

**Cercl  
Air**

---

Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute  
Société suisse des responsables de l'hygiène de l'air  
Società svizzera dei responsabili della protezione dell'aria  
Swiss society of air protection officers

26. April 2023

## **Empfehlung Nr. 27c**

---

# **Berechnung des Indikators Langzeit Luftbelastungs-Index des Cercle Indicateurs für Kantone und Gemeinden**

---



# Nachhaltigkeitsindikatoren für Kantone und Gemeinden

Berechnung der einwohnergewichteten Mittelwerte der  
Langzeit-Luftbelastungs-Indices für die Kantone und  
beteiligten Gemeinden in den Jahren 2002, 2007, 2011,  
2013, 2015, 2017, 2019 und 2021

## Impressum

Auftraggeber  
Kontaktperson  
Adresse

Bundesamt für Statistik BFS  
Dr. André de Montmollin  
Sektion Umwelt, Nachhaltige Entwicklung, Raum  
Espace de l'Europe 10  
2010 Neuchâtel

Bundesamt für Umwelt BAFU  
Dr. Richard Ballaman  
Abteilung Luftreinhaltung und Chemikalien  
3003 Bern

Datum  
Aktuelle Version

26.04.2023  
Schlussbericht

Projektnummer  
Datei

bafu\_cerclindicateur\_23  
bericht\_lbi\_cerclair.docx

Erstellt durch  
Kontrolliert durch  
Genehmigt durch

Thomas Künzle  
25.04.2023 | Beat Rihm  
26.04.2023 | Thomas Künzle

Gewährleistung

Meteotest gewährleistet ihren Kunden eine sorgfältige und fachgerechte Auftragsbearbeitung. Jegliche Haftung, insbesondere auch für Folgeschäden, wird im Rahmen des gesetzlich Zulässigen wegbedungen.

## Inhalt

1	Ausgangslage .....	4
2	Datengrundlagen .....	5
3	Auftrag .....	6
4	Methodik .....	6
5	Resultate .....	7

## Tabellen

Tabelle 1:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices in den beteiligten <b>Gemeinden/Städten</b> in den Jahren 2002, 2007, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 und 2021. ....	16
Tabelle 2:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices in den <b>Kantonen</b> in den Jahren 2002, 2007, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 und 2021. ....	17

## Abbildungen

Abbildung 1:	Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2002. ....	7
Abbildung 2:	Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2007. ....	8
Abbildung 3:	Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2011. ....	8
Abbildung 4:	Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2013. ....	9
Abbildung 5:	Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2015. ....	9
Abbildung 6:	Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2017. ....	10
Abbildung 7:	Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2019. ....	10
Abbildung 8:	Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2021. ....	11
Abbildung 9:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2002 pro Kanton. ....	11
Abbildung 10:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2007 pro Kanton. ....	12
Abbildung 11:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2011 pro Kanton. ....	12
Abbildung 12:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2013 pro Kanton. ....	13
Abbildung 13:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2015 pro Kanton. ....	13
Abbildung 14:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2017 pro Kanton. ....	14
Abbildung 15:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2019 pro Kanton. ....	14
Abbildung 16:	Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2021 pro Kanton. ....	15

# 1 Ausgangslage

In den Jahren 2003 bis 2005 entwickelten gemäss Mitteilungen des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE)<sup>1</sup> verschiedene Kantone, Städte und Bundesämter je ein Kernindikatorensystem für Kantone und Städte. "Die zentrale Aufgabe von Kernindikatoren ist die Beurteilung des aktuellen Standes und der zeitlichen Veränderung der Nachhaltigen Entwicklung auf einer strategisch-politischen Ebene."

Meteotest wurde vom Bundesamt für Statistik (BFS) und vom Bundesamt für Umwelt (BAFU) beauftragt, auf der Basis der Empfehlung Nr. 27b (Langzeit Luftbelastungs-Index LBI) des Cercl'Air<sup>2</sup> und verfügbarer Grundlagen der Luftqualität den LBI für das Jahr 2021 zu berechnen sowie eine Gewichtung mit der Wohnbevölkerung auf der Basis von Daten der Volkszählung 2021 zu realisieren. In einem früheren Bericht wurden analoge Auswertungen für die Jahre 2002, 2007, 2011, 2013, 2015, 2017 und 2019 erarbeitet und dokumentiert<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> <https://www.admin.ch/gov/de/start/dokumentation/medienmitteilungen.msg-id-999.html>  
[18.04.2023]

<https://www.aren.admin.ch/aren/de/home/nachhaltige-entwicklung/evaluation-und-daten/nachhaltigkeitsindikatoren/cercl-air-indicateurs--nachhaltigkeitsindikatoren-fuer-kantone-und-.html> [18.04.2023]

<sup>2</sup> Empfehlung Nr. 27b: Langzeit Luftbelastungs-Index LBI vom 10. Juni 2015  
[https://cerclair.ch/assets/pdf/27b\\_2015\\_06\\_10\\_D\\_Langzeit\\_Luftbelastungs\\_Index.pdf](https://cerclair.ch/assets/pdf/27b_2015_06_10_D_Langzeit_Luftbelastungs_Index.pdf)  
[18.04.2023]

<sup>3</sup> Meteotest, 2021: Nachhaltigkeitsindikatoren für Kantone und Gemeinden. Berechnung der einwohnergewichteten Mittelwerte der Langzeit-Luftbelastungs-Indices für die Kantone und beteiligten Gemeinden in den Jahre 2002, 2007, 2011, 2013, 2015, 2017 und 2019. Schlussbericht im Auftrag des BFS, und BAFU.  
[https://cerclair.ch/assets/pdf/27c\\_2021\\_05\\_19\\_D\\_Luftbelastungs\\_Index\\_U11\\_Cercl-Air-Indicateurs.pdf](https://cerclair.ch/assets/pdf/27c_2021_05_19_D_Luftbelastungs_Index_U11_Cercl-Air-Indicateurs.pdf) [18.04.2023]

## 2 Datengrundlagen

Grundlagen sind die Karten der Jahreswerte von Feinstaub- und Stickstoffdioxid sowie die Ozon-Karten mit den maximalen monatlichen 98er Perzentilwerten<sup>4</sup>. Bis zum Jahr 2019 wurden die Karten der Jahreswerte von NO<sub>2</sub> und PM10 mit einer inzwischen überarbeiteten Version erstellt<sup>5</sup>. Die NO<sub>2</sub>- und PM10-Karten für das Jahr 2021 wurden mit aktualisierten Basiskarten erstellt, welche im BAFU-Bericht zu den PolluMap-Modellen dokumentiert sind<sup>6</sup>.

Zur Berechnung der bevölkerungsgewichteten Mittelwerte wurden die Einwohnerdaten aus der Volkszählung in Hektarauflösung verwendet<sup>7</sup>. Für die Jahre 2002 und 2007 standen keine GIS-Datensätze zur Verfügung, daher wurde der Datensatz der Volkszählung 2000 verwendet und gemeindeweise auf die ständige Wohnbevölkerung am Ende der Jahre 2002 und 2007 skaliert. Die Gemeindegrenzen standen aus Datensätzen des Bundesamtes für Landestopografie swisstopo zur Verfügung<sup>8</sup>.

---

<sup>4</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--historische-daten/karten-jahreswerte.html> [18.04.2023]  
[https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-daten/karten\\_der\\_luftbelastunginderschweiz-dokumentation.pdf.download.pdf/karten\\_der\\_luftbelastunginderschweiz-dokumentation.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/fachinfo-daten/karten_der_luftbelastunginderschweiz-dokumentation.pdf.download.pdf/karten_der_luftbelastunginderschweiz-dokumentation.pdf) [18.04.2023]

<sup>5</sup> FOEN, 2011: NO<sub>2</sub> 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> [18.04.2023]  
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> [18.04.2023]

<sup>6</sup> <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--modelle-und-szenarien.html> [18.04.2023]  
<https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/luft/externe-studien-berichte/immissionen-schweiz-und-liechtenstein-modellresultate-no2-pm10-pm2-5-2015-2020-2030.pdf.download.pdf/PolluMap-Resultate-Bericht.pdf> [18.04.2023]

<sup>7</sup> <https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/dienstleistungen/geostat/geodaten-bundesstatistik/gebäude-wohnungen-haushalte-personen/bevoelkerung-haushalte-ab-2010.assetdetail.23528269.html> [18.04.2023]

<sup>8</sup> <https://www.swisstopo.admin.ch/de/geodata/landscape/boundaries3d.html> [18.04.2023]

### 3 Auftrag

Die Berechnungen wurden für alle 26 Kantone sowie für 33 Gemeinden/Städte durchgeführt. Gegenüber der letzten Aktualisierung kam die Gemeinde La Chaux-de-Fonds hinzu. Die Klassierungen der vergangenen Jahre wurden für La Chaux-de-Fonds nachberechnet.

