	213.050	435	S_T	18	17
LU	Emmen, Herdschwand	663.880	214.080	450	S_T	17	16
LU	Kriens, Schulhaus Brunnmatt	664.615	209.575	470	S_T	15	15
LU	Buchrain, Leisibachstrasse	669.450	216.915	460	S_T	15	16
LU	Sempach, Feldweg	657.240	220.545	520	S_T	15	15
LU	Willisau-Stadt, Bahnhofstr.	642.090	219.090	595	S_B	11	11
LU	Emmen, Waldibrücke	666.749	217.328	420	R_T	16	17
LU	Dierikon, Pilatusstrasse	670.046	216.280	420	R_T	23	23
LU	Rothenburg, Flecken	663.255	216.195	490	R_T	24	24
LU	Neudorf, Bromen	659.705	224.500	735	R_B_r	6	6
LU	Schüpfheim, Landw. Schule	644.720	201.100	725	R_B_r	7	7
NW	Hergiswil, Dorf	666.190	203.950	460	S_T	22	20
NW	Stans, Post	670.700	201.260	450	S_T	18	19
NW	Buochs, Gemeindehaus	674.875	203.060	438	S_B	16	16
NW	Stans, Pestalozzi	670.840	201.235	438	S_B	13	13
NW	Hergiswil, Matt	666.425	205.050	450	S_B	13	13
NW	Niederrickenbach	675.250	197.825	1162	R_B_r	2	2
OW	Sarnen, Büntenstrasse	662.003	194.565	469	S_B	13	13
OW	Engelberg, Elektrizitätswerk	673.495	185.670	1001	R_T	16	16
OW	Lungern, Brünigstrasse 87	655.069	181.901	712	R_T	13	12
SZ	Brunnen, Bahnhofstrasse	689.040	205.980	440	S_T	21	21
SZ	Einsiedeln, Restaurant Waldstatt	699.060	220.450	880	S_T	20	18
SZ	Küssnacht, Hauptplatz	676.160	215.010	440	S_T	30	**41**
SZ	Lachen, Oberdorfstrasse	707.720	227.260	430	S_T	24	24
SZ	Pfäffikon, Schindellegistrasse	701.450	228.660	415	S_T	25	23
SZ	Pfäffikon, Strassenverkehrsamt	702.380	228.740	420	S_T	21	21
SZ	Schwyz, Herrengasse	692.270	208.550	520	S_T	27	26

Kanton	Standort	Ost-Koord.	Nord-Koord.	Höhe m ü. M.	Kl.[a)]	Jahres-mittel 2021 µg/m³	Jahres-mittel 2020 µg/m³
SZ	Siebnen, Glarnerstrasse	710.580	225.870	445	S_T	25	24
SZ	Wollerau, Dorfplatz	697.050	228.007	518	S_T	20	19
SZ	Goldau, Bahnhofstrasse	684.215	211.525	510	S_T	19	22
SZ	Rothenthurm, Hauptstrasse	693.910	217.790	925	R_T	18	17
SZ	Muotathal, Gemeindekanzlei	700.340	203.420	610	R_T	16	15
SZ	Tuggen	714.310	228.845	408	R_B r	11	10
SZ	Morschach, Husmattegg	689.700	204.140	655	R_B r	6	6
UR	Altdorf, von Roll-Haus	691.825	193.000	464	S_T	27	27
UR	Schattdorf, Adlergarten	692.237	191.103	466	S_T	22	23
UR	Altdorf, Allenwinden	691.690	192.220	464	S_T	10	11
UR	Altdorf, Grossmatt	691.220	192.100	460	S_T	12	13
UR	Altdorf, Spital	691.404	192.956	449	S_T	12	13
UR	Altdorf, Gross Ei	690.540	192.340	444	R_T	**30**	**31**
UR	Flüelen, Werkhof A2/A4	690.200	194.470	436	R_T	17	18
UR	Gurtnellen, Wiler	690.700	176.065	743	R_T	18	18
UR	Wassen, Schule	688.747	173.366	915	R_T	11	10
UR	Wassen, Autobahn	688.871	173.321	876	R_T	16	14
UR	Sisikon, EWA Häuschen	690.070	200.467	455	R_T	10	10
UR	Sisikon, Haus Kantonsstrasse	690.107	200.487	460	R_T	11	10
UR	Sisikon, Schulhaus Sportplatz	690.045	200.600	440	R_T	8	8
UR	Sisikon, Schulhaus Strassenlampe	690.065	200.601	455	R_T	14	12
UR	Andermatt, Gotthardstrasse	688.534	165.289	1441	R_T	10	10
UR	Sisikon, Ob den Dächern	690.132	200.500	470	R_T	7	7
UR	Silenen, Dägerlohn	693.944	183.107	516	R_T	11	12
UR	Göschenen, Eidgenössisch	688.222	168.867	1106	R_T	7	8
UR	Göschenen, Schöllenen	687.858	168.470	1136	R_T	9	9
UR	Altdorf, Bärenmatt	690.620	192.640	445	R_B r	14	15
UR	Altdorf, Gartenmatt	690.175	193.550	440	R_B r	16	17
UR	Amsteg, Grund 2	693.930	181.300	510	R_B r	12	12
UR	Erstfeld, Pumpwerk	691.320	189.340	454	R_B r	14	15
UR	Altdorf, Kapuzinerkloster	691.900	193.300	514	R_B r	6	6
UR	Andermatt, Bahnhof	688.425	165.675	1436	R_B r	10	9
UR	Bürglen, Brickermatte	692.540	192.135	496	R_B r	9	10
UR	Göschenen, Gotthardstrasse	687.972	168.974	1113	R_B r	10	7
UR	Sisikon, Unterdorf	689.927	200.352	450	R_B r	9	9
UR	Attinghausen, Eielen	689.860	192.036	451	R_B r	9	9
UR	Attinghausen, Schachli	690.340	192.020	446	R_B r	10	10

Kanton	Standort	Ost-Koord.	Nord-Koord.	Höhe m ü. M.	Kl.[a)]	Jahres-mittel 2021 µg/m³	Jahres-mittel 2020 µg/m³
UR	Sisikon, Doppelmast beim Bergweg	690.205	200.510	485	R_B_r	6	5
UR	Sisikon, Hochspannungsmast	690.358	200.924	640	R_B_r	5	5
UR	Wassen, EWA Mast	688.813	173.372	916	R_B_r	10	9
UR	Biel, Bergstation	696.800	194.575	1625	RBm	2	1
ZG	Baar, TZB Inwilerriedstrasse	682.676	226.548	433	S_T	15	16
ZG	Baar, TZB Rigistrasse	682.765	227.330	445	S_T	17	16
ZG	Baar, Zugerstrasse	682.057	226.941	435	S_T	19	19
ZG	Cham, UCH Cham Nord	677.172	227.222	432	S_T	16	17
ZG	Hünenberg, Fildernweg	675.702	226.170	455	S_T	19	19
ZG	Baar, TZB Ägeristrasse	683.300	227.243	479	S_T	13	14
ZG	Cham, UCH Luzernerstrasse	677.320	225.967	421	S_T	**32**	**32**
ZG	Cham, UCH Zugerstrasse	678.350	226.446	417	S_T	22	23
ZG	Cham, UCH Zythus	676.635	225.286	421	S_T	18	17
ZG	Unterägeri, Zugerstrasse	686.639	221.367	734	S_T	23	23
ZG	Zug, Neugasse	681.675	224.615	420	S_T	**31**	**31**
ZG	Zug, TZB Ägeristrasse	682.831	225.093	500	S_T	23	23
ZG	Baar, Poststrasse	682.347	227.663	445	S_T	16	16
ZG	Cham, Duggelimatt	678.250	226.380	420	S_T	16	16
ZG	Unterägeri, Lorzenstrasse	686.860	221.270	725	S_T	11	11
ZG	Baar, TZB Tennisplatz	682.335	226.672	432	S_T	15	13
ZG	Baar, Herti	681.426	226.453	424	S_B	16	15
ZG	Rotkreuz, Gemeindehaus	675.320	221.640	429	S_B	16	15
ZG	Baar, Inwil	682.550	226.900	440	S_B	12	12
ZG	Cham, Baregg	677.878	227.712	420	R_T	17	16
ZG	Cham, Bibersee	678.231	229.480	445	R_T	**33**	**34**
ZG	Cham, Eizmoos	677.146	227.748	440	R_T	18	18
ZG	Rotkreuz, Holzhäusern	675.850	223.250	443	R_T	26	26
ZG	Rotkreuz, Kreisel Forren	675.507	222.391	443	R_T	26	27
ZG	Walchwil, Bahnhofplatz	681.875	216.940	449	R_T	10	11
ZG	Cham, Frauental	674.710	229.850	393	R_B_r	9	9

Fett = Wert über dem LRV-Grenzwert von 30 µg/m³.

