



Karten von Jahreswerten der Luftbelastung in der Schweiz

Datengrundlagen, Berechnungsverfahren und
Resultate bis zum Jahr 2022

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Meteotest AG

📍 Fabrikstrasse 14
3012 Bern, Schweiz

☎ +41 31 307 26 26
📠 +41 31 307 26 10

✉ office@meteotest.ch
🌐 www.meteotest.ch

Impressum

Auftraggeber	Bundesamt für Umwelt BAFU Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien 3003 Bern Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
Auftragnehmer Autor	Meteotest AG Thomas Künzle
Datum Aktuelle Version	10.08.2023 Schlussbericht
Projektnummer Datei	bafu_karten_jahreswerte_23 luftbelastung_karten_jahreswerte22_schweiz.docx
Kontrolliert durch Genehmigt durch	10.08.2023 Beat Rihm 10.08.2023 Thomas Künzle
Hinweis	Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhalt

1	Ausgangslage	5
2	Datengrundlagen	5
3	Entwicklung der Luftbelastung	6
4	Methodik zur Berechnung der Karten der Jahreswerte	8
4.1	Feinstaub (PM10, PM2.5) und Stickstoffdioxid (NO ₂)	8
4.2	Schwefeldioxid (SO ₂)	9
4.3	Ozon (Maximale monatliche 98-Perzentil-Werte)	9
4.4	Ozon-Exposition für Wald (AOT40f)	10
4.5	Zusammenfassung der verwendeten Interpolationsparameter	11
5	Karten von Jahreswerten der Luftbelastung	12
5.1	Bevölkerungsexposition	15
6	Weitere Karten von Jahreswerten der Luftbelastung	16
6.1	Ammoniak.....	16
6.2	Stickstoff-Deposition	16
6.3	Überschreitungen der Critical Loads für Stickstoff.....	18
7	Literatur	19
A	Anhang	21
A.1	Stationslisten	21

Tabellen

Tabelle 1:	Zusammenfassung der verwendeten Interpolationsparameter pro Schadstoff.	11
Tabelle 2:	Stationen und Messdaten, welche für die Modellierung 2022 verwendet wurden (PM10, PM2.5 und NO ₂). Die Spalte "Zone" ist nur relevant für PM10 und NO ₂ bis zum Jahr 2019. NV = Daten wurden nicht verwendet für Kartenberechnung.....	21
Tabelle 3:	Stationen und Messdaten, welche für die Modellierung 2022 verwendet wurden (PM10, PM2.5 und NO ₂ ; Fortsetzung).....	22
Tabelle 4:	Stationen und Messdaten, welche für die Modellierung 2022 verwendet wurden (SO ₂ , MP98 und AOT40f).	23
Tabelle 5:	Stationen und Messdaten, welche für die Modellierung 2022 verwendet wurden (SO ₂ , MP98 und AOT40f; Fortsetzung).....	24
Tabelle 6:	Anzahl berücksichtigte Messstationen pro Jahr und Schadstoff...25	

Abbildungen

Abbildung 1: Feinstaub (PM10), Jahresmittelwerte 1986–2022 (BAFU, 2023). ..	7
Abbildung 2: Stickstoffdioxid (NO ₂), Jahresmittelwerte 1986–2022 (BAFU, 2023).....	7
Abbildung 3: Entwicklung der maximalen monatlichen 98-Perzentil-Werte 1989–2022 (BAFU, 2023).....	7
Abbildung 4: Karte Feinstaub (PM10): Jahresmittel 2022.....	12
Abbildung 5: Karte Feinstaub (PM2.5): Jahresmittel 2022.....	12
Abbildung 6: Karte Stickstoffdioxid (NO ₂): Jahresmittel 2022.	13
Abbildung 7: Karte Schwefeldioxid (SO ₂): Jahresmittel 2022.....	13
Abbildung 8: Karte Ozon Maximale monatliche 98-Perzentil-Werte 2022.....	14
Abbildung 9: Karte Ozon-Exposition für Wald (AOT40f) 2022.	14
Abbildung 10: Bevölkerungsgewichtete Mittelwerte von PM10, PM2.5, NO ₂ und SO ₂ in den Jahren 1980 bis 2022.	15
Abbildung 11: Karte Ammoniak: Jahresmittel 2020.	16
Abbildung 12: Karte Stickstoff-Deposition 2020.....	17
Abbildung 13: Karte Übermässige Stickstoff-Deposition 2020.....	18

1 Ausgangslage

Meteotest hat im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) Karten der Jahreswerte in der Schweiz für die Schadstoffe NO₂ und Ozon (AOT40f, MP98) für die Jahre ab 1990, für PM10 ab 1998, für PM2.5 ab 2015 sowie für SO₂ ab 1980 erstellt¹. Dieser Bericht dokumentiert den aktuellen Stand der Berechnung für diese Kartenserien in den Kapiteln 2 bis 5.

Die Konzentrationskarte für Ammoniak (NH₃), die Stickstoff-Depositionskarte und die Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff (übermässige Stickstoff-Deposition) wurden im Jahre 2022 aktualisiert, siehe Kapitel 6. Sie liegen für die Jahre 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 und 2020 vor.

2 Datengrundlagen

Folgende Datengrundlagen standen zur Verfügung:

- Die gemessenen **Jahreswerte von Luftschadstoffen** in der Schweiz aus den Messnetzen von Städten, Kantonen und des Bundes wurden aus der Datenbank des BAFU bezogen². Für die PM10- und NO₂-Karten wurden fehlende Messwerte in der Zeitreihe nur für Höhenstationen (siehe Kapitel 4) ergänzt. Die SO₂-Karten werden mit ergänzten Zeitreihen modelliert (siehe Tabelle 4).
- **Digitales Höhenmodell** (Datensatz in Hektarauflösung, BfS GEOSTAT).
- Ergebnisse der Modellierung für PM10 (FOEN, 2013; INFRAS/Meteotest, 2020), PM2.5 (INFRAS/Meteotest, 2020), NO₂ (FOEN, 2011; INFRAS/Meteotest, 2020) und SO₂ (INFRAS/ Meteotest, 2013). Diese Karten werden in diesem Bericht als "**Basiskarten**" bezeichnet.
- **Temperaturkarten** (Monatsmittel), welche basierend auf Messungen der MeteoSchweiz (SwissMetNet) mit einer inversen Distanz-Methode interpoliert wurden. Die Details zur Methode sind im Bericht Remund et al. (2011) beschrieben.

¹ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--historische-daten/karten-jahreswerte.html> [22.05.2023]

² <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--historische-daten/datenabfrage-der-jahreswerte-von-luftschadstoffen-in-der-schweiz.html> [22.05.2023]
Da die Aktualisierung dieser Datenbank jeweils erst gegen Sommer realisiert ist, wurden die Messdaten des Jahres 2022 durch das BAFU bereits im Mai 2023 zugestellt, damit die Karten rechtzeitig in den Jahresbericht des NABEL (Luftqualität 2022) integriert werden können.

3 Entwicklung der Luftbelastung

Feinstaub (PM10)

Die PM10-Belastung ist in den letzten Jahren generell zurückgegangen. Die an den einzelnen Stationen des NABEL gemessenen Konzentrationen sind in Abbildung 1 in Gruppen mit ähnlicher Luftbelastung zusammengefasst. Die Werte vor 1997 wurden aus TSP³-Messungen berechnet. Für weitere Erläuterungen zur zeitlichen Entwicklung der Luftbelastung wird auf den Jahresbericht des NABEL⁴ verwiesen.

Stickstoffdioxid (NO₂)

An allen Standorten hat die Konzentration von Stickstoffdioxid in den letzten Jahrzehnten abgenommen. Nur an verkehrsexponierten Messstandorten werden der Jahresmittelgrenzwert noch überschritten. Die an den einzelnen Stationen des NABEL gemessenen Konzentrationen sind in Abbildung 2 in Gruppen mit ähnlicher Luftbelastung zusammengefasst.

Ozon (Maximale monatliche 98-Perzentil-Werte)

Die Entwicklung der maximalen monatlichen 98-Perzentil-Werte ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Werte liegen durchwegs über dem Grenzwert gemäss Luftreinhalte-Verordnung (LRV, 1985).

Schwefeldioxid (SO₂)

Die Belastung der Luft durch Schwefeldioxid hat seit 1985 deutlich abgenommen. Von 2000 bis 2015 wurden weitere Abnahmen festgestellt und seitdem verharren die Jahresmittelwerte auf sehr geringem Niveau und deutlich unter dem Grenzwert gemäss Luftreinhalte-Verordnung.

³ total suspended particulates

⁴ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--historische-daten/jahres--und-monatsberichte-nabel.html> [22.05.2023]

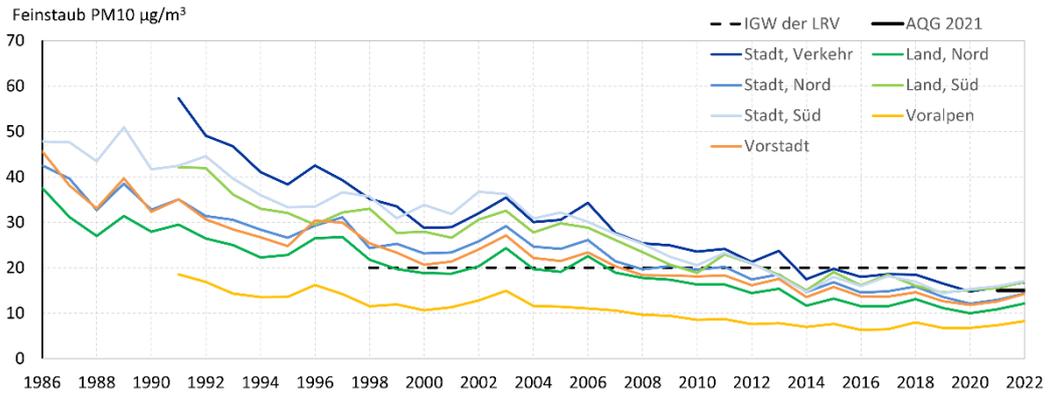


Abbildung 1: Feinstaub (PM10), Jahresmittelwerte 1986–2022 (BAFU, 2023).