### 4 Methodik

Das Vorgehen zur Bestimmung der bevölkerungsgewichteten Langzeit-Luftbelastungs-Indices kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Aufbereitung der Karten der Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Feinstaub (PM10) sowie der Karte von Ozon (O<sub>3</sub>) mit den maximalen monatlichen 98er Perzentilwerten (Rasterauflösung<sup>9</sup> 100 m)
- Berechnung der Langzeit-Belastungs-Indices
- Bestimmung der bevölkerungsgewichteten Langzeit-Belastungs-Indices für die beteiligten Kantone und Gemeinden unter Anwendung der Einwohnerdaten der Jahre 2002, 2007, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 und 2021
- Kartographische Aufbereitung der Resultate

Der Langzeit-Belastungs-Index wurde gemäss der Definition des Cercl'Air bestimmt. Daraus entstehen zuerst Karten der in Stufen klassierten Werte, welche anschliessend gewichtet werden (PM10 Gewichtung: 4.5, NO<sub>2</sub> Gewichtung: 4.5, O<sub>3</sub> Gewichtung: 1). Die bevölkerungsgewichteten LBI-Werte für die Kantone und Gemeinden wurden wie folgt bestimmt:

- a) Die Karten der Langzeit-Belastungs-Indices wurden mit der Anzahl Einwohner der entsprechenden Jahre mit einer Rasterauflösung von 100 m multipliziert.
- b) Diese Zwischenresultate wurden für alle Kantone resp. Gemeinden der Schweiz summiert.
- c) Die Einwohnersummen pro Kantone und Gemeinde wurden berechnet.
- d) Das Resultat wurde durch Division der Resultate von Schritt b) (der Summe aus der Multiplikation von LBI mit den Einwohnern) und Schritt c) (Einwohnersummen pro Kantone resp. Gemeinden) ermittelt.

---

<sup>9</sup> Ab dem Jahr 2021 stehen die Rasterdaten in einer Auflösung von 100 m zur Verfügung. In den früheren Jahren betrug die räumliche Auflösung 200 m.

## 5 Resultate

Abbildung 1 bis Abbildung 8 zeigen die Karten der Langzeit-Luftbelastungs-Indices für die Jahre 2002, 2007, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 und 2021. Diese Karten wurden danach mit den Einwohnerdaten gewichtet. Abbildung 9 bis Abbildung 16 zeigen die bevölkerungsgewichteten Langzeit-Luftbelastungs-Indices für die Kantone in den sieben untersuchten Jahren.

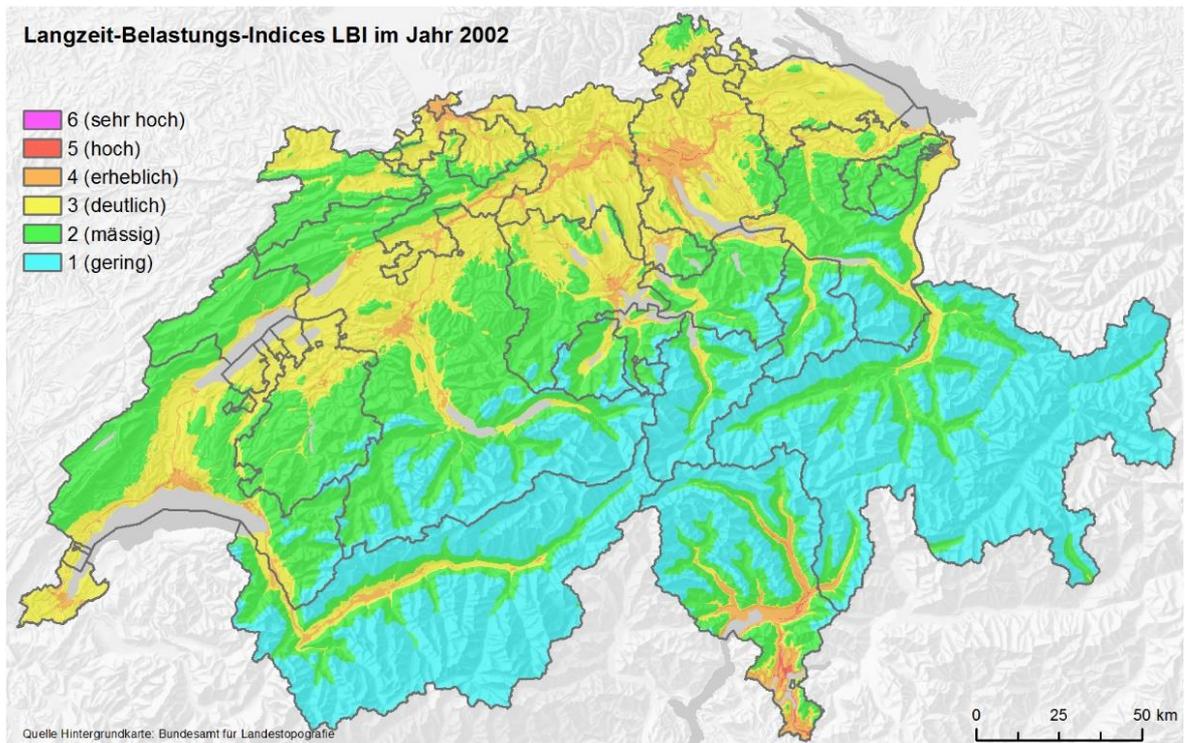


Abbildung 1: Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2002.

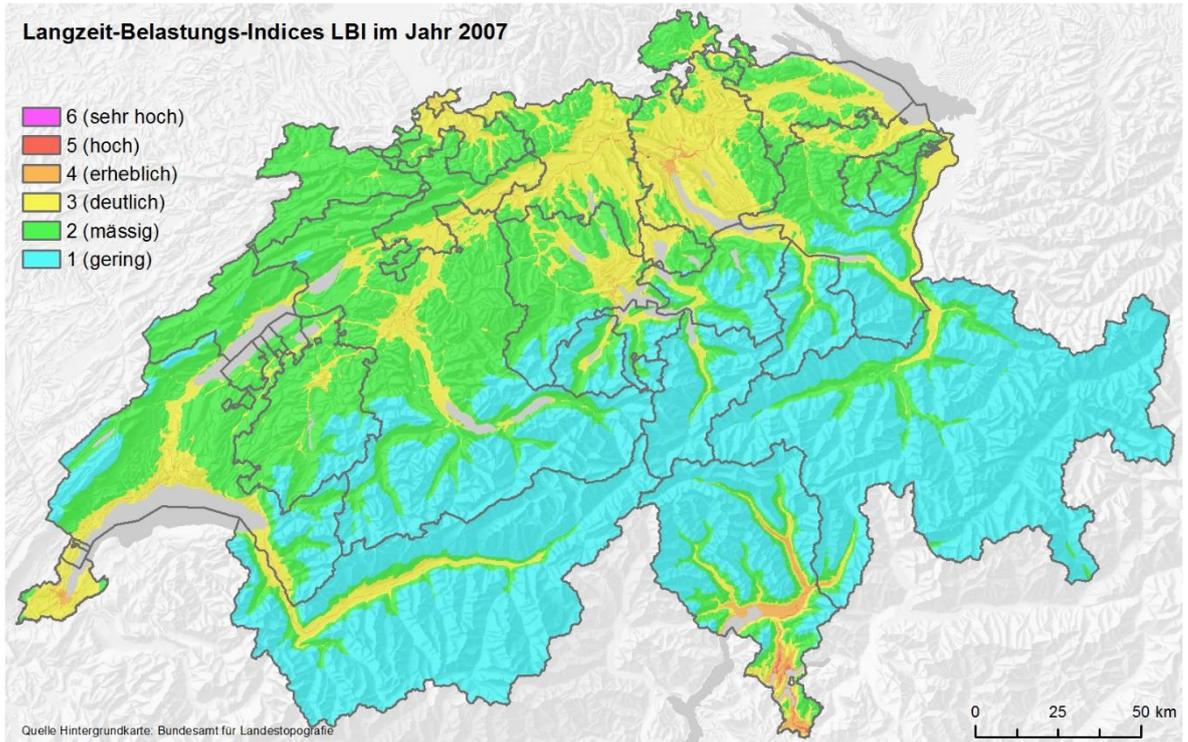


Abbildung 2: Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2007.