[a)] Standortklasse

2.5.2 Resultate 2021 sortiert nach Standortklasse

Kanton	Standort	Ost-Koord.	Nord-Koord.	Höhe m ü. M.	Kl.[a)]	Jahres-mittel 2021 µg/m³	Jahres-mittel 2020 µg/m³
LU	Luzern, Bahnhofplatz (526)	666.315	211.415	436	U_T	26	25
LU	Luzern, Kasimir Pfyfferstr. 26 (570)	665.475	211.145	440	U_T	16	16
LU	Luzern, Museggstrasse	666.175	211.975	445	U_T	19	20
LU	Luzern, Neustadt Bleicherpark	665.955	210.700	440	U_T	20	20
LU	Luzern, Sternmatt (534)	666.440	210.075	490	U_T	17	17
LU	Luzern, Tribschen (VBL)	666.895	210.715	440	U_T	16	16
LU	Luzern, Wesemlin Kloster (585)	666.540	212.580	485	U_B	13	13
LU	Horw, Bahnhofstrasse	666.315	207.870	440	S_T	17	18
LU	Littau, Reussbühl	664.109	213.050	435	S_T	18	17
LU	Emmen, Herdschwand	663.880	214.080	450	S_T	17	16
LU	Kriens, Schulhaus Brunnmatt	664.615	209.575	470	S_T	15	15
LU	Buchrain, Leisibachstrasse	669.450	216.915	460	S_T	15	16
LU	Sempach, Feldweg	657.240	220.545	520	S_T	15	15
NW	Hergiswil, Dorf	666.190	203.950	460	S_T	22	20
NW	Stans, Post	670.700	201.260	450	S_T	18	19
SZ	Brunnen, Bahnhofstrasse	689.040	205.980	440	S_T	21	21
SZ	Einsiedeln, Restaurant Waldstatt	699.060	220.450	880	S_T	20	18
SZ	Küssnacht, Hauptplatz	676.160	215.010	440	S_T	30	**41**
SZ	Lachen, Oberdorfstrasse	707.720	227.260	430	S_T	24	24
SZ	Pfäffikon, Schindellegistrasse	701.450	228.660	415	S_T	25	23
SZ	Pfäffikon, Strassenverkehrsamt	702.380	228.740	420	S_T	21	21
SZ	Schwyz, Herrengasse	692.270	208.550	520	S_T	27	26
SZ	Siebnen, Glarnerstrasse	710.580	225.870	445	S_T	25	24
SZ	Wollerau, Dorfplatz	697.050	228.007	518	S_T	20	19
SZ	Goldau, Bahnhofstrasse	684.215	211.525	510	S_T	19	22
UR	Altdorf, von Roll-Haus	691.825	193.000	464	S_T	27	27
UR	Schattdorf, Adlergarten	692.237	191.103	466	S_T	22	23
UR	Altdorf, Allenwinden	691.690	192.220	464	S_T	10	11
UR	Altdorf, Grossmatt	691.220	192.100	460	S_T	12	13
UR	Altdorf, Spital	691.404	192.956	449	S_T	12	13
ZG	Baar, TZB Inwilerriedstrasse	682.676	226.548	433	S_T	15	16
ZG	Baar, TZB Rigistrasse	682.765	227.330	445	S_T	17	16
ZG	Baar, Zugerstrasse	682.057	226.941	435	S_T	19	19
ZG	Cham, UCH Cham Nord	677.172	227.222	432	S_T	16	17
ZG	Hünenberg, Fildernweg	675.702	226.170	455	S_T	19	19

Kanton	Standort	Ost-Koord.	Nord-Koord.	Höhe m ü. M.	Kl.[a)]	Jahres-mittel 2021 µg/m³	Jahres-mittel 2020 µg/m³
ZG	Baar, TZB Ägeristrasse	683.300	227.243	479	S_T	13	14
ZG	Cham, UCH Luzernerstrasse	677.320	225.967	421	S_T	**32**	**32**
ZG	Cham, UCH Zugerstrasse	678.350	226.446	417	S_T	22	23
ZG	Cham, UCH Zythus	676.635	225.286	421	S_T	18	17
ZG	Unterägeri, Zugerstrasse	686.639	221.367	734	S_T	23	23
ZG	Zug, Neugasse	681.675	224.615	420	S_T	**31**	**31**
ZG	Zug, TZB Ägeristrasse	682.831	225.093	500	S_T	23	23
ZG	Baar, Poststrasse	682.347	227.663	445	S_T	16	16
ZG	Cham, Duggelimatt	678.250	226.380	420	S_T	16	16
ZG	Unterägeri, Lorzenstrasse	686.860	221.270	725	S_T	11	11
ZG	Baar, TZB Tennisplatz	682.335	226.672	432	S_T	15	13
LU	Willisau-Stadt, Bahnhofstr.	642.090	219.090	595	S_B	11	11
NW	Buochs, Gemeindehaus	674.875	203.060	438	S_B	16	16
NW	Stans, Pestalozzi	670.840	201.235	438	S_B	13	13
NW	Hergiswil, Matt	666.425	205.050	450	S_B	13	13
OW	Sarnen, Büntenstrasse	662.003	194.565	469	S_B	13	13
ZG	Baar, Herti	681.426	226.453	424	S_B	16	15
ZG	Rotkreuz, Gemeindehaus	675.320	221.640	429	S_B	16	15
ZG	Baar, Inwil	682.550	226.900	440	S_B	12	12
LU	Emmen, Waldibrücke	666.749	217.328	420	R_T	16	17
LU	Dierikon, Pilatusstrasse	670.046	216.280	420	R_T	23	23
LU	Rothenburg, Flecken	663.255	216.195	490	R_T	24	24
OW	Engelberg, Elektrizitätswerk	673.495	185.670	1001	R_T	16	16
OW	Lungern, Brünigstrasse 87	655.069	181.901	712	R_T	13	12
SZ	Rothenthurm, Hauptstrasse	693.910	217.790	925	R_T	18	17
SZ	Muotathal, Gemeindekanzlei	700.340	203.420	610	R_T	16	15
UR	Altdorf, Gross Ei	690.540	192.340	444	R_T	**30**	**31**
UR	Flüelen, Werkhof A2/A4	690.200	194.470	436	R_T	17	18
UR	Gurtnellen, Wiler	690.700	176.065	743	R_T	18	18
UR	Wassen, Schule	688.747	173.366	915	R_T	11	10
UR	Wassen, Autobahn	688.871	173.321	876	R_T	16	14
UR	Sisikon, EWA Häuschen	690.070	200.467	455	R_T	10	10
UR	Sisikon, Haus Kantonsstrasse	690.107	200.487	460	R_T	11	10
UR	Sisikon, Schulhaus Sportplatz	690.045	200.600	440	R_T	8	8
UR	Sisikon, Schulhaus Strassenlampe	690.065	200.601	455	R_T	14	12
UR	Andermatt, Gotthardstrasse	688.534	165.289	1441	R_T	10	10
UR	Sisikon, Ob den Dächern	690.132	200.500	470	R_T	7	7

Kanton	Standort	Ost-Koord.	Nord-Koord.	Höhe m ü. M.	Kl.[a)]	Jahres-mittel 2021 µg/m³	Jahres-mittel 2020 µg/m³
UR	Silenen, Dägerlohn	693.944	183.107	516	R_T	11	12
UR	Göschenen, Eidgenössisch	688.222	168.867	1106	R_T	7	8
UR	Göschenen, Schöllenen	687.858	168.470	1136	R_T	9	9
ZG	Cham, Baregg	677.878	227.712	420	R_T	17	16
ZG	Cham, Bibersee	678.231	229.480	445	R_T	**33**	**34**
ZG	Cham, Eizmoos	677.146	227.748	440	R_T	18	18
ZG	Rotkreuz, Holzhäusern	675.850	223.250	443	R_T	26	26
ZG	Rotkreuz, Kreisel Forren	675.507	222.391	443	R_T	26	27
ZG	Walchwil, Bahnhofplatz	681.875	216.940	449	R_T	10	11
LU	Neudorf, Bromen	659.705	224.500	735	R_B_r	6	6
LU	Schüpfheim, Landw. Schule	644.720	201.100	725	R_B_r	7	7
NW	Niederrickenbach	675.250	197.825	1162	R_B_r	2	2
SZ	Tuggen	714.310	228.845	408	R_B_r	11	10
SZ	Morschach, Husmattegg	689.700	204.140	655	R_B_r	6	6
UR	Altdorf, Bärenmatt	690.620	192.640	445	R_B_r	14	15
UR	Altdorf, Gartenmatt	690.175	193.550	440	R_B_r	16	17
UR	Amsteg, Grund 2	693.930	181.300	510	R_B_r	12	12
UR	Erstfeld, Pumpwerk	691.320	189.340	454	R_B_r	14	15
UR	Altdorf, Kapuzinerkloster	691.900	193.300	514	R_B_r	6	6
UR	Andermatt, Bahnhof	688.425	165.675	1436	R_B_r	10	9
UR	Bürglen, Brickermatte	692.540	192.135	496	R_B_r	9	10
UR	Göschenen, Gotthardstrasse	687.972	168.974	1113	R_B_r	10	7
UR	Sisikon, Unterdorf	689.927	200.352	450	R_B_r	9	9
UR	Attinghausen, Eielen	689.860	192.036	451	R_B_r	9	9
UR	Attinghausen, Schachli	690.340	192.020	446	R_B_r	10	10
UR	Sisikon, Doppelmast beim Bergweg	690.205	200.510	485	R_B_r	6	5
UR	Sisikon, Hochspannungsmast	690.358	200.924	640	R_B_r	5	5
UR	Wassen, EWA Mast	688.813	173.372	916	R_B_r	10	9
ZG	Cham, Frauental	674.710	229.850	393	R_B_r	9	9
UR	Biel, Bergstation	696.800	194.575	1625	R_B_m	2	1

Fett = Wert über dem LRV-Grenzwert von 30 µg/m³.