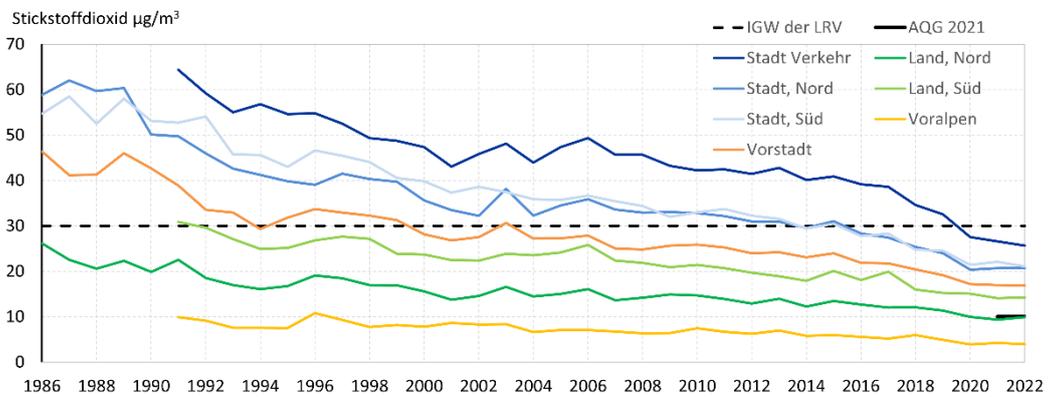


Abbildung 2: Stickstoffdioxid (NO₂), Jahresmittelwerte 1986–2022 (BAFU, 2023).

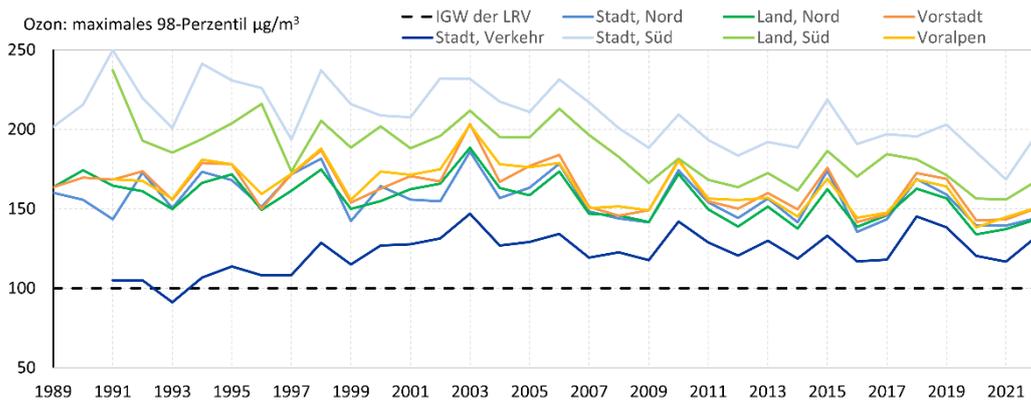


Abbildung 3: Entwicklung der maximalen monatlichen 98-Perzentil-Werte 1989–2022 (BAFU, 2023).

4 Methodik zur Berechnung der Karten der Jahreswerte

4.1 Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) und Stickstoffdioxid (NO₂)

Die gemessenen Jahresmittelwerte aller Messstationen wurden vom BAFU geliefert. Einzelne Stationen wurden für die Berechnung der Karten von Jahreswerten aus methodischen Gründen nicht berücksichtigt (z.B. Standorte sehr nahe an Strassen mit hohem Verkehrsaufkommen).

Als Basiskarten standen modellierte PM₁₀-Karten (FOEN, 2013) und NO₂-Karten (FOEN, 2011) zur Verfügung. Diese Basiskarten (200 m-Auflösung) wurden für die Karten der Jahreswerte bis 2019 verwendet. Nach Vorliegen der aktualisierten PolluMap-Modellkarten (INFRAS/Meteotest, 2020) wurden die Karten der Jahreswerte ab 2020 mit den Basiskarten 2015 berechnet. Zu diesem Zweck wurden die 20 m-Rasterdaten aus dem PolluMap-Modell auf 100 m gemittelt.

Die Berechnung der Karten der Jahreswerte beruht auf einem Interpolationsverfahren (inverse-distance-weighting, IDW), in dem die Basiskarten an die im betreffenden Jahr gemessenen PM₁₀-Werte angepasst wurden. Das Gebiet der Schweiz wurde dazu in verschiedene Zonen unterteilt:

- Nordschweiz inkl. Wallis unterhalb 1'000 m ü. M.
- Südschweiz (Tessin und Misox) unterhalb 1'000 m ü. M.
- Gebiet über 1'000 m ü. M. in der gesamten Schweiz

Die Messwerte an den berücksichtigten Stationen wurden nicht direkt räumlich interpoliert, sondern es wurde für jede Station ein Quotient aus dem Messwert und dem Wert aus der Basiskarte gebildet.

Diese Quotienten wurden räumlich interpoliert und anschliessend für jede Rasterzelle wieder mit dem Wert aus der Basiskarte multipliziert. Die Interpolation wurde mit einer Distanzgewichtung von $1/d^{0.5}$ jeweils für die gesamte Schweiz durchgeführt (d = dreidimensionaler Abstand zur Messstation), bei NO₂ und PM₁₀ wurden nur die 20 nächstgelegenen Stationen berücksichtigt. Es wurde eine Höhengewichtung von 100 (500 für Gebiet oberhalb 1'000 m ü. M.) angewendet. Die Höhengewichtung beschreibt, wie Höhendifferenzen zwischen der Station und der betrachteten Zelle im Verhältnis zur horizontalen Distanz bei der Berechnung von d gewichtet werden.

Die drei Zwischenresultate (je eine Karte pro Zone) wurden anschliessend zu den definitiven Karten der Jahreswerte zusammengefügt, indem zwischen 500 und 1'000 m ein linearer Übergang von den beiden Karten für die Nord- und Südschweiz unterhalb 1'000 m in die Karte der Gesamtschweiz über 1'000 m gerechnet wurde. Die Karten wurden auf einem 200 m-Raster berechnet.

Im Jahr 2022 wurden folgende Aktualisierungen umgesetzt: Die PM_{2.5}-Karten wurden hinzugefügt (ab 2015 in 100 m-Auflösung). Auf eine separate Berechnung für verschiedene Zonen konnte ab dem Jahr 2020 (resp. PM_{2.5} ab 2015) verzichtet werden, weil die neueste PolluMap-Modellkarten die Höhengradienten der Luftbelastung wesentlich besser abbilden können als die früheren Modellversionen. Ab dem Jahr 2020 sind alle weiteren Karten (ausser NO₂) in 100 m-Rastern dargestellt. NO₂ wird mit einer Auflösung von 20 m ab 2020 dargestellt. Die Quotienten wurden räumlich interpoliert mit einer Basiskarte in 100 m-Auflösung und anschliessend mit der PolluMap-Karte des Jahres 2015 in 20 m-Auflösung multipliziert.

4.2 Schwefeldioxid (SO₂)

Die Berechnung der Karten der Jahreswerte beruht auf einem ähnlichen Interpolationsverfahren, wie es für Feinstaub und Stickstoffdioxid beschrieben ist. Die Quotienten (Messung / Basiskarte) wurden bei SO₂ räumlich interpoliert (wobei keine Unterscheidung in verschiedene Zonen und Höhenschichten erfolgten) und anschliessend für jede Rasterzelle wieder mit dem Wert aus der modellierten Karte multipliziert. Die Interpolation wurde mit einer Distanzgewichtung von $1/d$ durchgeführt (d = Abstand zur Messstation), wobei jeweils die zehn nächstgelegenen Stationen im Umkreis von 75 km berücksichtigt wurden.

Als Basiskarten standen modellierte Karten der Jahre 1980, 1990, 2000 und 2010 (INFRAS/Meteotest, 2013) zur Verfügung. Im Gegensatz zum Verfahren beim PM₁₀ und NO₂ wurde für die Zwischenjahre jeweils eine Karte aus der davor und danach liegenden Basiskarte interpoliert. Für die Jahre ab 2011 wurde die Modellkarte von 2010 unverändert übernommen, da keine aktuelleren Modellkarten zur Verfügung stehen.

Die Karten wurden auf einem 200 m-Raster berechnet, ab 2020 in 100 m-Auflösung.

4.3 Ozon (Maximale monatliche 98-Perzentil-Werte)

Die aufbereiteten Messwerte (MP98) wurden mit einem geo-statistischen Ansatz im geografischen Informationssystem auf einem Raster von 200 m, ab 2020 mit 100 m räumlich interpoliert:

- Zuerst wurden statistische Beziehungen zwischen den gemessenen Ozonbelastungs-Indizes und flächendeckend vorhandenen Informationen, wie etwa Temperatur, Globalstrahlung, Höhe etc. gesucht. Diese erklärenden Parameter sollten für die gesamte Zeitreihe angewendet werden können.
- Die besten Ergebnisse wurden mit der mittleren Temperatur der Sommermonate Juni bis August erzielt.

- Mit diesem erklärenden Parameter wurde für jedes Jahr eine Regressionsgleichung berechnet, welche die Beziehung zwischen flächendeckendem Parameter und den Werten an den Messpunkten beschreibt.
- Die Berechnung der Ozonkarten wurde ausschliesslich mit Hintergrundstationen durchgeführt.
- Anschliessend wurden die punktförmigen Messungen auf Rasterbasis in die Fläche ausgedehnt, indem für jede Rasterzelle mit den für jedes Jahr ermittelten Regressionsgleichungen die Ozon-Indizes gerechnet wurden. Dieser Rasterdatensatz wird Regressionsfläche genannt.
- An den Messstationen wurde der gemessene Wert mit dem berechneten verglichen und die Abweichung (Residuum) berechnet. Diese punktbezogenen Residuen wurden mit der Methode des inverse-distance-weighting (IDW) flächendeckend interpoliert. Der Einfluss einer Messstation nimmt dabei mit dem Verhältnis von $1/d^{0.5}$ ab (d = Distanz zur Messstation).
- Anschliessend wurden auf jeder Rasterzelle der Wert aus der Regressionsgleichung und der Wert des interpolierten Residuums addiert. Durch diese Residuenkorrektur "laufen" die Ozonkarten an den Messstationen recht genau durch die Messwerte (Künzle & Rihm, 1997; CCE, 1997). Residuen, die mehr als ± 80 % des Messwerts betragen, wurden in der Interpolation nicht berücksichtigt, um starke Ausreisser zu eliminieren. An den entsprechenden Stationen verbleiben deshalb Abweichungen zwischen Messwert und Modell.