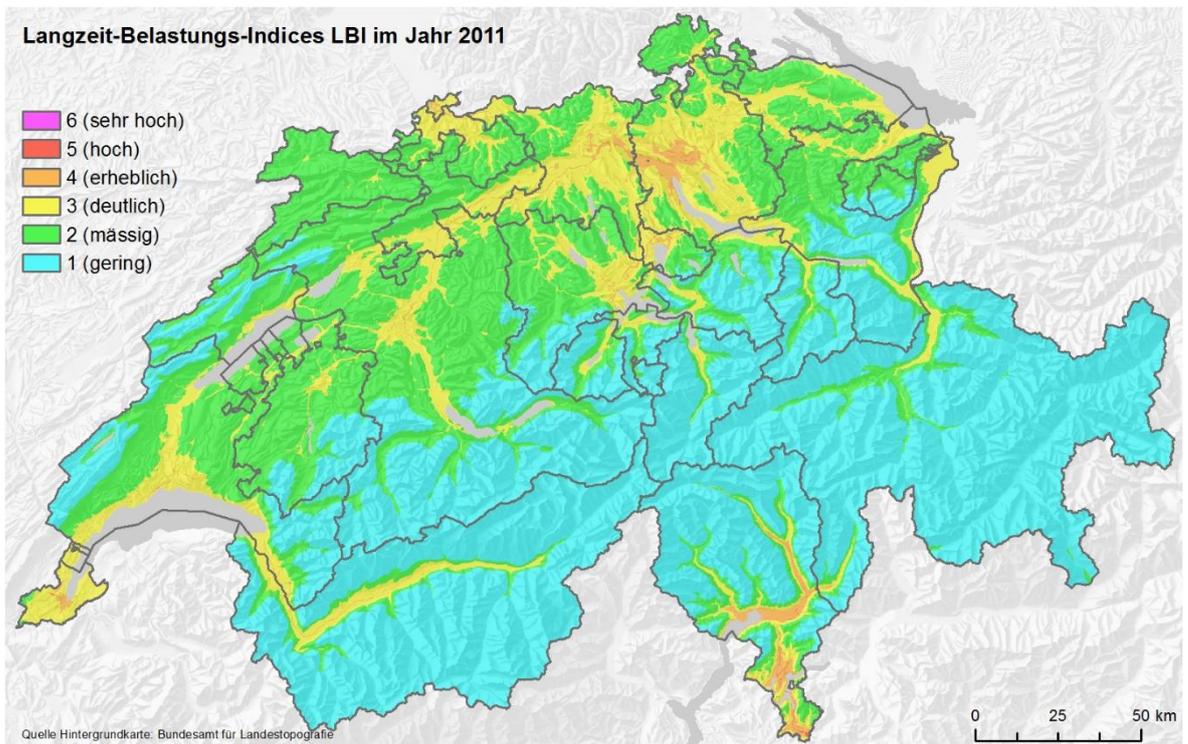


Abbildung 3: Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2011.

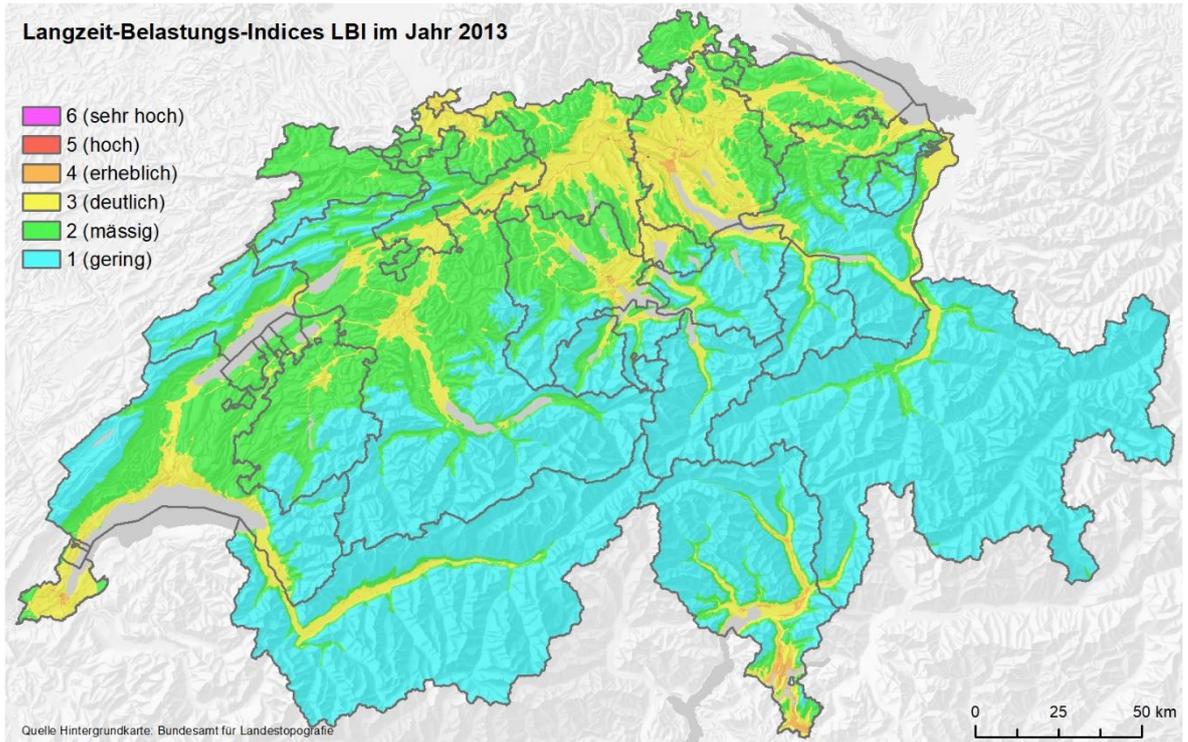


Abbildung 4: Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2013.