[a)] Standortklasse

2.6 Detaillierte Auswertung der Immissionsmessungen 2021

Beilagen: BAFU-Auswertungen

Erläuterungen

1) Die Standortcharakteristika folgen Anhang 5 der Empfehlung zur Immissionsmessung von Luftfremdstoffen vom 1. Januar 2004.

2) Ergebnisse unvollständiger Messreihen sind mit * zu kennzeichnen. Für Messwerte bis zum 31.12.2003 gilt die Empfehlung über die Immissionsmessung von Luftfremdstoffen vom 15. Januar 1990, für Daten seit dem 1.1.2004 die Empfehlungen zur Immissionsmessung von Luftfremdstoffen vom 1. Januar 2004.

3) Die Bezugsbedingungen für Stationen unterhalb 1500 m sind 20°C und 1013 hPa gemäss Immissionsmessempfehlung vom 1. Januar 2004.
Für Stationen oberhalb 1500 m sind die langjährigen Mittel von Temperatur und Druck der jeweiligen Station zu nehmen.

4) AOT40f: Die Berechnung der AOT40f Werte erfolgt gemäss Anhang 4 der Immissionsmessempfehlung vom 1. Januar 2004.
Die Ozonbelastung für Waldbäume wird für die Periode vom 1. April bis 30. September bestimmt. Dabei sind nur Stunden mit einer Globalstrahlung > 50 W/m² zu berücksichtigen; falls keine Strahlungsdaten vorliegen, sind die Stundenwerte zwischen 08:00 h und 20:00 h MEZ zu nehmen.

5) Alle Grössen sind in den angegebenen Einheiten einzutragen.

6) Die Felder nicht gemessener Grössen bleiben leer.

7) Alle Messwerte werden mit mindestens zwei gültigen Ziffern angegeben.

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort Altdorf, Gartenmatt **Jahr** 2021

Messinstanz: Amt für Landwirtschaft und Umwelt, 6060 Sarnen
Kontaktperson: Marco Dusi / 041 666 63 02
Umrechnung von ppb in µg/m³ bei 20 1013 °C / hPa

	Ost in m		Nord in m	Höhe	
Koordinaten	2690175	/	1193550	438	m über Meer
Probenahme	100	m von Strasse		4	m über Boden

Standortcharakteristika

- [ ] Stadtzentrum
- [ ] Agglomeration
- [x] ländlich
- [ ] Hochgebirge
- [ ] Industrie
- [x] Verkehr
- [ ] Hintergrund

Bebauung

- [x] keine
- [ ] offen
- [ ] einseitig offen
- [ ] geschlossen

Verkehr (DTV)

- [ ] < 5‘000
- [ ] 5‘000 - 20‘000
- [x] 20‘001 - 50‘000
- [ ] > 50‘000

Meteoparameter

- [x] Ja
- [ ] Nein

	Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > IGW	Immissionsgrenzwerte Jahr	Tag	95%	Messgerät / Messmethode
SO_2	µg/m³					30	100	100	
NO_2	µg/m³	16.08	42.73	56.38	0	30	80	100	Horiba APNA-370 / Chemilumineszenz
NO_x	ppb	11.80	37.79	61.91					Horiba APNA-370 / Chemilumineszenz
CO	mg/m³						8		
TSP	µg/m³								
PM10	µg/m³	11.36		91.56	3	20	50		FIDAS-200 / light-scat
PM2.5	µg/m³					10			
PM1	µg/m³								
Partikelanzahl	1/cm³								
EC / Russ	µg/m³								
Pb in PM10	ng/m³					500			
Cd in PM10	ng/m³					1.5			
Staubniederschlag	mg/(m²·d)					200			
Pb im SN	µg/(m²·d)					100			
Cd im SN	µg/(m²·d)					2			
Zn im SN	µg/(m²·d)					400			
Tl im SN	µg/(m²·d)					2			
Benzol	µg/m³								
Toluol	µg/m³								
NMVOC	µg/m³								
Ammoniak	µg/m³								

Ozon Messgerät: Monitor Labs 9810 / UV-Photometer

Einheit	Jahres-mittel	höchster 98%-Wert	maximales Stundenmittel	Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³	Anzahl 1h-Mittel	Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel > 120 µg/m³ h	> 120 µg/m³ d	> 180 µg/m³ h	> 180 µg/m³ d	> 240 µg/m³ h	> 240 µg/m³ d	Dosis AOT40f in ppm·h
µg/m³	48.78	133.10	145.03	5	8760	73	15	0	0	0	0	6.95

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort Erstfeld, A2 **Jahr** **2021**

Messinstanz: BAFU, Sektion Umweltbeobachtung, 3003 Bern

Kontaktperson: S. Bieri, inNET AG, 6005 Luzern / 041 500 52 47

Umrechnung von ppb in µg/m³ bei 20 1013 °C / hPa

	Ost in m		Nord in m	Höhe	
Koordinaten	2691390	/	1188470	460	m über Meer
Probenahme	5	m von Strasse		4.5	m über Boden

Standortcharakteristika

- [ ] Stadtzentrum
- [ ] Agglomeration
- [x] ländlich
- [ ] Hochgebirge
- [ ] Industrie
- [x] Verkehr
- [ ] Hintergrund

Bebauung

- [ ] keine
- [x] offen
- [ ] einseitig offen
- [ ] geschlossen

Verkehr (DTV)

- [ ] < 5‘000
- [ ] 5‘000 - 20‘000
- [x] 20‘001 - 50‘000
- [ ] > 50‘000

Meteoparameter

- [x] Ja
- [ ] Nein

	Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > IGW	Immissionsgrenzwerte Jahr	Immissionsgrenzwerte Tag	Immissionsgrenzwerte 95%	Messgerät / Messmethode
SO_2	µg/m³					30	100	100	
NO_2	µg/m³	20.20	49.97	49.58	0	30	80	100	Thermo 42i / Chemilumineszenz
NO_x	ppb	18.89	55.37	56.51					Thermo 42i / Chemilumineszenz
CO	mg/m³						8		
TSP	µg/m³								
PM10	µg/m³	10.89		92.30	3	20	50		FIDAS-200 / light-scat
PM2.5	µg/m³	7.01		31.80		10			FIDAS-200 / light-scat
PM1	µg/m³								
Partikelanzahl	1/cm³								
EC / Russ	µg/m³	0.54		1.74					AE33 Aethalometer / light absorption
Pb in PM10	ng/m³					500			
Cd in PM10	ng/m³					1.5			
Staubniederschlag	mg/(m²·d)					200			
Pb im SN	µg/(m²·d)					100			
Cd im SN	µg/(m²·d)					2			
Zn im SN	µg/(m²·d)					400			
Tl im SN	µg/(m²·d)					2			
Benzol	µg/m³								
Toluol	µg/m³								
NMVOC	µg/m³								
Ammoniak	µg/m³								

Ozon Messgerät: Monitor Labs 9810 / UV-Photometer

Einheit	Jahres-mittel	höchster 98%-Wert	maximales Stundenmittel	Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³	Anzahl 1h-Mittel	Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel > 120 µg/m³ h	> 120 µg/m³ d	> 180 µg/m³ h	> 180 µg/m³ d	> 240 µg/m³ h	> 240 µg/m³ d	Dosis AOT40f in ppm·h
µg/m³	45.32	130.05	145.74	5	8598	51	12	0	0	0	0	6.39

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort Reiden, A2 **Jahr** **2021**

Messinstanz: BAFU, Sektion Umweltbeobachtung, 3003 Bern
Kontaktperson: S. Bieri, inNET AG, 6005 Luzern / 041 500 52 47
Umrechnung von ppb in µg/m³ bei 20 1013 °C / hPa

	Ost in m		Nord in m	Höhe	
Koordinaten	2639560	/	1232110	462	m über Meer
Probenahme	7	m von Strasse		4	m über Boden

Standortcharakteristika

- [ ] Stadtzentrum
- [ ] Agglomeration
- [x] ländlich
- [ ] Hochgebirge
- [ ] Industrie
- [x] Verkehr
- [ ] Hintergrund

Bebauung

- [x] keine
- [ ] offen
- [ ] einseitig offen
- [ ] geschlossen

Verkehr (DTV)