Der Anteil der erklärbaren Varianz (R^2) ist zum Teil deutlich kleiner als 50 %. Dank der Residuenkorrektur geben die Modellkarten in der Nähe der Messstationen das an den Stationen gemessene Belastungsniveau gut wieder. Abseits der Messstationen sind die Unsicherheiten grösser.

Die Karten wurden auf einem 200 m-Raster, ab 2020 im 100 m-Raster berechnet.

4.4 Ozon-Exposition für Wald (AOT40f)

Der AOT40f-Wert beschreibt die kumulierte Ozonbelastung oberhalb des Grenzwertes von 40 ppb (**A**ccumulated **O**zone **E**xposure over a **T**hreshold of 40 ppb).

Die Berechnung der AOT40f-Karten für Wald beruht auf einem ähnlichen Interpolationsverfahren, wie es für Feinstaub und Stickstoffdioxid beschrieben ist (vgl. Kapitel 4.1). Es wurden jedoch nicht mehrere Höhengschichten modelliert. Die Distanzfunktion wurde auf $1/d$ festgelegt.

Als Grundlage für die Basiskarte wurde die AOT40f-Karte des Jahres 2006 mit einer horizontalen Auflösung von 0.083×0.0417 Grad des Paul Scherrer Instituts (PSI) verwendet (Aksoyoglu et al., 2014). Meteotest hat verschiedene Methoden getestet, um daraus eine Basiskarte mit 200 m-Auflösung zu generieren. Zum

Einsatz kam schlussendlich die Methodik des inverse-distance-weighting mit einer Distanzgewichtung von $1/d$, unter Berücksichtigung der 16 nächsten Stützpunkte der PSI-Karte. Zudem wurde jede Rasterzelle über ein Gebiet von 3×3 km gemittelt.

Es wurden ausschliesslich Hintergrundstationen verwendet. Die AOT40f-Karten wurden auf einem 200 m-Raster, ab 2020 im 100 m-Raster berechnet.

4.5 Zusammenfassung der verwendeten Interpolationsparameter

Tabelle 1: Zusammenfassung der verwendeten Interpolationsparameter pro Schadstoff.

Schadstoff	Methode	Distanz-, Höhen-gewichtung	Basiskarte
PM10 (bis 2019)	IDW in 3 Zonen	$1/d^{0.5}$, 100/500	FOEN, 2013 (Jahr 2010) INFRAS/Meteotest, 2020 (Jahr 2015)
NO ₂ (bis 2019)	IDW in 3 Zonen	$1/d^{0.5}$, 100/500	FOEN, 2011 (Jahr 2010) INFRAS/Meteotest, 2020 (Jahr 2015)
PM10, NO ₂ (ab 2020)	IDW	$1/d^{0.5}$, 100 ⁵	INFRAS/Meteotest, 2020 (Jahr 2015)
PM2.5 (ab 2015)	IDW	$1/d^{0.5}$, 100	INFRAS/Meteotest, 2020 (Jahr 2015)
SO ₂	IDW	$1/d$, keine	INFRAS/Meteotest, 2013 (Jahr 2010)
MP98	Regressionsanalyse mit Temperaturmittel Juni–August und IDW	$1/d^{0.5}$, keine	-
AOT40f	IDW	$1/d$, 100	Aksoyoglu et al., 2014

⁵ Die Höhengewichtung ist nicht mehr notwendig und sinnvoll, weil die aktualisierten PolluMap-Karten die Höhengradienten sehr viel besser abbilden, als die früheren Modell-Basiskarten.

5 Karten von Jahreswerten der Luftbelastung

Die folgenden Abbildungen zeigen für jeden Schadstoff die aktuellste Version. Die vollständigen Zeitreihen sind auf der Webseite des BAFU⁶ abrufbar.

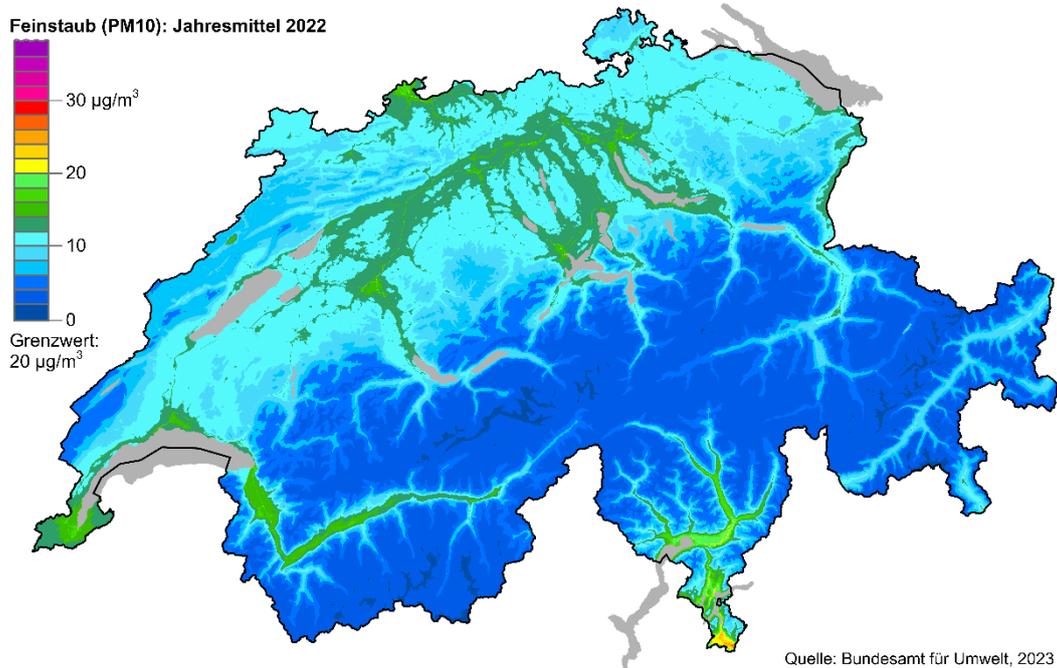


Abbildung 4: Karte Feinstaub (PM10): Jahresmittel 2022.

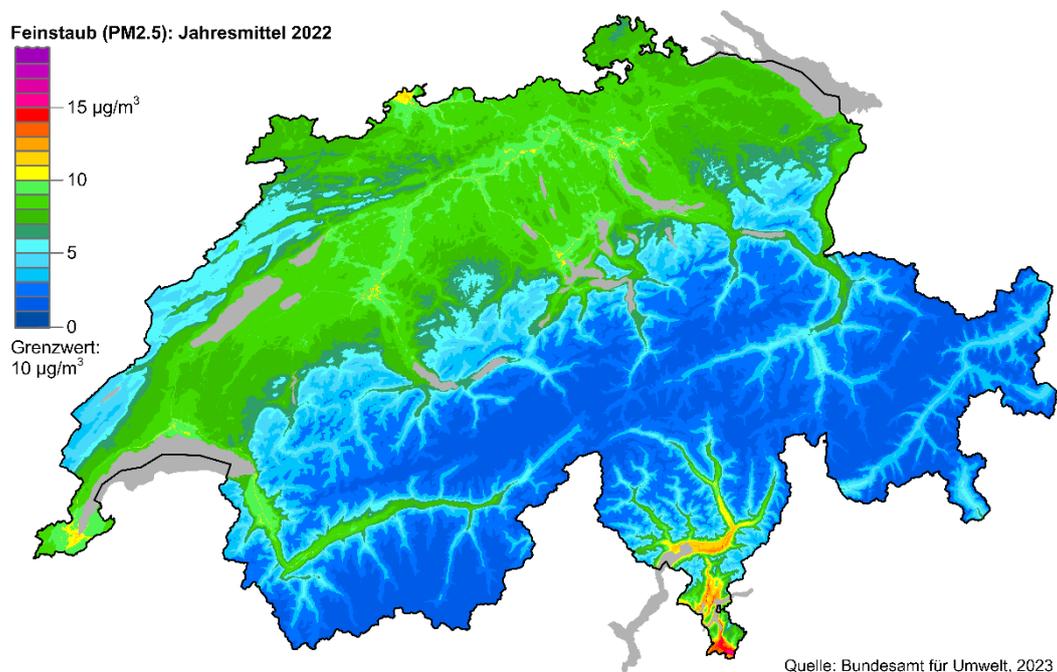


Abbildung 5: Karte Feinstaub (PM2.5): Jahresmittel 2022.

⁶ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--historische-daten/karten-jahreswerte.html> [22.05.2023]

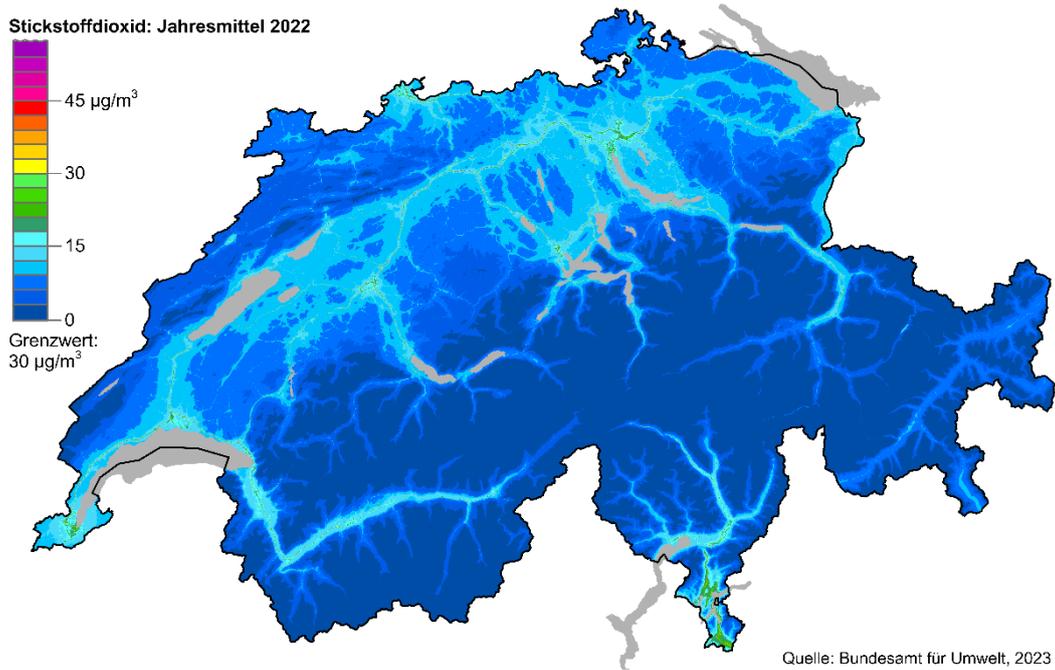


Abbildung 6: Karte Stickstoffdioxid (NO₂): Jahresmittel 2022.