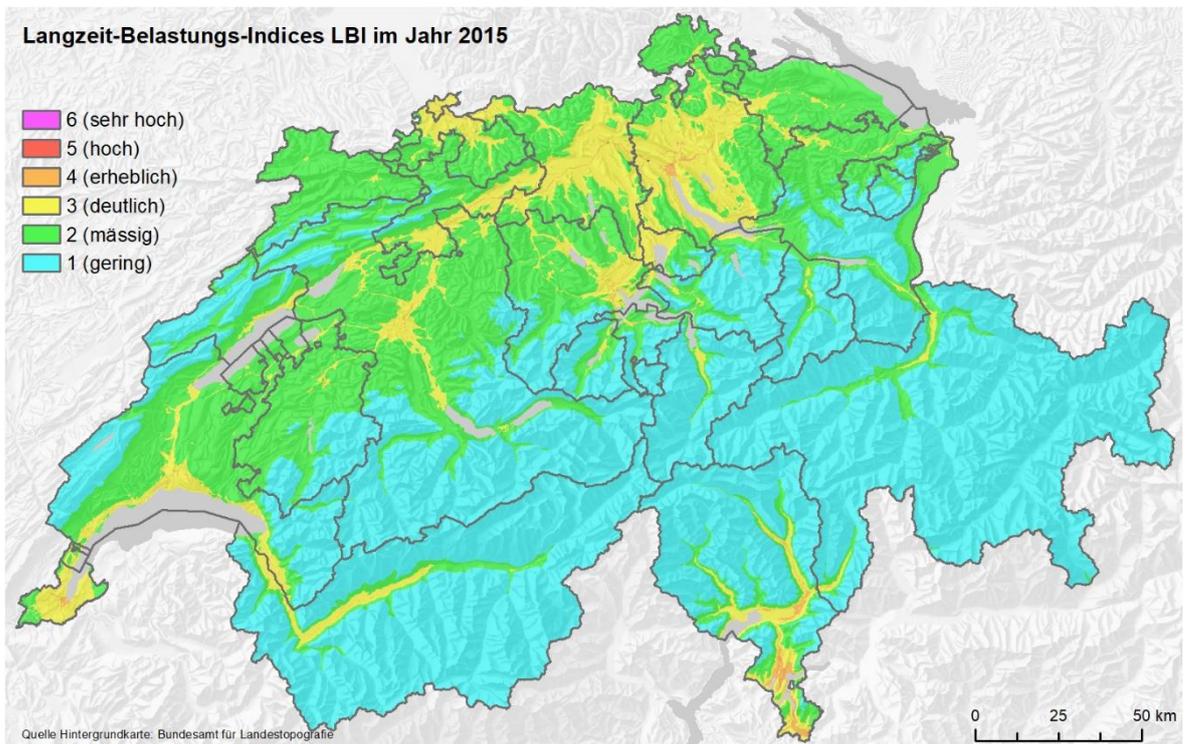


Abbildung 5: Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2015.

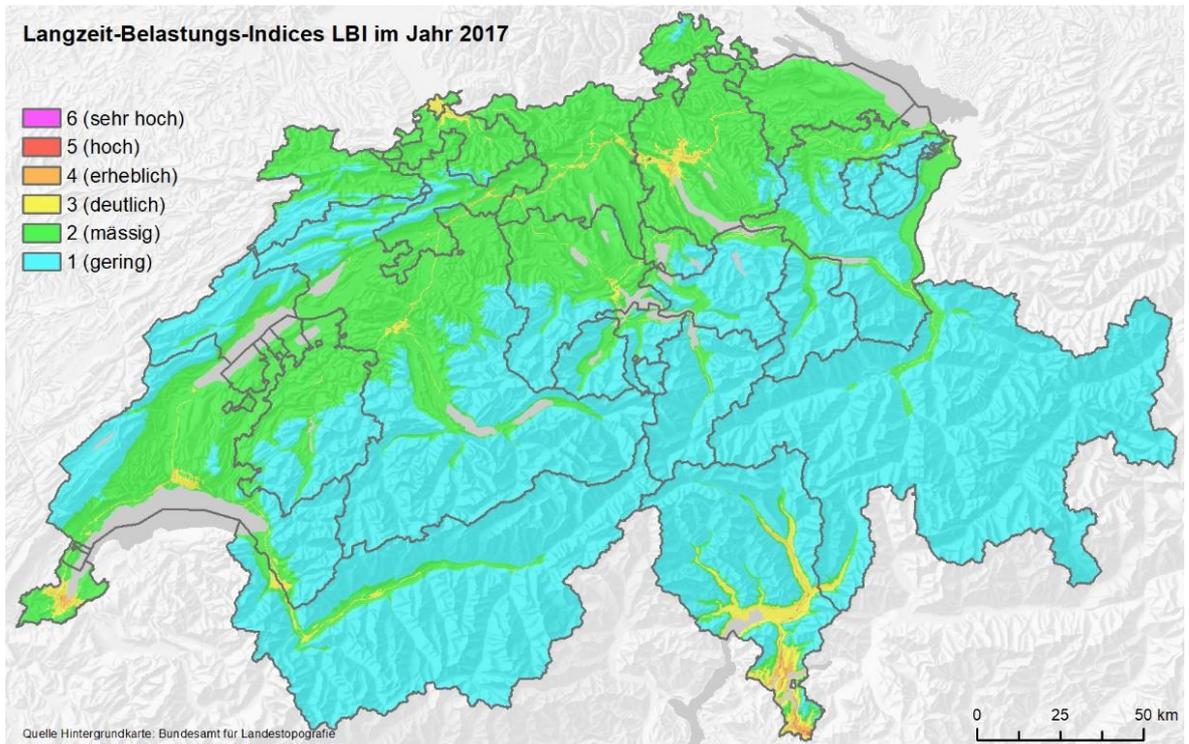


Abbildung 6: Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2017.

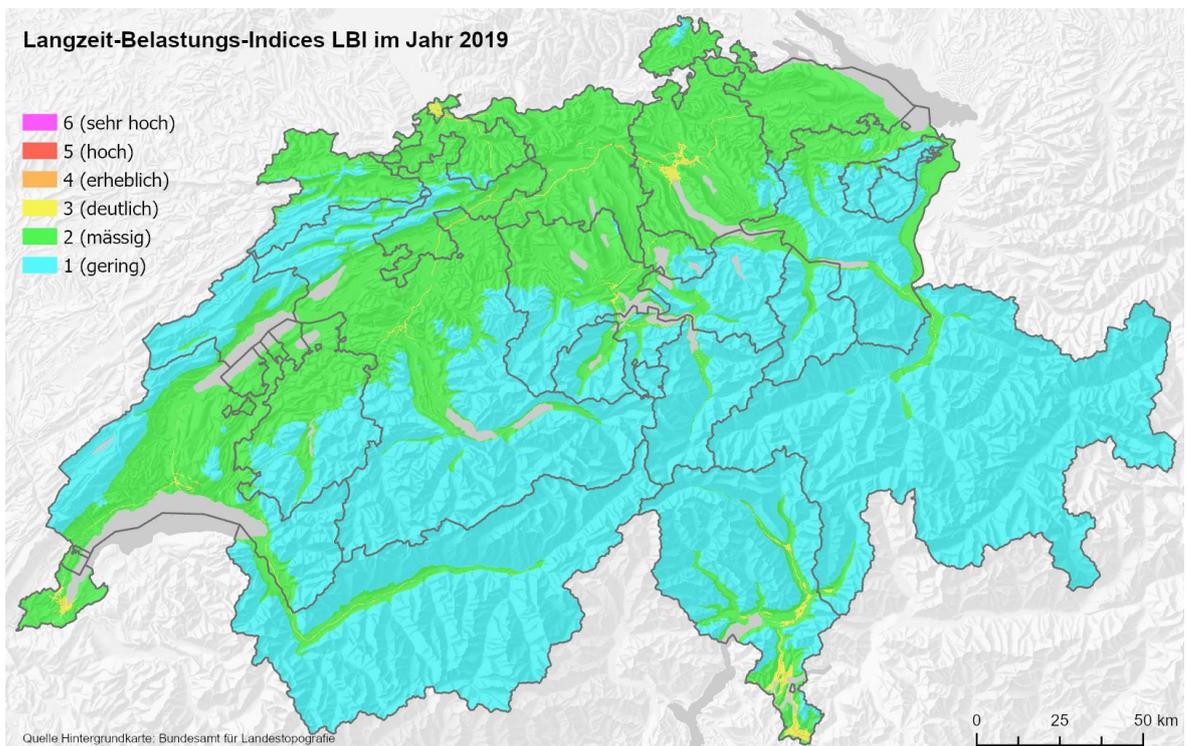


Abbildung 7: Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2019.