- [ ] < 5‘000
- [ ] 5‘000 - 20‘000
- [x] 20‘001 - 50‘000
- [ ] > 50‘000

Meteoparameter

- [x] Ja
- [ ] Nein

	Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > IGW	Immissionsgrenzwerte Jahr	Immissionsgrenzwerte Tag	Immissionsgrenzwerte 95%	Messgerät / Messmethode
SO_2	µg/m³					30	100	100	
NO_2	µg/m³	19.48	43.33	55.59	0	30	80	100	Thermo 42i / Chemilumineszenz
NO_x	ppb	20.30	56.97	64.16					Thermo 42i / Chemilumineszenz
CO	mg/m³						8		
TSP	µg/m³								
PM10	µg/m³	14.13		61.72	2	20	50		Digitel HVS / HV Sauto 30 / gravi
PM2.5	µg/m³					10			
PM1	µg/m³								
Partikelanzahl	1/cm³								
EC / Russ	µg/m³	0.65*		1.62*					Digitel HVS / HV Sauto 30 / TOCA
Pb in PM10	ng/m³					500			
Cd in PM10	ng/m³					1.5			
Staubniederschlag	mg/(m²·d)					200			
Pb im SN	µg/(m²·d)					100			
Cd im SN	µg/(m²·d)					2			
Zn im SN	µg/(m²·d)					400			
Tl im SN	µg/(m²·d)					2			
Benzol	µg/m³								
Toluol	µg/m³								
NMVOC	µg/m³								
Ammoniak	µg/m³								

Ozon Messgerät

Einheit	Jahres-mittel	höchster 98%-Wert	maximales Stundenmittel	Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³	Anzahl 1h-Mittel	> 120 µg/m³ h	> 120 µg/m³ d	> 180 µg/m³ h	> 180 µg/m³ d	> 240 µg/m³ h	> 240 µg/m³ d	Dosis AOT40f in ppm·h
µg/m³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort Ebikon, Sedel **Jahr** **2021**

Messinstanz: Amt für Landwirtschaft und Umwelt, 6060 Sarnen
Kontaktperson: Marco Dusi / 041 666 63 02
Umrechnung von ppb in µg/m³ bei: 20 | 1013 °C / hPa

	Ost in m		Nord in m	Höhe	
Koordinaten	2665480	/	1213325	484	m über Meer
Probenahme	250	m von Strasse		4	m über Boden

Standortcharakteristika

- [ ] Stadtzentrum
- [x] Agglomeration
- [ ] ländlich
- [ ] Hochgebirge
- [ ] Industrie
- [ ] Verkehr
- [x] Hintergrund

Bebauung

- [x] keine
- [ ] offen
- [ ] einseitig offen
- [ ] geschlossen

Verkehr (DTV)

- [ ] < 5‘000
- [ ] 5‘000 - 20‘000
- [ ] 20‘001 - 50‘000
- [x] > 50‘000

Meteoparameter

- [x] Ja
- [ ] Nein

	Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > IGW	Immissionsgrenzwerte Jahr	Immissionsgrenzwerte Tag	Immissionsgrenzwerte 95%	Messgerät / Messmethode
SO_2	µg/m³					30	100	100	
NO_2	µg/m³	15.37	40.47	51.56	0	30	80	100	Thermo 42i / Chemilumineszenz
NO_x	ppb	11.44	36.39	59.23					Thermo 42i / Chemilumineszenz
CO	mg/m³						8		
TSP	µg/m³								
PM10	µg/m³	12.70		73.27	4	20	50		FIDAS-200 / light-scat
PM2.5	µg/m³					10			
PM1	µg/m³								
Partikelanzahl	1/cm³								
EC / Russ	µg/m³	0.44		1.68					AE33 Aethalometer / light absorption
Pb in PM10	ng/m³					500			
Cd in PM10	ng/m³					1.5			
Staubniederschlag	mg/(m²·d)					200			
Pb im SN	µg/(m²·d)					100			
Cd im SN	µg/(m²·d)					2			
Zn im SN	µg/(m²·d)					400			
Tl im SN	µg/(m²·d)					2			
Benzol	µg/m³								
Toluol	µg/m³								
NMVOC	µg/m³								
Ammoniak	µg/m³								

Ozon Messgerät: Monitor Labs 9810 / UV-Photometer

Einheit	Jahres-mittel	höchster 98%-Wert	maximales Stundenmittel	Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³	Anzahl 1h-Mittel	Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel > 120 µg/m³ h	> 120 µg/m³ d	> 180 µg/m³ h	> 180 µg/m³ d	> 240 µg/m³ h	> 240 µg/m³ d	Dosis AOT40f in ppm·h
µg/m³	48.38	141.20	177.48	6	8759	139	29	0	0	0	0	9.16

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort Zug, Postplatz **Jahr** **2021**

Messinstanz: Amt für Landwirtschaft und Umwelt, 6060 Sarnen
Kontaktperson: Marco Dusi / 041 666 63 02
Umrechnung von ppb in µg/m³ bei: 20 | 1013 °C / hPa

	Ost in m		Nord in m	Höhe	
Koordinaten	2681625	/	1224641	420	m über Meer
Probenahme	24	m von Strasse		2	m über Boden

Standortcharakteristika

- [x] Stadtzentrum
- [ ] Agglomeration
- [ ] ländlich
- [ ] Hochgebirge
- [ ] Industrie
- [x] Verkehr
- [ ] Hintergrund

Bebauung

- [ ] keine
- [ ] offen
- [x] einseitig offen
- [ ] geschlossen

Verkehr (DTV)

- [ ] < 5‘000
- [x] 5‘000 - 20‘000
- [ ] 20‘001 - 50‘000
- [ ] > 50‘000

Meteoparameter

- [x] Ja
- [ ] Nein

	Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > IGW	Immissionsgrenzwerte Jahr	Immissionsgrenzwerte Tag	Immissionsgrenzwerte 95%	Messgerät / Messmethode
SO_2	µg/m³					30	100	100	
NO_2	µg/m³	21.15	46.44	68.47	0	30	80	100	Thermo 42i / Chemilumineszenz
NO_x	ppb	19.07	53.93	77.69					Thermo 42i / Chemilumineszenz
CO	mg/m³						8		
TSP	µg/m³								
PM10	µg/m³	13.03		73.13	3	20	50		FIDAS-200 / light-scat
PM2.5	µg/m³					10			
PM1	µg/m³								
Partikelanzahl	1/cm³								
EC / Russ	µg/m³								
Pb in PM10	ng/m³					500			
Cd in PM10	ng/m³					1.5			
Staubniederschlag	mg/(m²·d)					200			
Pb im SN	µg/(m²·d)					100			
Cd im SN	µg/(m²·d)					2			
Zn im SN	µg/(m²·d)					400			
Tl im SN	µg/(m²·d)					2			
Benzol	µg/m³								
Toluol	µg/m³								
NMVOC	µg/m³								
Ammoniak	µg/m³								

Ozon Messgerät

Einheit	Jahres-mittel	höchster 98%-Wert	maximales Stundenmittel	Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³	Anzahl 1h-Mittel	> 120 µg/m³ h	> 120 µg/m³ d	> 180 µg/m³ h	> 180 µg/m³ d	> 240 µg/m³ h	> 240 µg/m³ d	Dosis AOT40f in ppm·h
µg/m³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort Luzern, Moosstrasse **Jahr** **2021**

Messinstanz: Amt für Landwirtschaft und Umwelt, 6060 Sarnen
Kontaktperson: Marco Dusi / 041 666 63 02
Umrechnung von ppb in µg/m³ bei: 20 | 1013 °C / hPa

	Ost in m		Nord in m	Höhe	
Koordinaten	2665789	/	1210898	441	m über Meer
Probenahme	5	m von Strasse		2	m über Boden

Standortcharakteristika

- [x] Stadtzentrum
- [ ] Agglomeration
- [ ] ländlich
- [ ] Hochgebirge
- [ ] Industrie
- [x] Verkehr
- [ ] Hintergrund

Bebauung

- [ ] keine
- [ ] offen
- [x] einseitig offen
- [ ] geschlossen

Verkehr (DTV)

- [ ] < 5‘000
- [ ] 5‘000 - 20‘000
- [x] 20‘001 - 50‘000
- [ ] > 50‘000

Meteoparameter

- [x] Ja
- [ ] Nein

	Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > IGW	Immissionsgrenzwerte Jahr	Tag	95%	Messgerät / Messmethode
SO_2	µg/m³					30	100	100	
NO_2	µg/m³	29.04	57.59	64.59	0	30	80	100	Horiba APNA 370 / Chemilumineszenz
NO_x	ppb	27.61	68.52	91.10					Horiba APNA 370 / Chemilumineszenz
CO	mg/m³						8		
TSP	µg/m³								
PM10	µg/m³	14.89		79.48	4	20	50		FIDAS-200 / light-scat
PM2.5	µg/m³	9.75		28.48		10			FIDAS-200 / light-scat
PM1	µg/m³								
Partikelanzahl	1/cm³								
EC / Russ	µg/m³	0.68		2.24					AE33Aethalometer / light absorption
Pb in PM10	ng/m³					500			
Cd in PM10	ng/m³					1.5			
Staubniederschlag	mg/(m²·d)					200			
Pb im SN	µg/(m²·d)					100			
Cd im SN	µg/(m²·d)					2			
Zn im SN	µg/(m²·d)					400			
Tl im SN	µg/(m²·d)					2			
Benzol	µg/m³								
Toluol	µg/m³								
NMVOC	µg/m³								
Ammoniak	µg/m³								