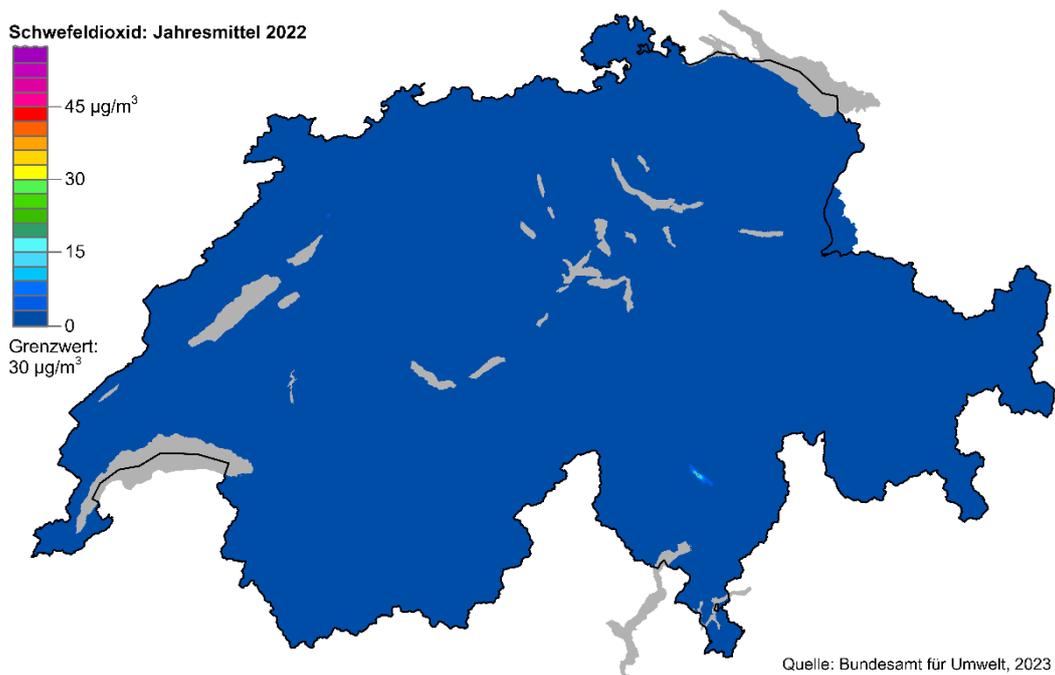


Abbildung 7: Karte Schwefeldioxid (SO₂): Jahresmittel 2022.

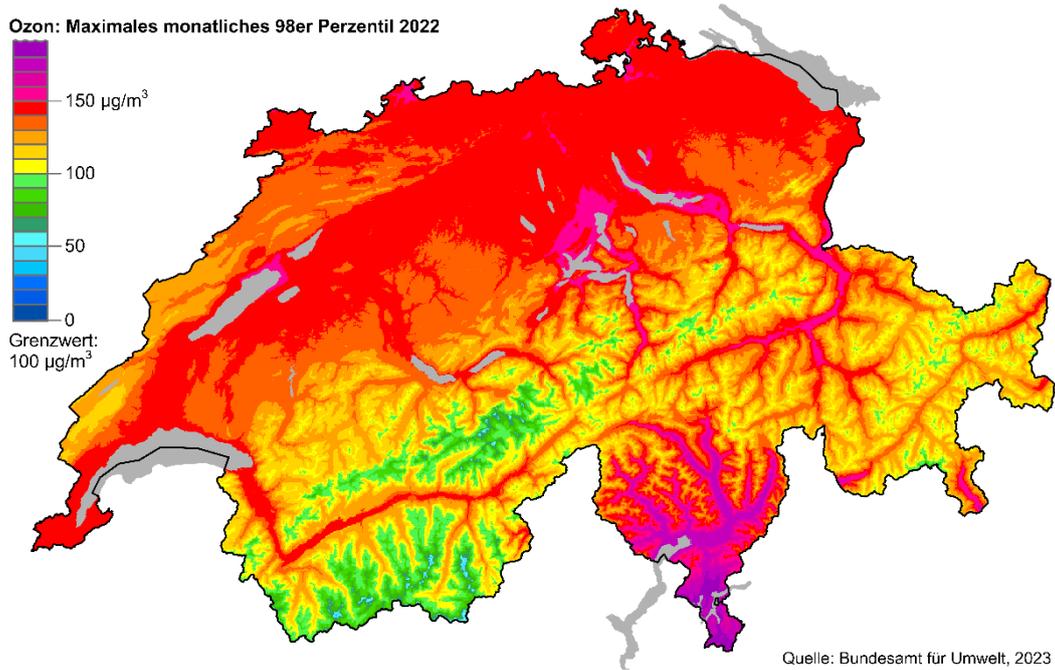


Abbildung 8: Karte Ozon Maximale monatliche 98-Perzentil-Werte 2022.

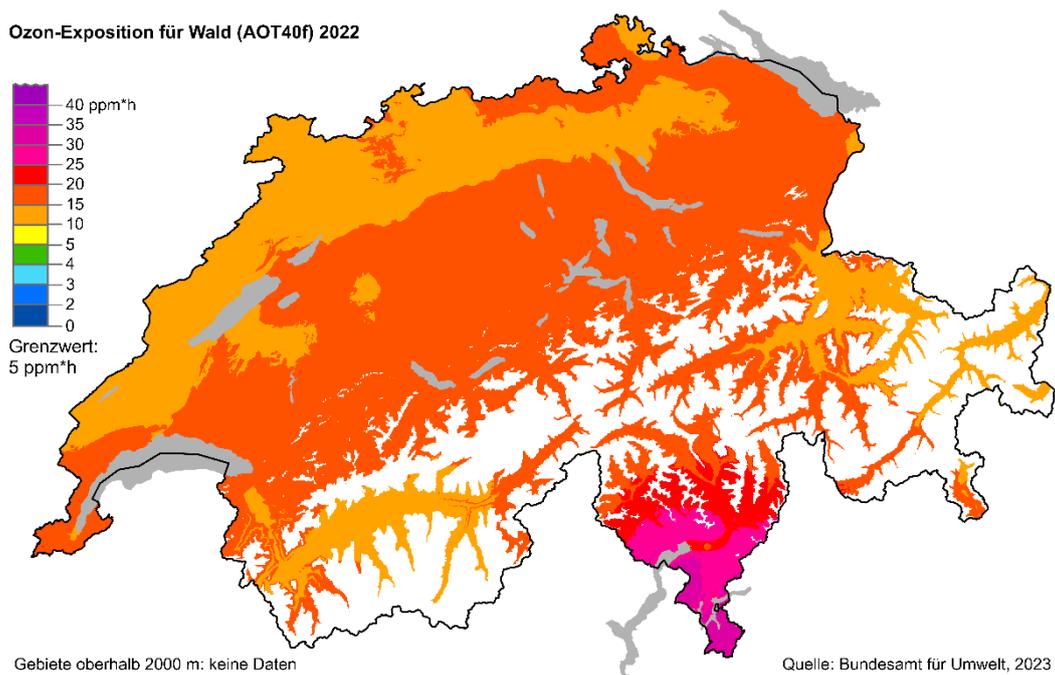


Abbildung 9: Karte Ozon-Exposition für Wald (AOT40f) 2022.

5.1 Bevölkerungsexposition

Der bevölkerungsgewichtete Mittelwert der PM10-Konzentration, definiert als

$$\langle c \rangle = \frac{\sum_{i=1}^N c_i \cdot EW_i}{\sum_{i=1}^N EW_i}, \quad i \text{ läuft über alle Hektaren der Schweiz}^7$$

- $\langle c \rangle$ bevölkerungsgewichteter Mittelwert der PM10-Konzentration
 c_i PM10-Konzentration in der Hektare i
 E_i Anzahl Einwohner in der Hektare i

$\langle c \rangle$ gibt an, welcher durchschnittlichen PM10-Konzentration die Schweizer Bevölkerung ausgesetzt ist. Dieser Wert spielt in der Sozial- und Präventivmedizin eine wichtige Rolle. Die bevölkerungsgewichteten Mittelwerte von PM2.5, NO₂ und SO₂ wurden analog berechnet.

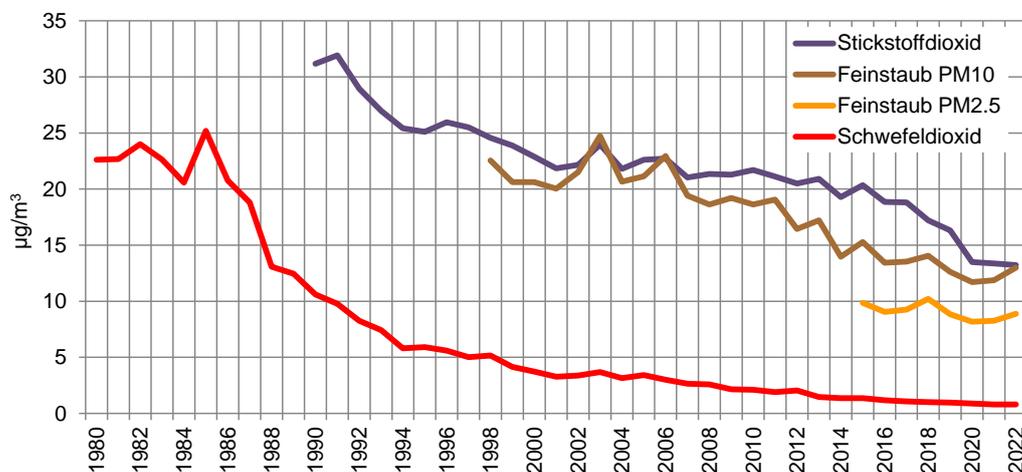


Abbildung 10: Bevölkerungsgewichtete Mittelwerte von PM10, PM2.5, NO₂ und SO₂ in den Jahren 1980 bis 2022.