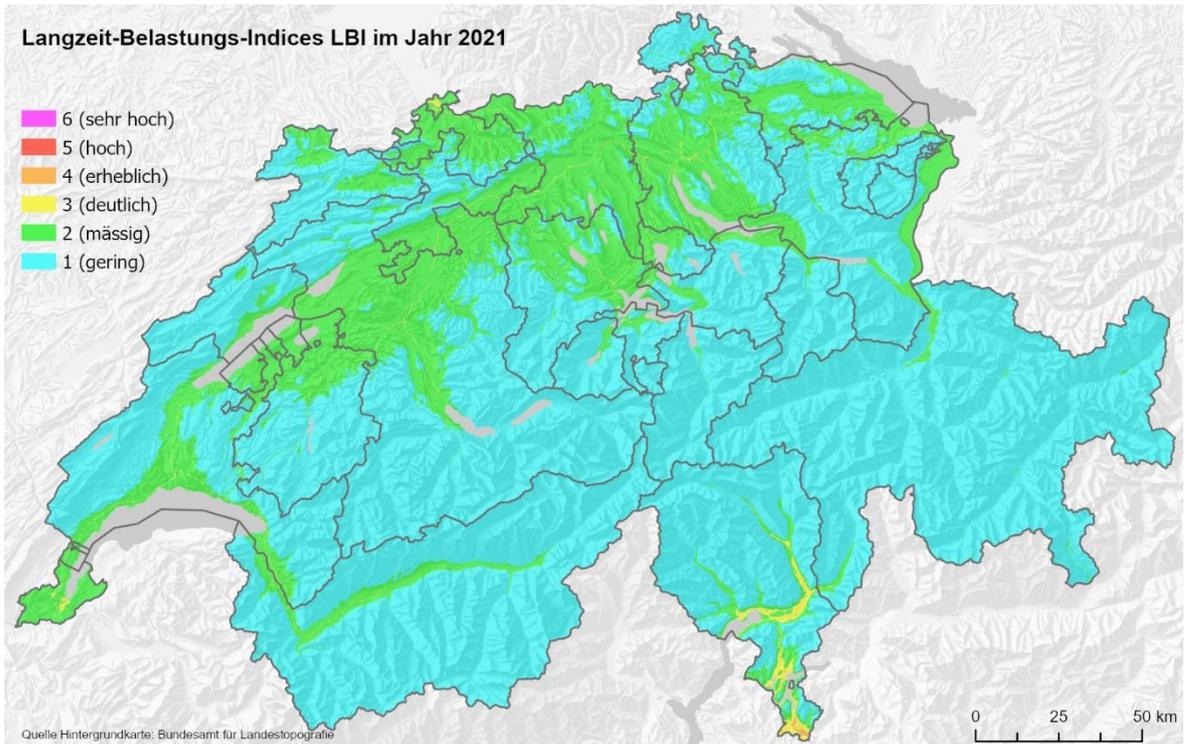


Abbildung 8: Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2021.

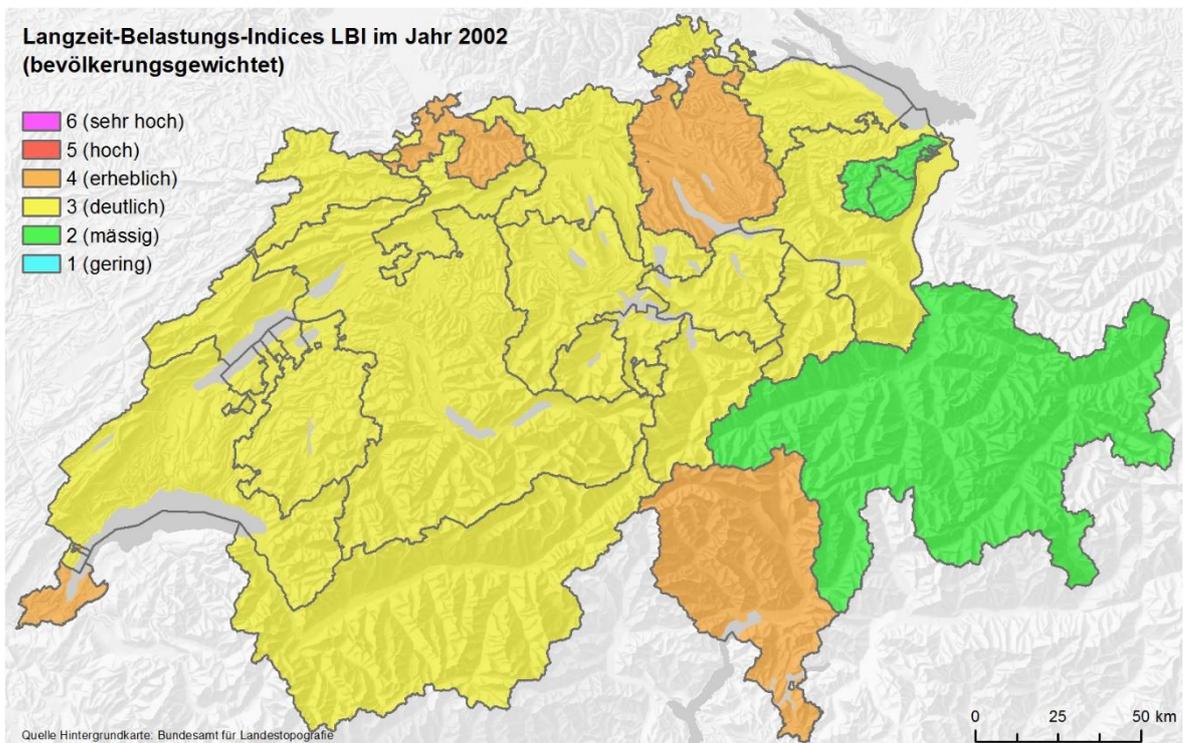


Abbildung 9: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2002 pro Kanton.

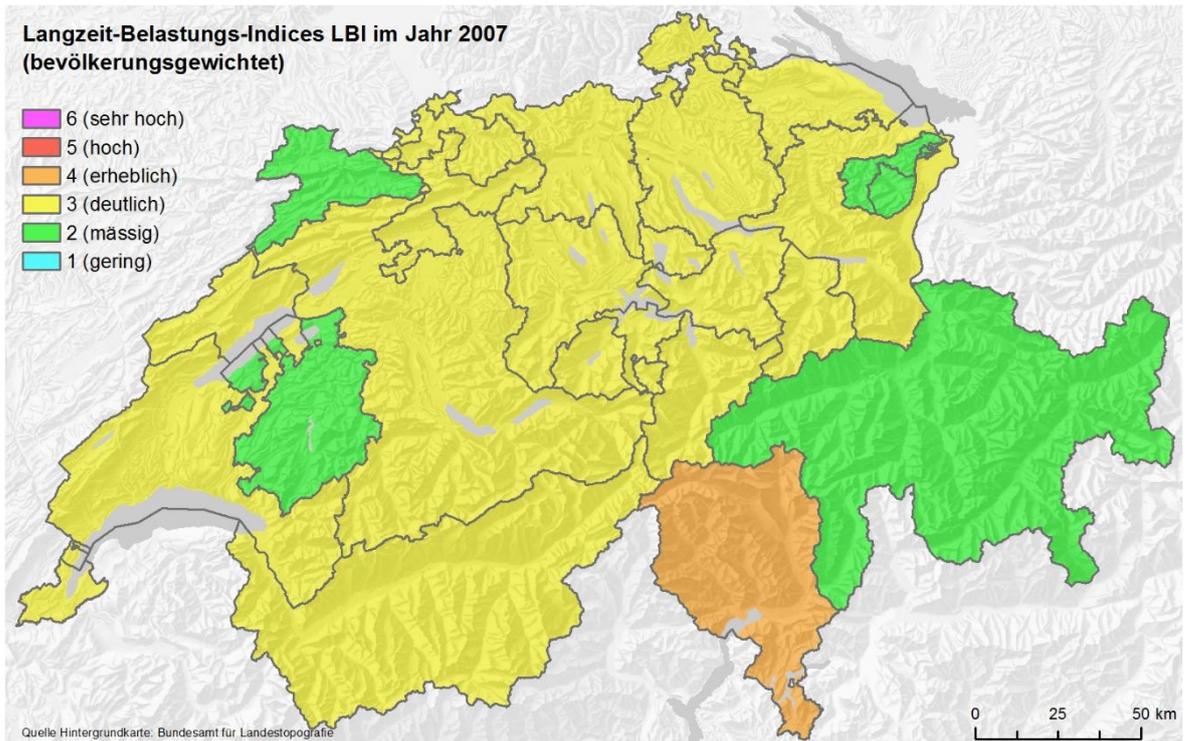


Abbildung 10: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2007 pro Kanton.