Ozon Messgerät

Einheit	Jahres-mittel	höchster 98%-Wert	maximales Stundenmittel	Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³	Anzahl 1h-Mittel	Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel > 120 µg/m³ h	> 120 µg/m³ d	> 180 µg/m³ h	> 180 µg/m³ d	> 240 µg/m³ h	> 240 µg/m³ d	Dosis AOT40f in ppm·h
µg/m³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Messdaten von stationären, kontinuierlich betriebenen Messstationen für Luftschadstoffe

Messort Schwyz, Rubiswilstrasse **Jahr** 2021

Messinstanz: Amt für Landwirtschaft und Umwelt, 6060 Sarnen
Kontaktperson: Marco Dusi / 041 666 63 02
Umrechnung von ppb in µg/m³ bei 20 1013 °C / hPa

	Ost in m		Nord in m	Höhe	
Koordinaten	2691911	/	1208039	470	m über Meer
Probenahme	100	m von Strasse		4	m über Boden

Standortcharakteristika

- [ ] Stadtzentrum
- [x] Agglomeration
- [ ] ländlich
- [ ] Hochgebirge
- [ ] Industrie
- [ ] Verkehr
- [x] Hintergrund

Bebauung

- [ ] keine
- [ ] offen
- [x] einseitig offen
- [ ] geschlossen

Verkehr (DTV)

- [ ] < 5‘000
- [x] 5‘000 - 20‘000
- [ ] 20‘001 - 50‘000
- [ ] > 50‘000

Meteoparameter

- [x] Ja
- [ ] Nein

	Einheit	Jahresmittel	95%-Wert der 1/2h-Mittel	maximales Tagesmittel	Tagesmittel > IGW	Immissionsgrenzwerte Jahr	Immissionsgrenzwerte Tag	Immissionsgrenzwerte 95%	Messgerät / Messmethode
SO_2	µg/m³					30	100	100	
NO_2	µg/m³	14.90	37.12	40.27	0	30	80	100	Thermo 42i / Chemilumineszenz
NO_x	ppb	11.48	31.96	38.54					Thermo 42i / Chemilumineszenz
CO	mg/m³						8		
TSP	µg/m³								
PM10	µg/m³	12.53		97.16	4	20	50		FIDAS-200 / light-scat
PM2.5	µg/m³	8.58		32.81		10			FIDAS-200 / light-scat
PM1	µg/m³								
Partikelanzahl	1/cm³								
EC / Russ	µg/m³								AE33Aethalometer / light absorption
Pb in PM10	ng/m³					500			
Cd in PM10	ng/m³					1.5			
Staubniederschlag	mg/(m²·d)					200			
Pb im SN	µg/(m²·d)					100			
Cd im SN	µg/(m²·d)					2			
Zn im SN	µg/(m²·d)					400			
Tl im SN	µg/(m²·d)					2			
Benzol	µg/m³								
Toluol	µg/m³								
NMVOC	µg/m³								
Ammoniak	µg/m³								

Ozon Messgerät

Einheit	Jahres-mittel	höchster 98%-Wert	maximales Stundenmittel	Anzahl Monate mit 98%-Wert > 100 µg/m³	Anzahl 1h-Mittel	> 120 µg/m³ h	> 120 µg/m³ d	> 180 µg/m³ h	> 180 µg/m³ d	> 240 µg/m³ h	> 240 µg/m³ d	Dosis AOT40f in ppm·h
µg/m³	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Stunden (h) und Tage (d) mit Stundenmittel

A1 Das Messnetz von in-luft

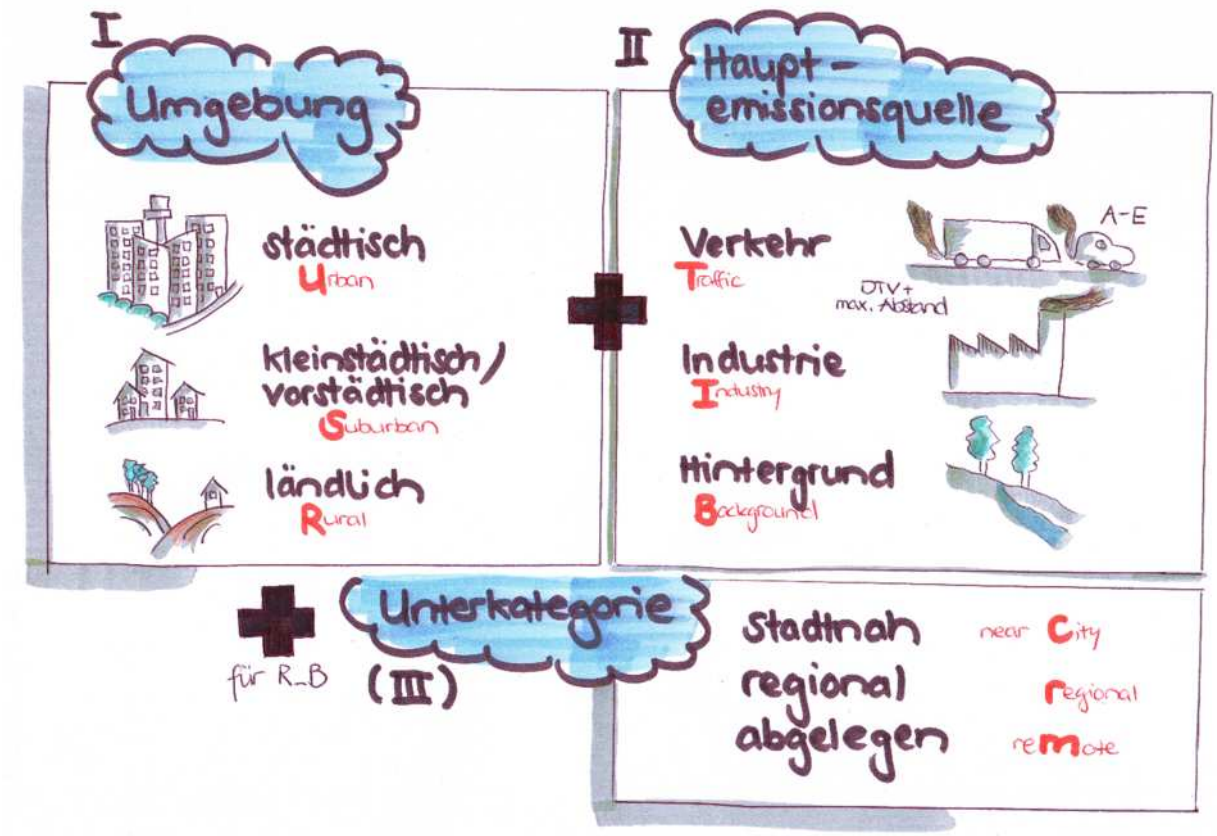
Der geografische Raum Zentralschweiz ist sehr vielfältig. Um dieser Vielfalt gerecht zu werden und dennoch repräsentative Aussagen für ähnlich strukturierte Gebiete zu erzielen, wird eine Standortklassifikation verwendet. So können die Messresultate einer einzelnen Messstation auf andere, ähnlich strukturierte Gebiete übertragen werden.

In vorhergehenden Berichten wurde eine eigens für die Zentralschweiz entwickelte in-luft Klassifikation verwendet. Diese wird ab dem in-luft Jahresbericht 2021 nicht mehr benutzt. Seither gilt die neue Klassifizierung gemäss den Messempfehlungen in «Immissionsmessung von Luftfremdstoffen, Anhang 4» (BAFU, 2021). Die NABEL-Daten werden momentan noch nach der alten BAFU-Kategorisierung aggregiert (BAFU, 2004). Beide Aggregationsarten orientieren sich an den Bestimmungen der Europäischen Union (Entscheidung 97/101/EG des Rates sowie Entscheidung 2001/752/EG der Kommission).

Neue Klassifizierung der Messstandorte gemäss Messempfehlung des BAFU (ab 2021)

Es werden zwei bzw. drei Kriterien berücksichtigt: (1) Die Stationsumgebung, (2) die Hauptemissionsquellen und für die ländlichen Hintergrundstationen (R_B) (3) die Entfernung zu bedeutenden Emissionsquellen. Diese Einteilung ergibt für jeden Messstandort einen zwei- bzw. dreistelligen Code, durch den die Standorteigenschaften definiert sind.

Gesamthaft gibt es neun Klassen (U_T, U_I, U_B / S_T, S_I, S_B / R_T, R_I, R_B), wobei die ländlichen Hintergrundstationen (R_B) nochmals in drei Unterkategorien eingeteilt werden. Weiter gibt es die Möglichkeit zur Feinklassierung der Verkehrsbelastung (A bis E) und zur Beschreibung der lokalen Ausbreitungssituation. Diese beiden Kriterien fliessen aber nicht in den Stationscode ein.