⁷ Anzahl Einwohner pro Hektare aus der Volkszählung 2010, ab 2015 die Volkszählung 2015, ab 2020 die Volkszählung 2020.

6 Weitere Karten von Jahreswerten der Luftbelastung

Die Karten für Ammoniak (NH_3), Stickstoff-Deposition und Überschreitung der Critical Loads für Stickstoff (CLN) wurden in einem separaten Projekt (Rihm und Künzle 2023) für die Jahre 1990, 2000, 2005, 2010, 2015 und 2020 berechnet.

6.1 Ammoniak

Die zu Grunde liegenden Emissionskataster beruhen auf den landwirtschaftlichen Betriebszählungen des Bundesamtes für Statistik (Nutztierzahlen und geocodierte Standorte der Landwirtschaftsbetriebe), der Arealstatistik (Bodennutzung BFS/GEOSTAT) und weiteren Input-Daten (Gemeindegrenzen von swisstopo, Naturschutzinventare BAFU). Die Emissionsfaktoren wurden im Rahmen des Agrammon-Projektes (Kupper et al., 2022) berechnet. Für die Jahre 2015 und 2020 wurden zusätzliche Daten zu Sömmerungsbetrieben und Hofdüngerflüssen des Bundesamtes für Landwirtschaft verwendet.

Die Ammoniak-Karte wurde mit einer räumlichen Auflösung von 100 x 100 m berechnet (Rihm und Künzle 2023) und wurde für die Darstellung in Abbildung 11 auf 500 x 500 m gemittelt.

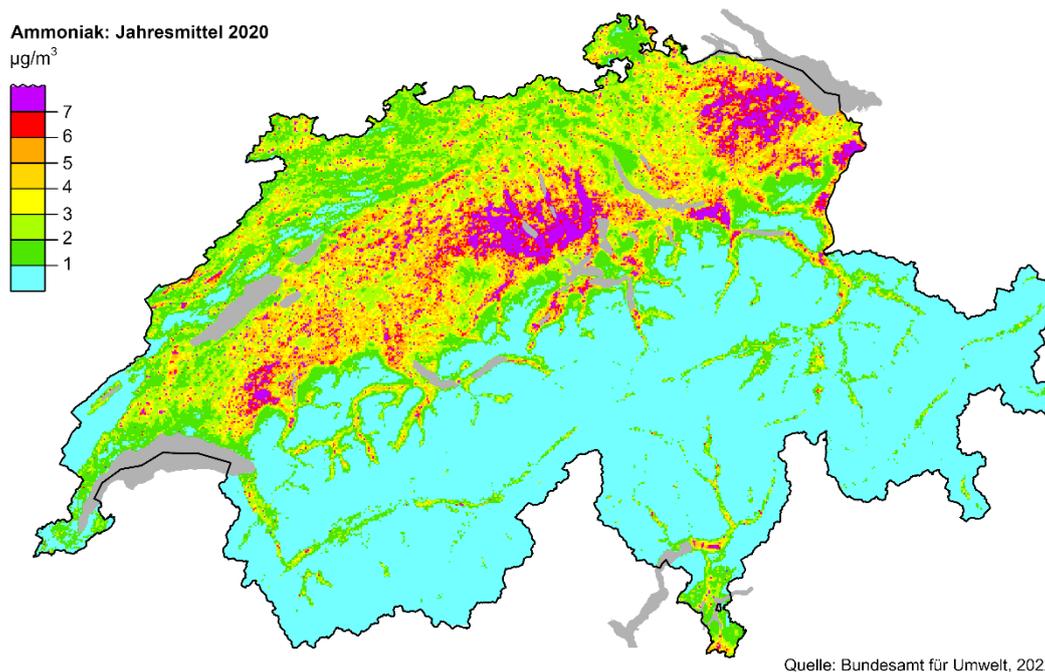


Abbildung 11: Karte Ammoniak: Jahresmittel 2020.

6.2 Stickstoff-Deposition

Das Berechnungsmodell basiert auf verschiedenen Input-Karten (NO_2 , NH_3 , Niederschlagsmengen, Topografie) und arbeitet mit relativ einfachen Methoden (Widerstandsanalogie-Modell). Die wichtigsten Depositionsprozesse (nass, staubför-

mig, gasförmig) wurden separat modelliert und schliesslich zum Gesamteintrag zusammengefügt. Der Vergleich mit verschiedenen Messungen und mit der Gesamtdosition Schweiz von EMEP zeigte, dass das Modell in der Lage ist, eine plausible, quantitative Schätzung des Depositionsmusters in der Schweiz zu liefern (Rihm und Künzle 2023).

Die Depositionskarte wurde mit einer räumlichen Auflösung von 1 x 1 km berechnet.

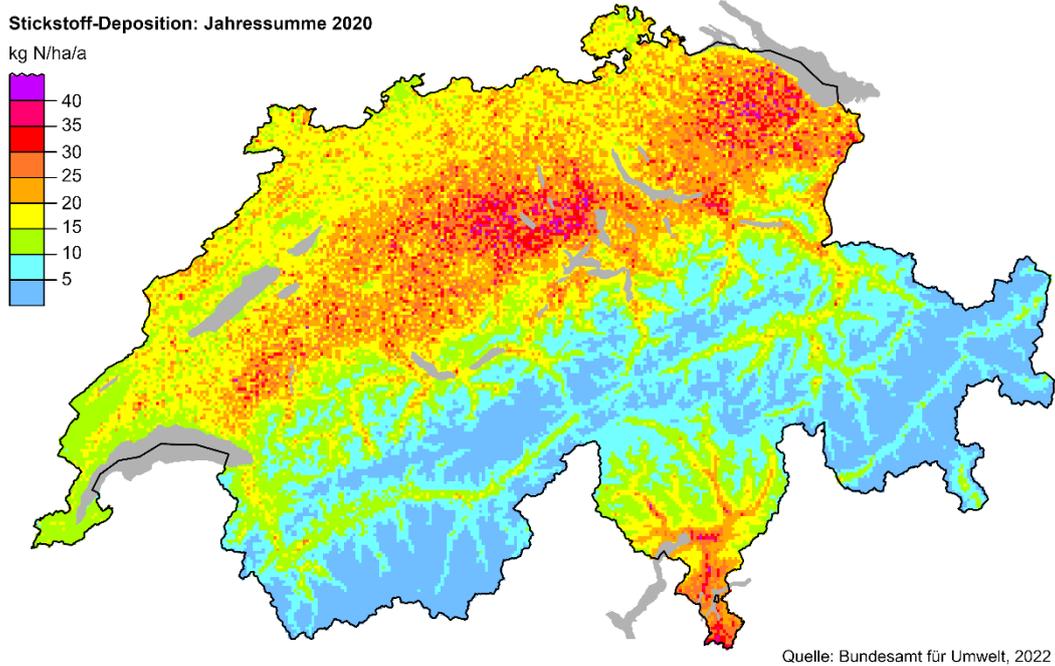


Abbildung 12: Karte Stickstoff-Deposition 2020.

6.3 Überschreitungen der Critical Loads für Stickstoff

Der Critical Load (kritischer Eintragswert) ist definiert als quantitative Schätzung desjenigen Stickstoff-Eintrages, unterhalb welchem nach heutigem Wissen keine schädlichen Auswirkungen auf Funktion und Struktur des Ökosystems auftreten. Die Überschreitung (auf Englisch wird der Ausdruck Exceedance gebraucht) der Critical Loads wird als Differenz von Deposition und Critical Load berechnet.

Die Karte ist eine Kombination verschiedener naturnaher Ökosysteme, die empfindlich auf Stickstoff-Einträge reagieren: Wälder, Hochmoore, Flachmoore, Trockenwiesen und alpine Vegetation. Für jeden Ökosystem-Typ wurden die Critical Loads berechnet und kartiert, die Stickstoff-Einträge modelliert und damit die Überschreitung des Critical Load ermittelt. Die Karte (Abbildung 13) zeigt pro Quadratkilometer die höchste Überschreitung aller dort vorkommenden Ökosysteme. Die Methodik und weitere Informationen sind in einem Bericht dokumentiert (Rihm und Künzle 2023). Die berechneten Stickstoff-Einträge 2020 übersteigen die Critical Loads auf etwa 67 % der kartierten empfindlichen Ökosysteme. Dies bedeutet ein Langzeitrisiko für Veränderungen in den betroffenen Ökosystemen, die sich nachteilig auf Stabilität und Biodiversität auswirken.