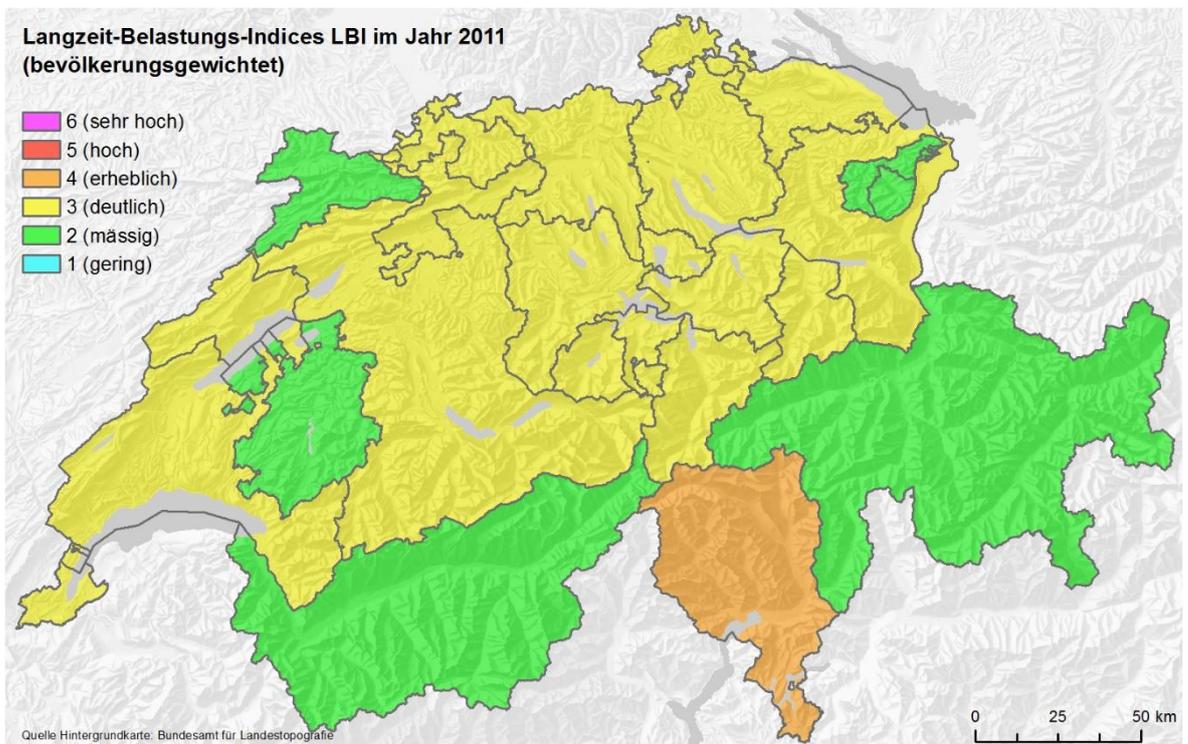


Abbildung 11: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2011 pro Kanton.

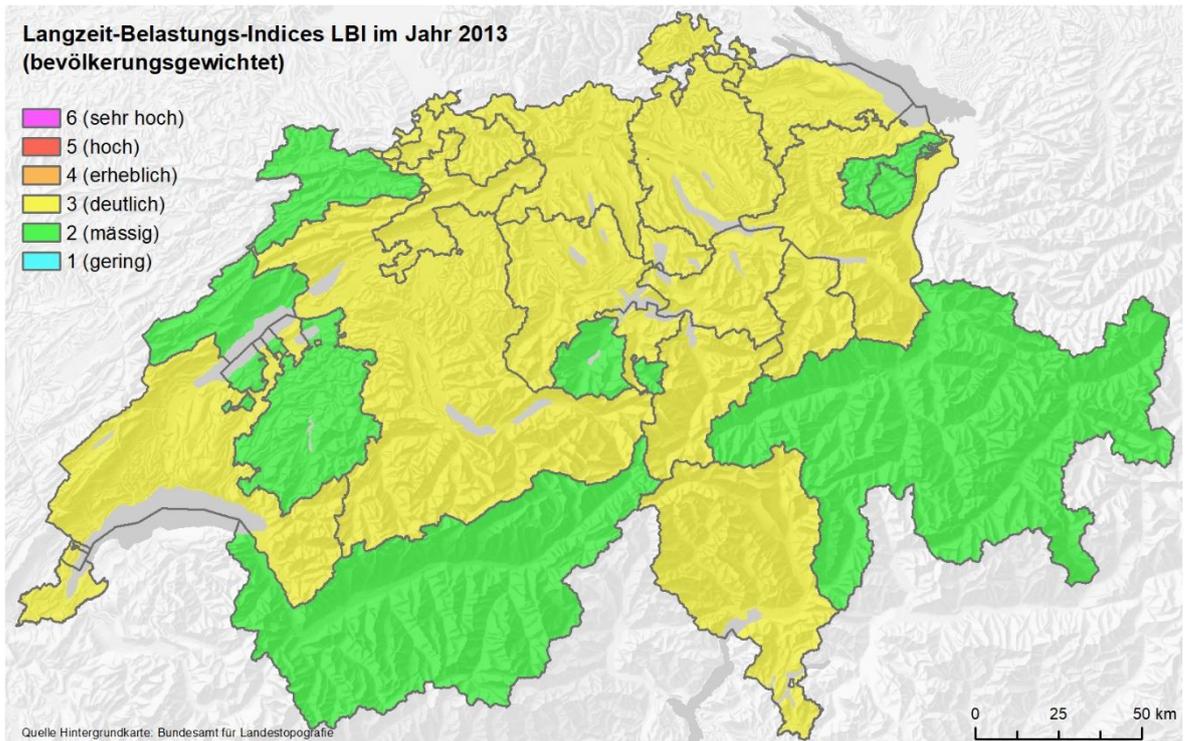


Abbildung 12: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2013 pro Kanton.

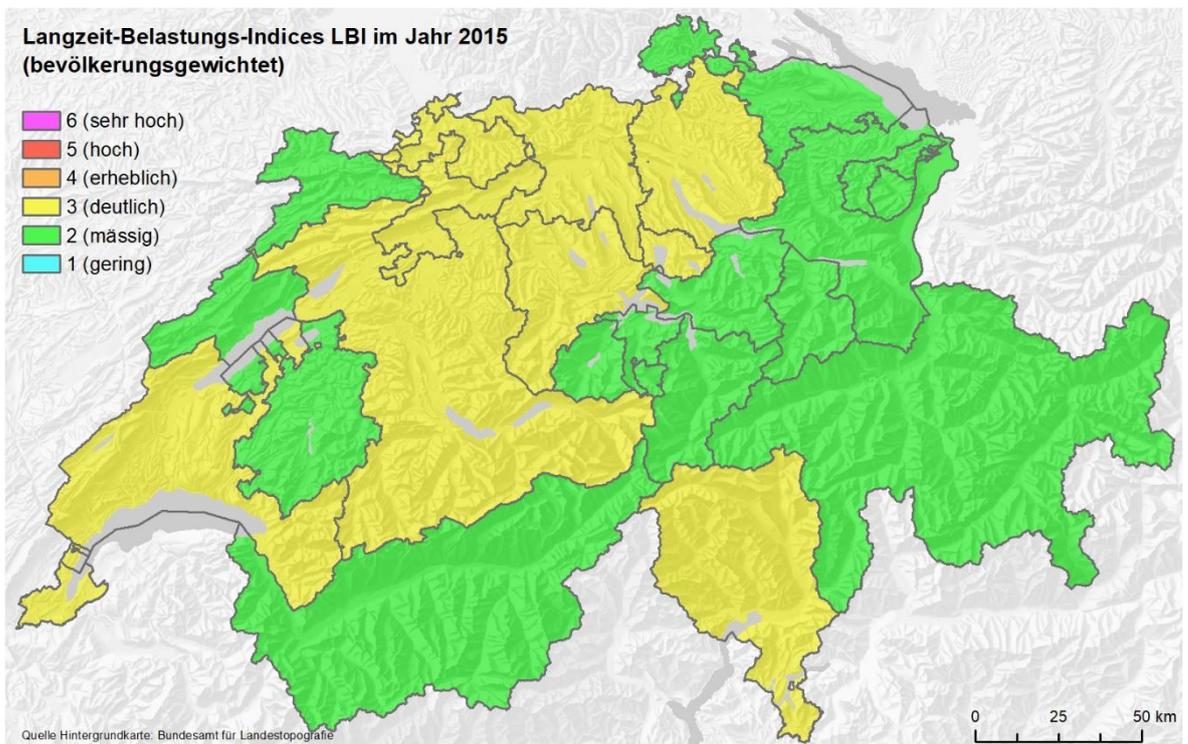


Abbildung 13: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2015 pro Kanton.