I Stationsumgebung	Definition
städtisches Gebiet (**U**rban)	- grösste Städte - durchgängig bebautes Gebiet - >1500 Einwohner/km^2 **und** Gesamteinwohnerzahl >50 000
kleinstädtisches / vorstädtisches Gebiet (**S**uburban)	- kleine bis mittlere Einzelstädte oder Randgebiete der grössten Städte - überwiegend bebautes Gebiet - >300 Einwohner/km^2 **und** Gesamteinwohnerzahl >5000
ländliches Gebiet (**R**ural)	- alle übrigen Gebiete - <300 Einwohner/km^2 **oder** Gesamteinwohnerzahl <5000
II Hauptemissionsquelle	**Definition**
Verkehr (**T**raffic)	- maximaler Abstand zur Verkehrsachse (100 m **und** DTV <50 000) - zusätzliche Klasse zur Verkehrsbelastung (A-E bzw. «sehr gering» bis «sehr hoch»)
Industrie (**I**ndustry)	- dominierende Emissionen aus industriellen Prozessen und/oder Heizkraftwerken
Hintergrund (**B**ackground)	- keine dominierende Emissionsquelle - zusätzliche Unterkategorien in ländlicher Umgebung
III Unterkategorie	**Definition**
stadtnah (near **c**ity)	näher als 10 km vom Stadtrand **und** weniger als 200 m Höhendifferenz
regional (**r**egional)	10 – 50 km von bedeutenden Emissionsquellen entfernt **oder** mehr als 200 m Höhendifferenz
abgelegen (re**m**ote)	mehr als 50 km von grossen Emittenten / Quellgebieten entfernt **oder** mehr als 1000 m Höhendifferenz

Alte Kategorisierung der Messstandorte gemäss Messempfehlung des BAFU

Die Einteilung gemäss BAFU (2004) klassifiziert die Standorte nach deren räumlicher Charakterisierung (Standortcharakter / Standorttypen), dem Grad der Verkehrsbelastung und nach Bebauungstyp. Die Standortcharakterisierung unterscheidet zwischen den strassennahen städtischen, ländlichen und Agglomerationsgebieten. Weitere Kategorien sind die Industriezone, Stadt-Hintergrund und Agglomeration-Hintergrund. Bei den nicht strassennahen ländlichen Gebieten wird unterschieden zwischen Standorten unter- bzw. oberhalb 1000 m ü. M. und dem Hochgebirge. Dadurch entstehen insgesamt neun Kategorien (1-9), welche mit den Angaben über die Verkehrsbelastung und dem Bebauungstyp ergänzt werden. Sowohl bei der Verkehrsbelastung wie auch bei der Bebauung werden Stufen unterschieden (A bis D bzw. a bis d). Diese Einteilung ergibt für jeden Messstandort einen dreistelligen alphanumerischen Code, durch den die Standorteigenschaften definiert sind.

Standorttypen

Nr.	Standortcharakterisierung	Grössenordnung der Einwohnerzahl
1	Stadt - strassennah	> 25 000
2	Agglomeration - strassennah	5000 - 25 000
3	Ländlich - strassennah	0 - 5000
4	Industriezone	
5	Stadt - Hintergrund	> 25 000
6	Agglomeration - Hintergrund	5000 - 25 000
7	Ländlich, unterhalb 1000 m ü. M.* - Hintergrund	0 - 5000
8	Ländlich, oberhalb 1000 m ü. M.* - Hintergrund	0 - 5000
9	Hochgebirge	

* Inversionslage

Dabei bedeutet:

Strassennah	Strassen als Hauptemissionsquelle
Industriezone	Industrieanlagen als Hauptemissionsquellen
Hintergrund	weder durch Strassen noch durch Industrieanlagen dominierte Immissionssituation

Die Verkehrsbelastung und die Bebauung bei der Messstation werden zusätzlich in folgende Klassen eingeteilt:

Verkehrsbelastung

	Verkehrsbelastung	DTV
A	Gering	< 5000
B	Mittel	5000 - 20 000
C	Hoch	20 001 - 50 000
D	Sehr hoch	> 50 000

Bebauung

	Bebauung
a	Keine
b	Offen
c	Einseitig offen
d	Geschlossen

Messstandorte und ihre Standortklassifikation gemäss BAFU (2021)

Messstandort	Standort-klassifikation	Vekehrs-belastung	in-luft Kate-gorie (alt)	Bemerkungen
Luzern, Moosstrasse	U_T	D	3	
Zug, Postplatz	S_T	C	3	
Ebikon, Sedel	S_B		1	
Schwyz, Rubiswilstr.	S_B		4	
Stans, Pestalozzi	S_B		5	Bis 2011 jährlich alternierender Betrieb mit Engelberg; Kurzzeitmessungen 2015/2016, 2021
A2 Uri	R_T	D	1	Bestandteil des MfM-U-Messnetzes
Reiden, Bruggmatte	R_T	D	1	Bestandteil des MfM-U-Messnetzes
Altdorf, Gartenmatt	R_B_r		1	
Beromünster	R_B_r		6b	Bestandteil des NABEL-Messnetzes
Rigi, Seebodenalp	R_B_r		6c	Bestandteil des NABEL-Messnetzes
Zugerberg	R_B_r		6b	Ozonmessstation des Instituts für ange-wandte Pflanzenbiologie (IAP)

Messstationen ausser Betrieb

Messstandort	Standortklas-sifikation	in-luft Kate-gorie (alt)	Bemerkungen
Rapperswil, Tüchelweiher	S_T	2	Jährlich alternierender Betrieb mit Tuggen; ab 2014 nicht mehr in Betrieb
Lungern, Brünigstrasse	R_T	2	Kurzzeitmessung 2012/2013
Hergiswil	S_T	2	Kurzzeitmessung 2016/2017
Luzern, Museggstrasse	U_T	3	Ab 2011 nicht mehr in Betrieb
Sursee	S_B	4	Kurzzeitmessung 2018/2019
Stans, Engelbergerstrasse	S_B	5	Ab 2006 nicht mehr in Betrieb
Luzern, Bahnhofplatz	U_T		Kurzzeitmessung 2019/2020, 2013/2014
Engelberg, Unterwerk EWO	R_T	5	Jährlich alternierender Betrieb mit Stans; ab 2012 nicht mehr in Betrieb
Tuggen, Mehrzweckhalle	R_B_r	5	Jährlich alternierender Betrieb mit Rappers-wil; ab 2014 nicht mehr in Betrieb
Sarnen, Bahnhofstrasse	S_T	5	Kurzzeitmessung 2014/2015
Feusisberg, Schulhaus	R_B_r	6a	Ab 2008 nicht mehr in Betrieb
Schüpfheim, Chlosterbüel	R_B_r	6b	Ab 2008 nicht mehr in Betrieb
Rickenbach	R_B_r	6 b	Kurzzeitmessungen 2011/2012/2013
Lungern-Schönbüel, Turren	R_B_r	6c	Ab 2008 nicht mehr in Betrieb

Messstandorte von in-luft, NABEL, MfM-U und IAP

- in-luft Messstandorte
- in-luft Messstandorte, Kurzzeitmessungen
- MfM-U Messstandorte
- NABEL Messstandorte
- in-luft Messstandorte, ausser Betrieb
- IAP Messstandort

A2 Messverfahren und Datenverarbeitung

Die Datenerhebung und die Datenverarbeitung im in-luft-Messnetz erfolgen nach den Vorgaben der BAFU-Messempfehlungen «Immissionsmessung von Luftfremdstoffen», 2021.

Messverfahren

Für die Messung von Luftschadstoffen geben die Empfehlungen sogenannte Referenzverfahren vor. Anstelle der Referenzverfahren können äquivalente Messverfahren angewendet werden. Als solche gelten Verfahren, welche gleichwertige Messergebnisse liefern wie das Referenzverfahren. Die Gleichwertigkeit anderer Messverfahren muss über den relevanten Konzentrationsbereich nachgewiesen werden.

Die Referenzverfahren der im in-luft-Messnetz gemessenen Schadstoffe Stickoxide, Ozon, Feinstaub und Russ sind folgende:

- Stickoxide: Referenzverfahren für die Messung von Stickoxiden (NO, NO_2) ist das Chemilumineszenzverfahren nach der Norm EN14211.
- Ozon: Referenzverfahren für die Messung von Ozon (O_3) ist das direkte UV-photometrische Verfahren nach der Norm EN14625.
- Feinstaub: Referenzverfahren für die Messung von Feinstaub (PM10 und PM2.5) sind gravimetrische Verfahren nach der Norm EN12341.
- Russ: Referenzverfahren für die Messung von Russ ist das thermo-optische Verfahren nach der Norm EN16909.

Die folgende Tabelle zeigt die im in-luft-Messnetz eingesetzten Verfahren für die Messung der Luftschadstoffe und der Meteoparameter.