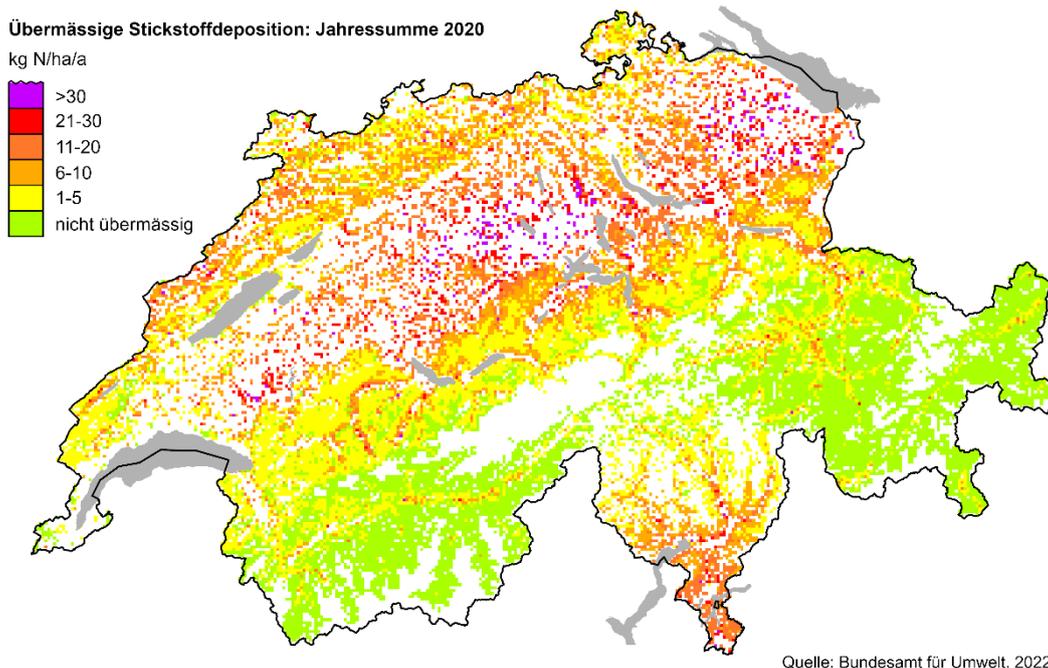


Abbildung 13: Karte Übermässige Stickstoff-Deposition 2020.

7 Literatur

- Aksoyoglu S., Keller J., Ciarelli G., Prévôt A. S. H., Baltensperger U., 2014: A model study on changes of European and Swiss particulate matter, ozone and nitrogen deposition between 1990 and 2020 due to the revised Gothenburg protocol. In: Atmos. Chem. Phys., 14, 13081-13095, 2014. <http://www.atmos-chem-phys.net/14/13081/2014/acp-14-13081-2014.html> [22.05.2023]
- BAFU, 2023: Zeitlicher Verlauf der Luftqualität an den NABEL-Stationen. Lieferung per E-Mail von Michael Schibig vom 19.06.2023
- FOEN, 2011: NO₂ ambient concentrations in Switzerland. Modelling results for 2005, 2010, 2015. Federal Office for the Environment, Bern. Environmental studies no. 1123. INFRAS/Meteotest. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/air/publications-studies/publications/no2-ambient-concentrations-in-switzerland.html> [22.05.2023]
- FOEN, 2013: PM10 and PM2.5 ambient concentrations in Switzerland. Modelling results for 2005, 2010, 2020. Federal Office for the Environment, Bern. Environmental studies no. 1301. INFRAS/Meteotest. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/air/publications-studies/publications/pm10-and-pm2-5-ambient-concentrations-in-switzerland.html> [22.05.2023]
- INFRAS/Meteotest, 2013: SO₂-Immissionen Schweiz. Modellierung 1980 – 2010. Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt, BAFU.
- INFRAS/Meteotest, 2020: NO₂-, PM10- und PM2.5-Immissionen Schweiz / Liechtenstein. Aktualisierung des PolluMap-Modells für 2015, 2020 und 2030. Technischer Bericht im Auftrag des BAFU. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--modelle-und-szenarien.html> [22.05.2023]
- Künzle T., Rihm B., 1997: Ozone Mapping in Alpine Regions – Experiences and Data Analysis Regarding Ozone Modelling by EMEP. In: Proceedings of EMEP Workshop on the Control of Photochemical Oxidants over Europe. Environmental Documentation No. 47, Air, BUWAL, Bern. p. 89–96.
- Kupper T., Häni C., Bretscher D., Zaucker F., 2022: Ammoniakemissionen der schweizerischen Landwirtschaft 1990 bis 2020. Bericht im Auftrag des BAFU. <https://agrammon.ch/de/downloads> [10.08.2023]
- LRV, 1985: Luftreinhalte-Verordnung (LRV) der Schweiz vom 16. Dezember 1985, Stand 1. Oktober 2022. <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftqualitaet-in-der-schweiz/grenzwerte-fuer-die-luftbelastung/immissionsgrenzwerte-der-luftreinhalte-verordnung--lrv-.html>

<https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/19850321/index.html>
[22.05.2023]

Remund J., Frehner, M., Walthert, L., Kägi, M., Rihm, B., 2011: Schätzung standortspezifischer Trockenstressrisiken in Schweizer Wäldern. Schlussbericht/Version 2.3. Auftraggeber WSL, Forschungsprogramm "Wald und Klimawandel". 56 S.
<https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/155802>
[22.05.2023]

Rihm B., Künzle T., 2023: Nitrogen deposition and exceedances of critical loads for nitrogen in Switzerland 1990–2020. Meteotest, Bern, commissioned by the Federal Office for the Environment (FOEN).
[https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/Nitrogen deposition and exceedances of critical loads for nitrogen in Switzerland 1990%E2%80%932020 final%20\(1\).pdf.download.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/Nitrogen%20deposition%20and%20exceedances%20of%20critical%20loads%20for%20nitrogen%20in%20Switzerland%201990%E2%80%932020%20final%20(1).pdf.download.pdf)
[https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/Nitrogen deposition and exceedances of critical loads for nitrogen in Switzerland 1990%E2%80%932020 final%20\(1\).pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/Nitrogen%20deposition%20and%20exceedances%20of%20critical%20loads%20for%20nitrogen%20in%20Switzerland%201990%E2%80%932020%20final%20(1).pdf)

A Anhang

A.1 Stationslisten

Tabelle 2: Stationen und Messdaten, welche für die Modellierung 2022 verwendet wurden (PM10, PM2.5 und NO₂). Die Spalte "Zone" ist nur relevant für PM10 und NO₂ bis zum Jahr 2019. NV = Daten wurden nicht verwendet für Kartenberechnung.

Code	Station	Höhe	Zone	Zonentyp	Stationstyp	PM10 2022	PM10 NV	PM2.5 2022	PM2.5 NV	NO2 2022	NO2 NV
agAAR	Aarau-Buchenhof	398	Nord	Städtisch	Verkehr	13.9		9.8		18.3	
agBAD	Baden-Schönaustrasse	377	Nord	Städtisch	Hintergrund	13.8		10.0		15.7	
agSCH	Schupfart-Blind	482	Nord	Ländlich	Hintergrund	13.9		9.0		6.9	
beBER	Bern-Bollwerk	536	Nord	Städtisch	Verkehr		18.8		10.2		26.3
beBIE	Biel-Bienne	455	Nord	Städtisch	Hintergrund					14.5	
beBIG	Biel-Göuffi	440	Nord	Städtisch	Verkehr	13.2		10.0			
beBWD	Bern-Wankdorf	555	Nord	Vorstädtisch	Verkehr					23.0	
beFRU	Frutigen	795	Nord	Ländlich	Hintergrund	13.4					
beJUN	Jungfrauoch	3580	Höhe	Hochgebirge	Hintergrund	3.5					0.2
beLAN	Langenthal	490	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund					11.4	
beMOR	Bern-Morgartenstrasse	554	Nord	Städtisch	Hintergrund	13.7		9.3		15.3	
beTHB	Thun-Bälliz	560	Nord	Städtisch	Hintergrund					17.5	
beTHP	Thun-Pestalozzi	561	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	12.8				13.8	
biBAS	Basel-Binningen	316	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	14.4		9.5		14.7	
biMUT	Muttenz-Hard-A2	275	Nord	Vorstädtisch	Verkehr		17.7		11.2		33.4
biSIB	Sissach-Bützenen	327	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	14.3		10.5		13.3	
bsBFB	Basel-Feldbergstrasse	255	Nord	Städtisch	Verkehr		19.8		14.7		37.1
bsBSJ	Basel-St-Johann	260	Nord	Städtisch	Hintergrund	17.0		11.7		18.5	
fiVLB	Vaduz-Landesbibliothek	455	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund			7.9		12.3	
frBUL	Bulle-Rue-de-Vevey	770	Nord	Vorstädtisch	Verkehr	14.7		11.4		17.5	
frFCH	Fribourg-Chamblioux	645	Nord	Vorstädtisch	Verkehr	14.8		10.9		26.2	
frPAP	Fribourg-Parc-Pérolles	620	Nord	Städtisch	Hintergrund	13.3		9.3		11.3	
geFOR	Thônex-Foron	422	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	15.4		10.2		14.8	
geMEY	Meyrin-Vaudagne	439	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	15.0		9.1		13.6	
geNEC	Genève-Necker	383	Nord	Städtisch	Hintergrund	17.4		11.1		29.8	
gePAS	Avully-Passeiry	427	Nord	Ländlich	Hintergrund	14.2		8.9		9.4	
grCAB	Chur-A13	565	Nord	Vorstädtisch	Verkehr	17.9		8.2		24.0	
grCRB	Chur-RhB	595	Nord	Städtisch	Hintergrund	9.8				10.7	
grDAV	Davos-Seehornwald	1637	Höhe	Ländlich	Hintergrund	6.2				2.4	
grDBP	Davos-Bubenbrunnenplatz	1560	Höhe	Vorstädtisch	Verkehr	11.3		5.0		17.4	
grGRO	Grono	333	Süd	Städtisch	Industrie	16.0				13.0	
grPCB	Poschiavo-Croce-Bianca	1100	Süd	Vorstädtisch	Verkehr	18.6				18.8	
grROT	Rothenbrunnen-A13	623	Nord	Ländlich	Verkehr						
grSTR	St.Moritz-Via-Rosatsch	1773	Höhe	Vorstädtisch	Verkehr	14.6				19.2	
grSVI	San-Vittore	280	Süd	Ländlich	Verkehr	19.3		13.7		11.7	
juDEL	Delémont	410	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	16.9				12.4	
luBRM	Beromünster	797	Nord	Ländlich	Hintergrund	10.6				5.9	
luEBS	Ebikon-Sedel	484	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	14.4				14.6	
luLMO	Luzern-Moosstrasse	441	Nord	Städtisch	Verkehr		16.5		10.4		28.7
luREI	Reiden-A2	462	Nord	Ländlich	Verkehr	15.4				19.9	
neCHA	Chaumont	1136	Höhe	Ländlich	Hintergrund	8.4				3.7	
neLCF	La-Chaux-de-Fonds	997	Höhe	Städtisch	Verkehr	11.4		7.4		18.4	
neLLA	Le-Landeron	431	Nord	Ländlich	Hintergrund					8.7	
neLLC	Le-Locle	931	Nord	Vorstädtisch	Verkehr	10.7		6.9		16.2	
neNEU	Neuchâtel	461	Nord	Städtisch	Verkehr	13.8		9.1		18.1	
sgBBP	St-Gallen-Blumenbergplatz	675	Nord	Städtisch	Verkehr	13.4		8.0		27.8	
sgRAP	Rapperswil-Tüchelweier	412	Nord	Städtisch	Verkehr						
sgSGS	St-Gallen-Stuelegg	915	Nord	Ländlich	Hintergrund	9.1		6.7		5.2	

Tabelle 3: Stationen und Messdaten, welche für die Modellierung 2022 verwendet wurden (PM10, PM2.5 und NO₂; Fortsetzung).