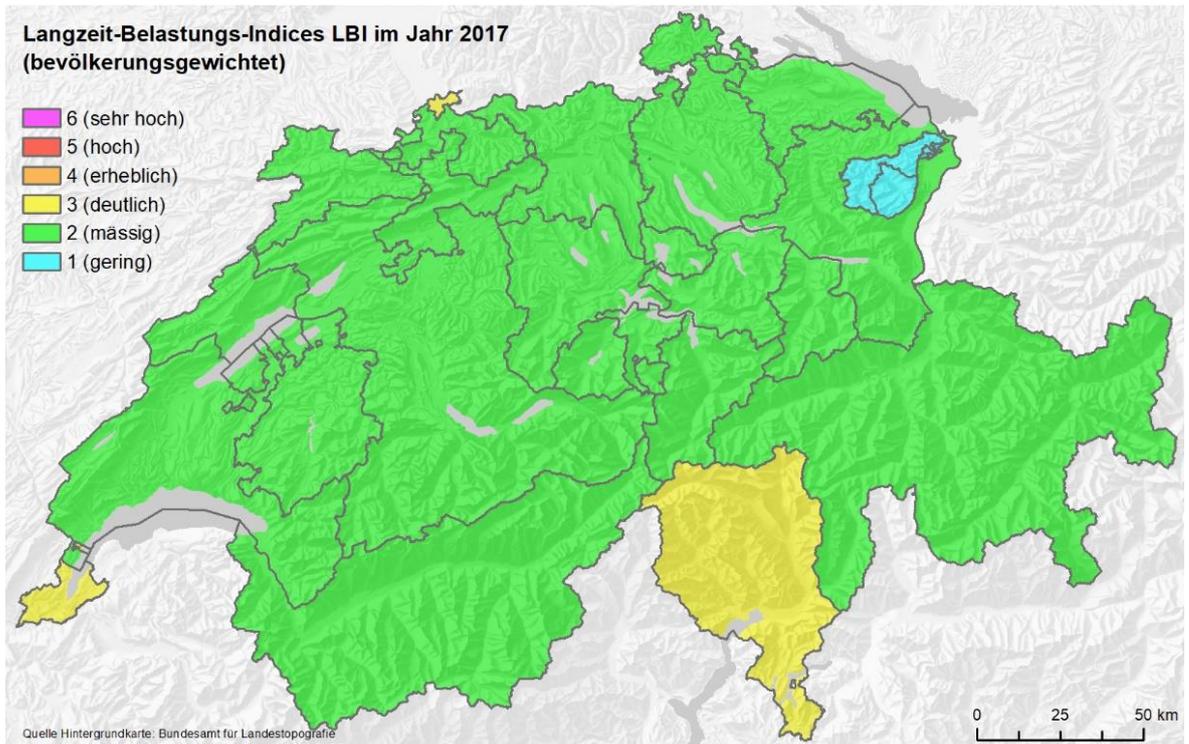


Abbildung 14: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2017 pro Kanton.

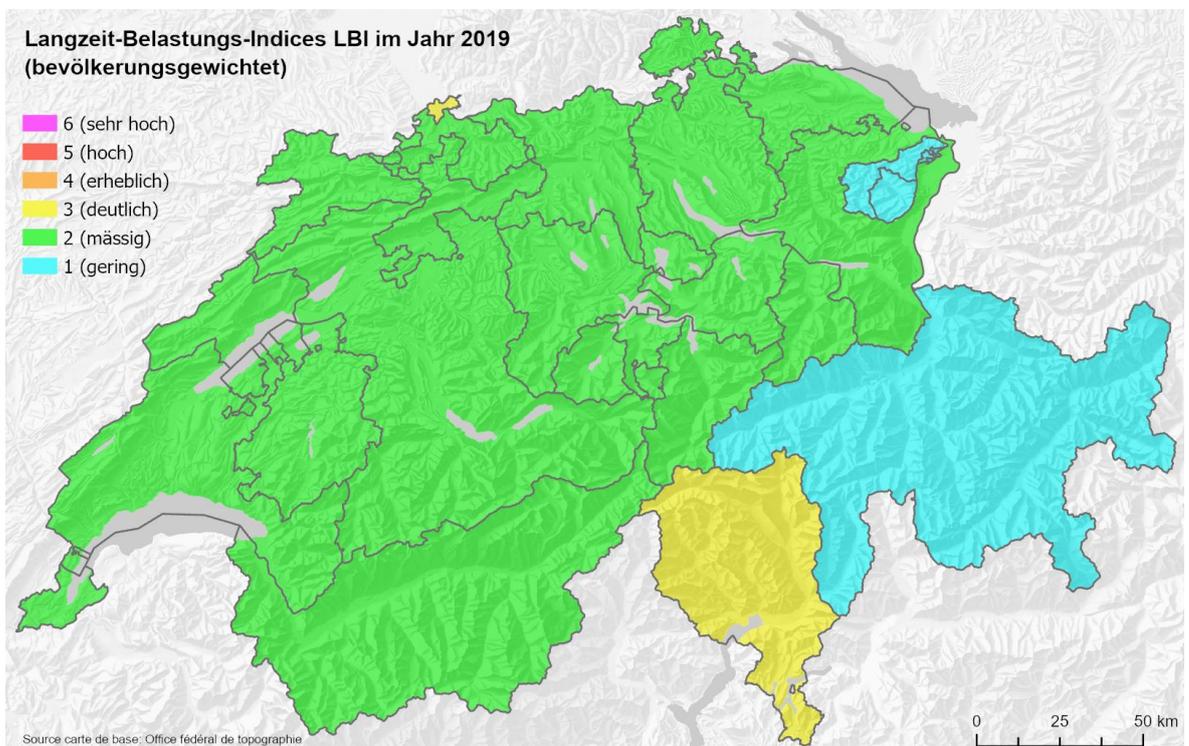


Abbildung 15: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2019 pro Kanton.