Schadstoff	Messverfahren	Messgerät (Hersteller)
Stickoxide (NO_x, NO, NO_2)	*Chemilumineszenzverfahren* Mit Hilfe der Chemilumineszenz misst das Messgerät den Anteil von Stickoxiden in der Umgebungsluft im Bereich von kleinsten ppb-Konzentrationen bis hin zu 5000 ppm. Das über eine einzelne Kammer und einen einzelnen Photomultiplier verfügende Gerät wechselt zwischen NO- und NO_x-Modus hin und her. Die Differenz entspricht dem NO_2-Wert. Es handelt sich um ein kontinuierliches Messverfahren.	Stickstoff-Analyser Thermo 42i (Thermo Scientific) Stickstoff-Analyser APNA – 370 (Horiba)
Ozon (O_3)	*UV-photometrisches Verfahren* Ultraviolett (UV) Photometer, welches die UV-Absorption der gemessenen Luft misst und daraus den Ozonanteil berechnet (in ppb). Es handelt sich um ein kontinuierliches Messverfahren.	Ozon-Analyser ML 9810 (Monitor Labs) Ozon-Analyser Thermo 49i-O_3 (Thermo Scientific)

Feinstaub (PM2.5, PM10)	*Optische Partikelzählung* Das Fidas200 verwendet die anerkannte Messtechnik der optischen Lichtstreuung am Einzelpartikel. Aus Partikelgrösse und -anzahl wird die Feinstaubmasse bestimmt. Es handelt sich um ein kontinuierliches Messverfahren.	FIDAS 200 (Palas)
	Kombination von Nephelometrie und Radiometrie Mit dem Nephelometer wird die Streuung eines Lichtstrahls gemessen, welche proportional zur Partikelkonzentration ist. Das Betameter misst die radiometrische Abschwächung eines C14-Strahlers, welche durch den Feinstaub auf einem Glasfaserfilterband verursacht wird. Die beiden Messsignale werden miteinander verrechnet. Es handelt sich um ein kontinuierliches Verfahren.	Sharp 5030 (Thermo Scientific)
	Gravimetrisches Verfahren Bei diesem Verfahren werden grosse Luftvolumenströme von 100 bis 1000 Litern pro Minute gefiltert. Staub und Aerosolteilchen werden auf einem Filter gesammelt, später ausgewogen und bei Bedarf analysiert. Wegen der zeitlichen Trennung der Probenahme und der Ermittlung des Messergebnisses handelt es sich um ein nicht-kontinuierliches Messverfahren.	High-Volume Sampler (HVS) (Digitel)
Stickstoffdioxid (NO_2)	*Passivsammler* Passivsammler sind einfache und kostengünstige Messinstrumente in der Form eines einseitig offenen Röhrchens, welches durch physikalische und chemische Abläufe Schadstoffe über eine bestimmte Zeit (Expositionszeit) sammelt. Durch spätere Laboranalyse kann die mittlere Schadstoffkonzentration während der Expositionszeit (einige Tage bis ca. ein Monat) ermittelt werden. Passivsammlermessungen, für die der Nachweis der Gleichwertigkeit zu einem Referenzverfahren fehlt, werden als orientierende Messungen bezeichnet (CEN 13528 -1 bis 3). Die Erfahrung hat gezeigt, dass Passivsammler für längere Messperioden (saisonale oder Jahresmittelwerte) ähnliche Resultate liefern können wie die Referenzverfahren. Wegen der zeitlichen Trennung der Probenahme und der Ermittlung des Messergebnisses handelt es sich um ein nicht-kontinuierliches Messverfahren.	Palmes-Typ-Passivsammler
Elemental Carbon (EC)	*Thermisch-optische Methode*	OCEC Analyzer (Sunset Laboratory)

	Zur Bestimmung der EC-Konzentration werden die beladenen Filter des High-Volume Samplers (siehe *Gravimetrisches Verfahren*) thermo-optisch analysiert. Die Filter werden nach einem standardisierten Verfahren erhitzt (EUSAAR2-Protokoll), damit die abgelagerten Stoffe desorbieren. Diese werden dann mit einem Flammenionisationsdetektor (FID) analysiert. Wegen der zeitlichen Trennung der Probenahme und der Ermittlung des Messergebnisses handelt es sich um ein nicht-kontinuierliches Messverfahren.	
Black Carbon (BC)	*Aethalometer* Auf einem Filter werden kontinuierlich Aerosole gesammelt. Bei sieben verschiedenen Wellenlängen wird die Absorption des Lichtes durch die Beladung gemessen. Aus dem Absorptionskoeffizienten wird die Russkonzentration berechnet. Es handelt sich um ein kontinuierliches Verfahren.	AE33 (Magee Scientific)
Meteoparameter	**Messverfahren**	**Messgerät (Hersteller)**
Temperatur Luftfeuchtigkeit	Das Instrument misst alle zehn Minuten Lufttemperatur und Taupunkttemperatur (mit Hilfe eines Taupunktspiegels, der so lange abgekühlt wird, bis sich ein optisch messbarer Niederschlag auf der Spiegelfläche bildet). Bei der Messung wird Luft angesaugt.	Thygan (Meteolabor)
	Die Temperaturmessung erfolgt mittels temperaturabhängigem Präzisionswiderstand. Ein kapazitiver Sensor wird als Messelement für die Feuchtemessung verwendet.	Messumformer EE06 (epulse) WS300 (Lufft)
Wind	Ein auf 10 m Höhe mit horizontaler Drehkreisebene und senkrecht stehender Rotationsachse auf einem Mast montiertes Windrad misst die Windkomponenten Ost/West und Nord/Süd sowie die vertikale Windkomponente.	Schalenkreuzanemometer WNZ-37 (Meteolabor)
	Die Windmessung beruht auf der Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Ultraschallimpulses in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit. Es werden die waagrechten Windkomponenten erfasst.	Ultrasonic Wind Sensor (Gill)
Globalstrahlung	Einfallende Solarstrahlung wird von einer schwarz gefärbten Scheibe absorbiert, die sich dadurch erwärmt. Daraus resultiert eine Temperaturdifferenz zum Gehäuse des Pyranometers. Mittels Peltierelement wird eine elektrische Spannung erzeugt, welche sich proportional zur Solarstrahlung verhält.	Pyranometer, CM21 (Kipp&Zonen)

Datenverarbeitung

In den Messstationen erfolgt die Datenerfassung mit einem spezifischen System, dem sogenannten DAISY (Data Acquisition System). Mit der zugehörigen Web-Applikation können die aktuellen Messdaten überprüft und die Datenerfassung konfiguriert werden. Die Daten werden in den Messstationen in kurzen Intervallen („kontinuierlich“) als sogenannte Rohwerte erhoben. Diese Werte werden von einer speziellen Software (AirMonitoring, AirMo) in eine zentrale Datenbank importiert und zeitlich verdichtet.

Die Rohdaten durchlaufen in der Datenbank eine Plausibilisierungsroutine. Auffällige Messwerte (Verletzung von Schwellenwerten, Sprünge, identische Werte, bestimmte Gerätestati) werden dadurch mit vordefinierten Stati gekennzeichnet. Ebenfalls automatisch erkannt werden Datenlücken, die bei Ausfällen der Messinfrastruktur entstehen können. Der sogenannte System-Center-Operations-Manager (SCOM) generiert daraufhin Warnmeldungen zu Handen der Messtechniker. Zudem werden Datenlücken oder ungültige Messwerte mit einer Imputationsroutine (statistisches Verfahren) modelliert. Dadurch lassen sich für die Online-Kommunikation und die statistischen Auswertungen vollständige Zeitreihen erstellen. Vollständige Datenreihen erlauben genauere statistische Aussagen.

Die NO_x-Messungen werden zweimal wöchentlich automatisch und einmal monatlich manuell kalibriert. Die Kalibrationsdaten werden in der Software AirMo anschliessend automatisch zu einem Korrekturwert verrechnet, mit welchem die NO_x-Rohdaten korrigiert werden.

Zusätzlich zur automatischen Plausibilisierung und zur Kalibrationskorrektur der NO_x-Werte werden alle Messwerte in regelmässigen Intervallen manuell bereinigt (validiert). Erst danach gelten sie als endgültig.

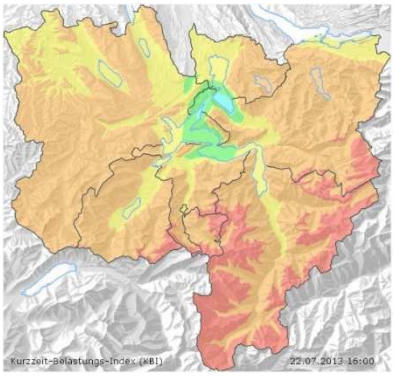
Die kontinuierlichen PM10- und PM2.5-Messungen werden mit gravimetrischen Feinstaubmessungen (Referenzverfahren) kalibriert.

Die kontinuierlichen Russmessungen (Black Carbon, BC) werden mit dem thermo-optischen Verfahren (Elemental Carbon, EC) kalibriert. Die so korrigierten Werte werden als äquivalent Black Carbon (EBC) bezeichnet.

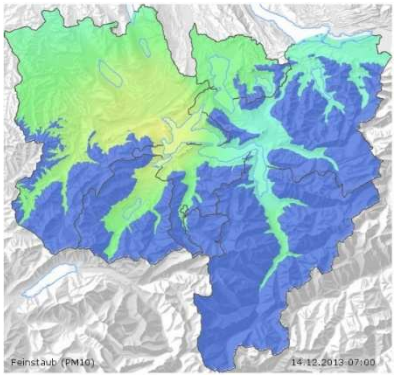
Modellierung

Mit einem statistischen Modell werden für das Gebiet der Zentralschweiz Immissionskarten berechnet. Sie erlauben eine flächendeckende und dank der stündlichen Aktualisierung eine zeitnahe Beurteilung und Kommunikation der lufthygienischen Belastung, bedingen jedoch eine Anzahl fixer Messstationen als Grundlage für die Berechnungen.