Code	Station	Höhe	Zone	Zonentyp	Stationstyp	PM10 2022	PM10 NV	PM2.5 2022	PM2.5 NV	NO2 2022	NO2 NV
shNHS	Neuhausen-Schaffhauserstr.	418	Nord	Städtisch	Verkehr						
soBSC	Biberist-Schachen	450	Nord	Vorstädtisch	Industrie	15.0		10.0			
soDOR	Dornach-Schulhaus-Brühl	310	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	14.0		11.0		12.0	
soEGE	Egerkingen	435	Nord	Vorstädtisch	Verkehr		15.0		9.8		22.0
soHAE	Härkingen-A1	431	Nord	Ländlich	Verkehr	15.0		9.6		25.1	
soSAW	Solothurn-Altwyberhüsli	453	Nord	Städtisch	Hintergrund	13.0		9.3		13.0	
soSWH	Solothurn-Werkhofstrasse	441	Nord	Städtisch	Verkehr	14.0		9.8		17.0	
szRIG	Rigi-Seebodenalp	1031	Höhe	Ländlich	Hintergrund	8.0		5.7		4.2	
szSYZ	Schwyz	470	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	13.3		8.2		12.0	
tgFRA	Frauenfeld-Bahnhofstrasse	403	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	13.8					
tgTAE	Tänikon	538	Nord	Ländlich	Hintergrund	12.0		8.0		9.6	
tiAIR	Airolo	1157	Höhe	Ländlich	Verkehr	11.0		6.0		14.0	
tiBIO	Bioggio	285	Süd	Vorstädtisch	Industrie	21.0		13.0		25.0	
tiBOD	Bodio	330	Süd	Vorstädtisch	Industrie	20.0		11.0		19.0	
tiBRI	Brione-sopra-Minusio	480	Süd	Vorstädtisch	Hintergrund	14.0		10.0		8.0	
tiCAM	Camignolo	435	Süd	Ländlich	Verkehr	17.0					36.0
tiCHI	Chiasso	240	Süd	Städtisch	Verkehr	25.0		17.0		29.0	
tiGIU	Giubiasco	222	Süd	Vorstädtisch	Industrie	17.0		10.0		18.0	
tiLOC	Locarno	209	Süd	Städtisch	Verkehr	17.0		11.0		20.0	
tiLUG	Lugano-Università	280	Süd	Städtisch	Hintergrund	17.1		11.9		21.1	
tiMAG	Magadino-Cadenazzo	203	Süd	Ländlich	Hintergrund	16.9		11.4		14.2	
tiMEN	Mendrisio-A2	315	Süd	Vorstädtisch	Verkehr	24.0		17.0		29.0	
tiMOL	Moleno-A2	255	Süd	Ländlich	Verkehr	18.0		12.0		26.0	
tiPRE	Lugano-Pregassona	305	Süd	Vorstädtisch	Hintergrund	19.0		12.0		18.0	
urALT	Altdorf	438	Nord	Ländlich	Verkehr	12.9				16.9	
urERS	Erstfeld-A2	460	Nord	Ländlich	Verkehr	11.7		6.8		20.8	
vdAIG	Aigle	386	Nord	Ländlich	Industrie	14.3		8.8		19.2	
vdBUS	Bussigny	429	Nord	Städtisch	Verkehr	15.5		9.7		24.6	
vdLAU	Lausanne-César-Roux	530	Nord	Städtisch	Verkehr	14.9		9.9		25.0	
vdLPL	Lausanne-Plaines-du-Loup	598	Nord	Städtisch	Hintergrund	13.3		8.7		14.8	
vdMON	Montreux	395	Nord	Städtisch	Hintergrund	10.9		7.3		14.1	
vdMOR	Morges	376	Nord	Städtisch	Hintergrund	14.0		10.1		17.1	
vdNYO	Nyon-Hôpital	412	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	12.8		8.5		13.6	
vdPAY	Payerne	489	Nord	Ländlich	Hintergrund	12.3		8.5		10.2	
vdYVE	Yverdon-les-Bains	432	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	13.3		9.3		14.0	
vsBRG	Brigerbad	650	Nord	Ländlich	Industrie	15.8		8.6		17.8	
vsEGG	Eggerberg	840	Nord	Ländlich	Hintergrund	11.9				8.3	
vsGIE	Les-Giettes	1140	Höhe	Ländlich	Hintergrund	6.8				2.8	
vsMAS	Massongex	400	Nord	Ländlich	Industrie	15.4		9.2		12.6	
vsMOT	Montana	1420	Nord	Ländlich	Hintergrund	10.3		5.6		8.4	
vsSAX	Saxon	460	Nord	Ländlich	Hintergrund	14.7		10.5		13.3	
vsSIO	Sion-Aéroport-A9	483	Nord	Ländlich	Verkehr	17.8		8.5		25.8	
vsSVE	Sion	527	Nord	Städtisch	Verkehr	15.2		9.0		18.3	
zgZUG	Zug	420	Nord	Städtisch	Verkehr	13.8				20.0	
zhDUE	Dübendorf-EMPA	432	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	14.1		9.3		19.0	
zhOPF	Opfikon-Balsberg	430	Nord	Vorstädtisch	Verkehr		14.2		8.8		26.3
zhRGS	Zürich-Rosengartenstrasse	433	Nord	Städtisch	Verkehr		9.1		6.7		5.2
zhSCG	Schlieren-Güterstrasse	392	Nord	Vorstädtisch	Industrie						
zhWLD	Wald-Höhenklinik	910	Nord	Ländlich	Hintergrund						
zhWVH	Winterthur-Veltheim	440	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	12.4				12.9	
zhOPG	Opfikon-Glattpark	426	Nord	Städtisch	Hintergrund	14.1		9.4		19.2	
zhZBW	Zürich-Schimmelstrasse	415	Nord	Städtisch	Verkehr		15.9		10.4		29.8
zhZHB	Zürich-Heubeeribüel	610	Nord	Vorstädtisch	Hintergrund	11.3				9.9	
zhZSS	Zürich-Stampfenbachstrasse	445	Nord	Städtisch	Verkehr	15.1		9.9		21.4	
zhZUE	Zürich-Kaserne	409	Nord	Städtisch	Hintergrund	14.3		9.5		20.7	

Tabelle 4: Stationen und Messdaten, welche für die Modellierung 2022 verwendet wurden (SO₂, MP98 und AOT40f).