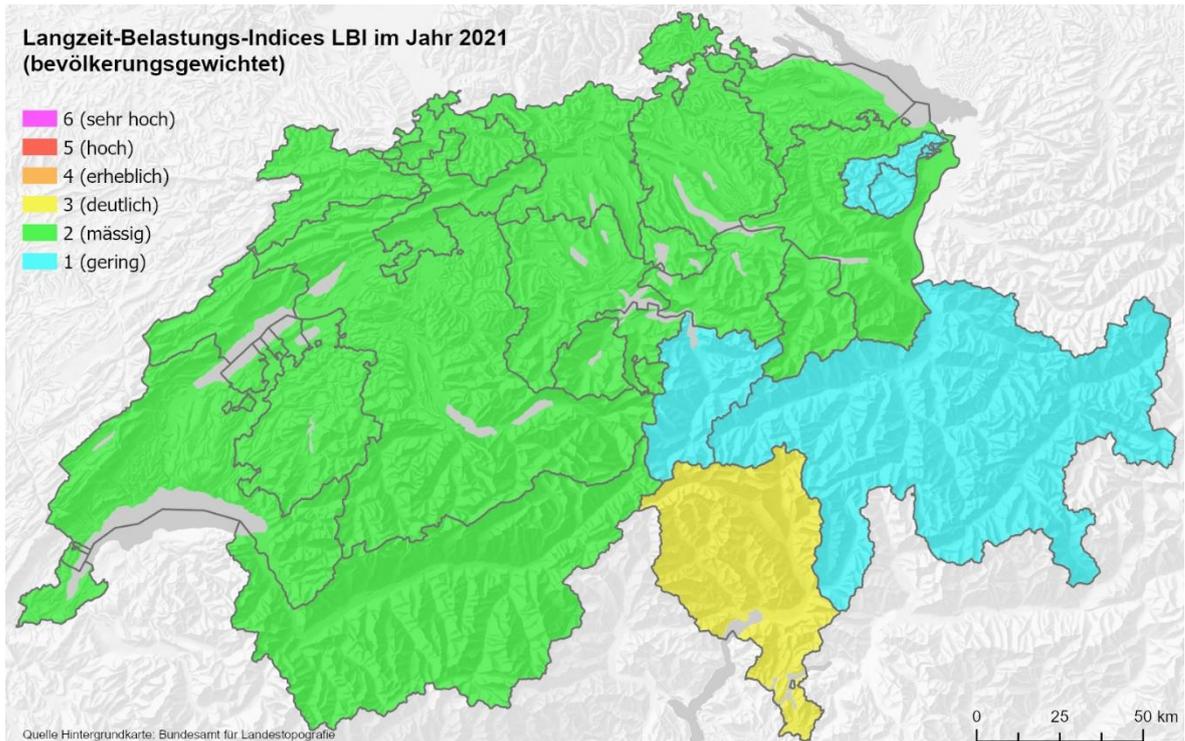


Abbildung 16: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices im Jahr 2021 pro Kanton.

Tabelle 1 zeigt für die beteiligten Gemeinden die bevölkerungsgewichteten Langzeit-Luftbelastungs-Indices in den sieben untersuchten Jahren.

Tendenziell ist eine abnehmende Belastung festzustellen. Im Jahr 2002 waren viele Gemeinden in der Stufe 4 (erheblich) klassiert, Lugano sogar in der Stufe 5 (hoch). Die städtischen Gemeinden Lugano und Genf mit hohen Emissionen und vielen Einwohnern blieben bis 2017 in der Stufe 4 klassiert, Zürich bis 2011. In den übrigen Gemeinden resultieren seit 2007 mehrheitlich deutliche Belastungen (Stufe 3). Infolge der geringeren Luftbelastung (siehe Auswertungen des BAFU<sup>10</sup>), werden im Jahr 2017 einige Gemeinden in der Klasse mässig (Stufe 2) anstelle von deutlich klassiert. Im Jahr 2019 sind 8 Gemeinden tiefer eingestuft als 2017. Im Jahr 2021 sind 5 Gemeinden tiefer eingestuft als 2019.

<sup>10</sup> Entwicklung der Luftqualität in der Schweiz  
<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/zustand/daten/luftbelastung--historische-daten/jahreswerte-aller-stationen-der-schweiz/entwicklung-der-luftqualitaet-in-der-schweiz.html>  
 [18.04.2023]

Tabelle 1: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices in den beteiligten **Gemeinden/Städten** in den Jahren 2002, 2007, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 und 2021.

Gmde-nummer	Gemeindename	LBI 2002	LBI 2007	LBI 2011	LBI 2013	LBI 2015	LBI 2017	LBI 2019	LBI 2021
4021	Baden	4	3	4	3	3	2	2	2
2701	Basel	4	3	3	3	3	3	3	2
351	Bern	4	3	3	3	3	3	2	2
2765	Binningen	4	3	3	3	3	2	2	2
53	Bülach	4	3	3	3	3	2	2	2
2125	Bulle	3	3	3	2	2	2	2	1
5624	Bussigny	4	3	3	3	3	3	2	2
2196	Fribourg	4	3	3	3	3	2	2	2
6621	Genève	4	4	4	4	4	4	3	2
5721	Gland	4	3	3	3	3	2	2	2
296	Illnau-Effretikon	4	3	3	3	3	2	2	2
6421	La Chaux-de-Fonds	3	2	2	2	2	2	2	2
5586	Lausanne	4	3	3	3	3	3	2	2
5192	Lugano	5	4	4	4	4	4	3	3
1061	Luzern	4	3	3	3	3	2	2	2
5886	Montreux	4	3	3	3	3	2	2	2
6458	Neuchâtel	4	3	3	3	3	2	2	2
5724	Nyon	3	3	3	3	3	3	2	2
6631	Onex	3	3	3	3	3	3	2	2
5757	Orbe	3	3	3	3	3	2	2	2
5590	Pully	4	3	3	3	3	2	2	2
5591	Renens (VD)	4	3	3	3	3	3	2	2
2703	Riehen	4	3	3	3	3	2	2	2
2601	Solothurn	4	3	3	3	3	2	2	2
3203	St. Gallen	3	3	3	3	2	2	2	2
198	Uster	3	3	3	3	3	2	2	2
69	Wallisellen	4	3	3	3	3	3	3	2
230	Winterthur	4	3	3	3	3	2	2	2
5938	Yverdon-les-Bains	4	3	3	3	3	2	2	2
1711	Zug	4	3	3	3	3	2	2	2
261	Zürich	4	4	4	3	3	3	3	2

Die Tabelle 2 zeigt für alle Kantone die bevölkerungsgewichteten Langzeit-Luftbelastungs-Indices in den sieben untersuchten Jahren.

Tendenziell ist auch auf Kantonsebene eine abnehmende Belastung festzustellen. Im Jahr 2002 waren Kantone mit Grossstädten (hohe Emissionsfrachten und viele Einwohner) in der Stufe 4 (erheblich) klassiert. Im Tessin blieb diese Stufe bis 2011 bestehen. Seit 2007 resultieren mehrheitlich deutliche Belastungen (Stufe 3), abgesehen von eher ländlich geprägten Kantonen, wo mässige Luftbelastungen ausgewiesen werden (Stufe 2). Im Jahr 2015 wurden gegenüber 2013 sieben zusätzliche Kantone von deutlicher zu mässiger Belastung um klassiert. Im Jahr 2017 ist wiederum in einigen Kantonen eine Verbesserung der Luftbelastung festzustellen. Für die beiden Kantone Appenzell wird der LBI mit der Klasse gering bestimmt. Acht Kantone erhalten von 2015 zu 2017 statt deutlicher Belastung die Klassierung mässig. Im Jahr 2019 werden Genf und Graubünden besser eingestuft als 2017. Im Jahr 2021 wird der Kanton Uri besser zu gering um klassiert.

Tabelle 2: Bevölkerungsgewichtete Langzeit-Luftbelastungs-Indices in den **Kantonen** in den Jahren 2002, 2007, 2011, 2013, 2015, 2017, 2019 und 2021.

Kanton	LBI 2002	LBI 2007	LBI 2011	LBI 2013	LBI 2015	LBI 2017	LBI 2019	LBI 2021
AG	3	3	3	3	3	2	2	2
AI	2	2	2	2	2	1	1	1
AR	2	2	2	2	2	1	1	1
BE	3	3	3	3	3	2	2	2
BL	4	3	3	3	3	2	2	2
BS	4	3	3	3	3	3	3	3
FR	3	2	2	2	2	2	2	2
GE	4	3	3	3	3	3	2	2
GL	3	3	3	3	2	2	2	2
GR	2	2	2	2	2	2	1	1
JU	3	2	2	2	2	2	2	2
LU	3	3	3	3	3	2	2	2
NE	3	3	3	2	2	2	2	2
NW	3	3	3	3	2	2	2	2
OW	3	3	3	2	2	2	2	2
SG	3	3	3	3	2	2	2	2
SH	3	3	3	3	2	2	2	2
SO	3	3	3	3	3	2	2	2
SZ	3	3	3	3	2	2	2	2
TG	3	3	3	3	2	2	2	2
TI	4	4	4	3	3	3	3	3
UR	3	3	3	3	2	2	2	1
VD	3	3	3	3	3	2	2	2
VS	3	3	2	2	2	2	2	2
ZG	3	3	3	3	3	2	2	2
ZH	4	3	3	3	3	2	2	2