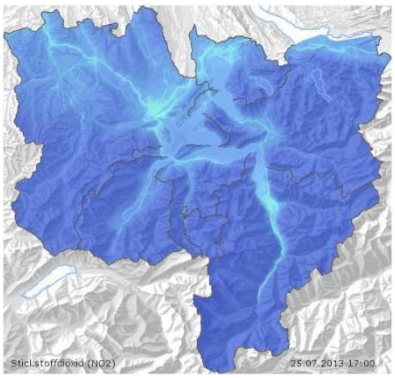
Auf der Webseite www.in-luft.ch stehen aktuelle Belastungskarten für die Schadstoffe Stickstoffdioxid, Feinstaub und Ozon zur Verfügung. Zusätzlich wird eine Karte mit dem Kurzzeit-Belastungs-Index (KBI) erzeugt. Im Kartenarchiv von in-luft sind die entsprechenden Karten für jede Stunde ab Juni 2012 verfügbar.



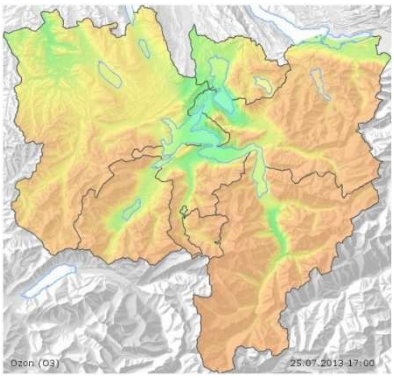
Beispiel einer KBI-Karte.



Beispiel einer Belastungskarte für Feinstaub PM10.



Beispiel einer Belastungskarte für NO_2.



Beispiel einer Belastungskarte für Ozon.

A3 Gesetzliche Grundlagen

Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (Umweltschutzgesetz; USG; SR 814.01)

Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV; SR 814.318.142.1)

Immissionsmessung von Luftfremdstoffen. Messempfehlungen. Stand 2021. 2 aktualisierte Auflage 2021. Erstausgabe 1990. Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2104.

Immissionsgrenzwerte gemäss Anhang 7 LRV

Schadstoff	Immissionsgrenzwert	Statistische Definition
Schwefeldioxid (SO_2)	30 µg/m^3	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	100 µg/m^3	95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m^3
	100 µg/m^3	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Stickstoffdioxid (NO_2)	30 µg/m^3	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	100 µg/m^3	95 % der ½-h-Mittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m^3
	80 µg/m^3	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Kohlenmonoxid (CO)	8 µg/m^3	24-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Ozon (O_3)	100 µg/m^3	98 % der ½-h-Mittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m3
	120 µg/m^3	1-h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden
Schwebestaub (PM10)	20 µg/m^3	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
	50 µg/m^3	24-h-Mittelwert; darf höchstens dreimal pro Jahr überschritten werden
Schwebestaub (PM2.5)	10 µg/m^3	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Blei (Pb) im Schwebestaub (PM10)	500 ng/m^3	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Cadmium (Cd) im Schwebestaub (PM10)	1,5 ng/m^3	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Staubniederschlag insgesamt	200 mg/m^2 × Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Blei (Pb) im Staubniederschlag	100 µg/m^2 × Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Cadmium (Cd) im Staubniederschlag	2 µg/m^2 × Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Zink (Zn) im Staubniederschlag	400 µg/m^2 × Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)
Thallium (Tl) im Staubniederschlag	2 µg/m^2 × Tag	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)

A4 Glossar

↗	Zunahme der Belastung
➔	Unveränderte Belastung
↘	Abnehmende Belastung
°C	Grad Celsius
AOT40	Accumulated exposure Over a Threshold of 40 ppb. Aufsummierte Ozonbelastung über der Schwellenkonzentration von 40 ppb (80 mg/m^3) in ppb·h. Der AOT40 Wert ist ein Mass dafür, wie lange und in welchem Ausmass die Ozonkonzentration einen definierten Schädigungsschwellenwert übersteigt. Es handelt sich um einen Leitwert zum Schutz von Ökosystemen (z.B. Wald).
BAFU	Bundesamt für Umwelt (ehem. BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft)
BC	Bezeichnung für kohlenstoffhaltige Partikel, z.B. Russ (*Black Carbon*)
Cd	Chemisches Symbol für Cadmium
CO	Kohlenmonoxid
Critical Level	Kritische Konzentrationen Konzentrationen von Luftschadstoffen in der Atmosphäre, oberhalb derer nach dem Stand des Wissens direkte schädliche Auswirkungen auf Rezeptoren, wie Menschen, Pflanzen, Ökosysteme oder Materialien, zu erwarten sind.
Critical Load	Kritische Eintragswerte Quantitative Beurteilung der Exposition (angegeben als Deposition pro Flächeneinheit, z.B. kg pro ha pro Jahr) gegenüber einem oder mehreren Schadstoffen, unterhalb welcher signifikante schädliche Auswirkungen auf empfindliche Elemente der Umwelt nach dem Stand des Wissens nicht vorkommen.
d	Tag (Abkürzung für *day*)
DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
EC	Elementarer Kohlenstoff (*Elemental Carbon*), z.B. Russ
EEA	European Environment Agency
Einw.	Einwohner
EKL	Eidgenössische Kommission für Lufthygiene
Emissionen	Ausstoss (von Schadstoffen)
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
EU	Europäische Union
h	Stunde (Abkürzung für *hour*)
hPa	Hektopascal (Druckeinheit)
IAP	Institut für angewandte Pflanzenbiologie
IGW	Immissionsgrenzwert
Immissionen	Einwirkung von Schadstoffen auf Menschen, Tiere, Pflanzen und Bauwerke
Inversion	Während einer Inversionslage nimmt die Lufttemperatur mit der Höhe zu, statt wie normalerweise ab. Dadurch wird der Luftaustausch zwischen den Luftschichten verschiedener Höhe unterbunden. Dies führt zu starken Anreicherungen von Luftschadstoffen in den bodennahen Schichten. Inversionslagen werden vor allem während der kalten Jahreszeit beobachtet.
k. M.	Station misst den entsprechenden Parameter nicht.
KBI	Kurzzeit-Belastungs-Index
LBI	Langzeit-Belastungs-Index
% LKW	Prozentualer Anteil schwerer Nutzfahrzeuge (Lastwagen) am Gesamtverkehr
LRV	Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (SR 814.318.142.1)
m ü. M.	Meter über Meer
MEZ	Mitteleuropäische Zeit
MfM-U	Monitoring flankierende Massnahmen — Umwelt
mg	Milligramm (1 mg = 0.001 g = 1 Tausendstel Gramm)
µg	Mikrogramm (1 µg = 0.001 mg = 1 Millionstel Gramm)
µg/m^3	Mikrogramm pro Kubikmeter; Einheit für die Konzentration eines (Schad)stoffes in der Luft
µm	Mikrometer (1 µm = 0.001 mm = 1 Millionstel Meter)
Mt.	Monat
ng	Nanogramm (1 ng = 0.001 µg = 1 Milliardstel Gramm
NABEL	Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe
NH_3	Ammoniak
NMVOC	VOC ausser Methan (Nichtmethan-VOC)
NO	Stickstoffmonoxid
NO_2	Stickstoffdioxid
NOx	Stickoxide: Summe von NO und NO_2
O_3	Ozon

Pb	Chemisches Symbol für Blei
95-Perzentil NO_2	95% der Halbstundenmittelwerte eines Jahres liegen tiefer
98-Perzentil O_3	98% der Halbstundenmittelwerte eines Monats liegen tiefer
PM10 PM2.5 PM1	Feindisperse Schwebestoffe mit einem aerodynamischen Durchmesser < 10 µm (PM10) < 2.5 µm (PM2.5) < 1 µm (PM1)
ppb, ppm	Einheiten für das Mischungsverhältnis (Konzentration) von Stoffen. ppb: Parts per billion = Anzahl Teilchen in einer Milliarde Teilchen ppm: Parts per million = Anzahl Teilchen in einer Million Teilchen
Russ	Umfasst alle primären, kohlenstoffhaltigen Partikel eines unvollständigen Verbrennungsprozesses.
SCR	Selektive katalytische Reduktion (*engl. selective catalytic reduction*) bezeichnet eine Technik zur Reduktion von Stickoxiden in Abgasen, u.a. von Verbrennungsmotoren.
SN	Staubniederschlag
SO_2	Schwefeldioxid
Std.	Stunde
Tl	Chemisches Symbol für Thallium
TMW	Tagesmittelwert
TSP	Schwebe- oder Gesamtstaub (*Total Suspended Particulates*)
u. M.	Ungenügende Anzahl Messwerte
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz (Umweltschutzgesetz, SR 814.01)
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UV	Ultraviolett
VOC	Leichtflüchtige organische Verbindungen (*Volatile Organic Compounds*)
W/m^2	Watt pro Quadratmeter; Mass für die Globalstrahlung
WMO	*World Meteorological Organization* Weltorganisation für Meteorologie
Zn	Chemisches Symbol für Zink