Code	Station	Höhe	Zonentyp	Stationstyp	SO ₂ 2022	SO ₂ Erg. (*)	MP98 2022	MP98 NV	AOT40f 2022	AOT40f NV
agAAR	Aarau-Buchenhof	398	Städtisch	Verkehr	1.1	*		141.7		13.0
agBAD	Baden-Schönaustrasse	377	Städtisch	Hintergrund			145.0		15.7	
agLAE	Lägeren	689	Ländlich	Hintergrund	0.3	*				
agMUR	Muri	470	Ländlich	Hintergrund						
agSCH	Schupfart-Blind	482	Ländlich	Hintergrund			142.5			15.2
agSLN	Sisseln	305	Ländlich	Hintergrund	1.0	*				
beBER	Bern-Bollwerk	536	Städtisch	Verkehr				133.0		7.6
beBIE	Biel-Bienne	455	Städtisch	Hintergrund	3.0		142.1		14.5	
beETZ	Etzelkofen	530	Ländlich	Hintergrund			141.7		15.9	
beITT	Ittigen	550	Vorstädtisch	Hintergrund	1.8	*				
beJUN	Jungfrauoch	3580	Hochgebirge	Hintergrund	0.0			103.0		27.4
beLAN	Langenthal	490	Vorstädtisch	Hintergrund	2.1		140.3		17.0	
beMOR	Bern-Morgartenstrasse	554	Städtisch	Hintergrund			143.2		14.3	
beTHB	Thun-Bälliz	560	Städtisch	Hintergrund	2.0					
beTHP	Thun-Pestalozzi	561	Vorstädtisch	Hintergrund			144.8		16.2	
beWEN	Wengernalp	1890	Ländlich	Hintergrund						
beZIM	Zimmerwald	898	Ländlich	Hintergrund			141.8		14.2	
biBAS	Basel-Binningen	316	Vorstädtisch	Hintergrund	0.8		153.0		16.0	
biLIE	Liestal-LHA	320	Vorstädtisch	Verkehr	1.5	*				
biSCB	Schönenbuch-IAP	385	Ländlich	Hintergrund						
biSIB	Sissach-Bützenen	327	Vorstädtisch	Hintergrund				147.0		18.3
bsBET	Bettingen-Chrischonaturm	636	Ländlich	Hintergrund				150.0		17.2
bsBSJ	Basel-St-Johann	260	Städtisch	Hintergrund	2.0	*	146.0		14.3	
frBUL	Bulle-Rue-de-Vevey	770	Vorstädtisch	Verkehr				134.3		8.1
frFCH	Fribourg-Chamblioux	645	Vorstädtisch	Verkehr				129.0		9.3
frFPP	Fribourg-Plateau-Pérolles	640	Städtisch	Hintergrund	1.0	*				
frPAP	Fribourg-Parc-Pérolles	620	Städtisch	Hintergrund			138.0		13.6	
geANI	Anières-Débarcadère	375	Ländlich	Hintergrund	0.6	*				
geFOR	Thônex-Foron	422	Vorstädtisch	Hintergrund	1.0	*	145.1		19.5	
geGIL	Genève-Ile	375	Städtisch	Hintergrund	0.9	*				
geQW	Genève-Wilson	376	Städtisch	Verkehr	1.1	*				
geGSC	Genève-Ste-Clotilde	374	Städtisch	Hintergrund	0.2	*				
geMEY	Meyrin-Vaudagne	439	Vorstädtisch	Hintergrund	1.4	*	150.5		20.1	
geNEC	Genève-Necker	383	Städtisch	Hintergrund	1.3			134.7	11.3	
gePAS	Avully-Passeiry	427	Ländlich	Hintergrund	0.6	*	153.1		20.6	
grARM	Arosa-Maran	1875	Städtisch	Industrie				121.8		15.9
grCAB	Chur-A13	565	Vorstädtisch	Verkehr				134.0		9.0
grCAS	Castaneda	770	Ländlich	Hintergrund			181.5		21.8	
grCKS	Chur-Kantonsspital	655	Vorstädtisch	Hintergrund			134.4		11.3	
grCRB	Chur-RhB	595	Städtisch	Hintergrund	1.0	*				
grDAV	Davos-Seehornwald	1637	Ländlich	Hintergrund	0.0	*	113.0		11.0	
grDBP	Davos-Bubenbrunnenplatz	1560	Vorstädtisch	Verkehr				108.7		11.1
grPCB	Poschiavo-Croce-Bianca	1100	Vorstädtisch	Verkehr				150.4		12.9
grRMU	Roveredo-Municipio	320	Vorstädtisch	Hintergrund			168.2		19.5	
grROT	Rothenbrunnen-A13	623	Ländlich	Verkehr						
grSOG	Soglio	1100	Ländlich	Hintergrund			171.1		21.5	
grSTM	St-Moritz-Schulhaus	1860	Vorstädtisch	Hintergrund			133.1		17.2	
grSTR	St.Moritz-Via-Rosatsch	1773	Vorstädtisch	Verkehr				129.9		14.7
juDEL	Delémont	410	Vorstädtisch	Hintergrund			144.4			
juSAI	Saignelégier	990	Ländlich	Hintergrund						
luBRM	Beromünster	797	Ländlich	Hintergrund			151.0		16.0	
luEBS	Ebikon-Sedel	484	Vorstädtisch	Hintergrund	0.9	*	153.1		15.7	
neCHA	Chaumont	1136	Ländlich	Hintergrund	0.3	*	152.0		17.3	
neLCF	La-Chaux-de-Fonds	997	Städtisch	Verkehr	0.7	*		131.0		12.5
neLLA	Le-Landeron	431	Ländlich	Hintergrund	2.4		145.0		17.4	
neLLC	Le-Loche	931	Vorstädtisch	Verkehr				135.0		14.3
neNEU	Neuchâtel	461	Städtisch	Verkehr	1.0	*		140.0		15.5
sgBBP	St-Gallen-Blumenbergplatz	675	Städtisch	Verkehr				123.9		6.2
sgRAP	Rapperswil-Tüchelweiher	412	Städtisch	Verkehr						
sgSGS	St-Gallen-Stuelegg	915	Ländlich	Hintergrund			145.3		15.9	

Tabelle 5: Stationen und Messdaten, welche für die Modellierung 2022 verwendet wurden (SO₂, MP98 und AOT40f; Fortsetzung).

					SO ₂ 2022	SO ₂ Erg. (*)	MP98 2022	MP98 NV	AOT40f 2022	AOT40f NV
shNHA	Neuhausen-Autobahneinfahrt	393	Städtisch	Verkehr	0.2	*				
soBRU	Brunnersberg	1089	Ländlich	Hintergrund			148.0		15.8	
soDOR	Dornach-Schulhaus-Brühl	310	Vorstädtisch	Hintergrund			145.0		15.5	
soEGE	Egerkingen	435	Vorstädtisch	Verkehr				143.0		13.6
soHAE	Härkingen-A1	431	Ländlich	Verkehr	0.5			145.0		9.8
soSAW	Solothurn-Altwyberhüsli	453	Städtisch	Hintergrund	1.3	*	144.0		14.5	
szRIG	Rigi-Seebodenalp	1031	Ländlich	Hintergrund	0.2		149.0		17.5	
tgFRA	Frauenfeld-Bahnhofstrasse	403	Vorstädtisch	Hintergrund	0.1	*				
tgTAE	Tänikon	538	Ländlich	Hintergrund	0.2	*	145.0		10.6	
tiAIR	Airolo	1157	Ländlich	Verkehr			156.0		19.0	
tiBIO	Bioggio	285	Vorstädtisch	Industrie	0.5	*	197.0		34.0	
tiBOD	Bodio	330	Vorstädtisch	Industrie	13.0		170.0		19.9	
tiBRI	Brione-sopra-Minusio	480	Vorstädtisch	Hintergrund	1.1	*	174.0		27.5	
tiCHI	Chiasso	240	Städtisch	Verkehr	0.7	*		213.0		41.2
tiGIU	Giubiasco	222	Vorstädtisch	Industrie			169.0		24.7	
tiLOC	Locarno	209	Städtisch	Verkehr	1.6	*		176.0		28.1
tiLUG	Lugano-Università	280	Städtisch	Hintergrund	1.3		196.0		21.5	
tiMAG	Magadino-Cadenazzo	203	Ländlich	Hintergrund	1.0		167.0		15.0	
tiMEN	Mendrisio-A2	315	Vorstädtisch	Verkehr				212.0		39.1
tiPRE	Lugano-Pregassona	305	Vorstädtisch	Hintergrund			196.0		32.6	
tiSAG	Sagno	600	Ländlich	Hintergrund						
urALT	Altdorf	438	Ländlich	Verkehr				141.2		10.0
urERS	Erstfeld-A2	460	Ländlich	Verkehr				143.2		10.6
vdAIG	Aigle	386	Ländlich	Industrie			139.3		12.1	
vdLAU	Lausanne-César-Roux	530	Städtisch	Verkehr				132.0		3.6
vdLPL	Lausanne-Plaines-du-Loup	598	Städtisch	Hintergrund				147.3		17.6
vdMON	Montreux	395	Städtisch	Hintergrund			143.8		13.8	
vdMOR	Morges	376	Städtisch	Hintergrund			136.0		12.8	
vdNYO	Nyon-Hôpital	412	Vorstädtisch	Hintergrund			150.2		19.9	
vdPAY	Payerne	489	Ländlich	Hintergrund	0.3		142.0		13.0	
vdYVE	Yverdon-les-Bains	432	Vorstädtisch	Hintergrund			143.0		14.9	
vsBRG	Brigerbad	650	Ländlich	Industrie	1.7	*	128.9		13.0	
vsEGG	Eggerberg	840	Ländlich	Hintergrund			154.4		20.6	
vsGIE	Les-Giettes	1140	Ländlich	Hintergrund			132.7		10.2	
vsMAS	Massongex	400	Ländlich	Industrie	1.5	*	145.0		13.0	
vsMOT	Montana	1420	Ländlich	Hintergrund			118.7			7.7
vsSAX	Saxon	460	Ländlich	Hintergrund			140.9		14.9	
vsSIO	Sion-Aéroport-A9	483	Ländlich	Verkehr	1.5	*		136.0		8.2
vsSVE	Sion	527	Städtisch	Verkehr				149.7		14.6
zgZGB	Zugerberg	990	Ländlich	Hintergrund						
zhDUE	Dübendorf-EMPA	432	Vorstädtisch	Hintergrund	0.4		147.0		9.8	
zhOPF	Opfikon-Balsberg	430	Vorstädtisch	Verkehr				125.5		7.6
zhRGS	Zürich-Rosengartenstrasse	433	Städtisch	Verkehr				145.3		15.9
zhSCG	Schlieren-Güterstrasse	392	Vorstädtisch	Industrie						
zhWAL	Wallisellen-Dietlikonerstrasse	470	Vorstädtisch	Hintergrund	0.5	*				
zhWLD	Wald-Höhenklinik	910	Ländlich	Hintergrund						
zhWOT	Winterthur-Obertor	448	Städtisch	Hintergrund	0.1	*				
zhWVH	Winterthur-Veltheim	440	Vorstädtisch	Hintergrund				143.1		16.7
zhZBW	Zürich-Schimmelstrasse	415	Städtisch	Verkehr	1.3	*		135.2		10.8
zhZHB	Zürich-Heubeeribüel	610	Vorstädtisch	Hintergrund			149.5		19.6	
zhZSS	Zürich-Stampfenbachstrasse	445	Städtisch	Verkehr	1.2			136.4		12.0
zhZUE	Zürich-Kaserne	409	Städtisch	Hintergrund	0.6		144.0		14.5	

Tabelle 6: Anzahl berücksichtigte Messstationen pro Jahr und Schadstoff.

Jahr	PM10	PM2.5	NO ₂	SO ₂	MP98	AOT40f
1980				61		
1981				61		
1982				61		
1983				61		
1984				61		
1985				61		
1986				61		
1987				61		
1988				61		
1989				61		
1990			64	61	36	46
1991			69	61	43	56
1992			79	61	49	67
1993			84	61	53	75
1994			83	61	54	76
1995			88	61	60	81
1996			89	61	60	83
1997			90	61	67	90
1998	21		88	61	67	90
1999	33		90	61	69	91
2000	42		91	61	75	91
2001	51		84	61	76	86
2002	55		89	61	76	87
2003	57		88	61	78	85
2004	62		93	61	82	86
2005	60		93	61	81	85
2006	60		93	61	82	86
2007	69		92	61	79	84
2008	72		91	61	76	80
2009	75		95	61	76	80
2010	81		97	61	76	80
2011	80		94	61	72	76
2012	82		93	61	72	76
2013	84		92	61	72	73
2014	84		90	61	74	74
2015	80	9	85	61	68	65
2016	81	10	86	61	68	65
2017	84	19	87	61	64	67
2018	84	30	86	61	68	69
2019	79	50	82	62	56	57
2020	83	61	82	62	57	56
2021	81	63	84	62	62	58
2022	84	64	84	62	54	52