



© MichalLudwiczak

LUFTQUALITÄT IM WALLIS

■ BERICHT 2023



Département de la mobilité, du territoire et de l'environnement
Service de l'environnement
Departament für Mobilität, Raumentwicklung und Umwelt
Dienststelle für Umwelt

CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

VORWORT

Eine gute Luftqualität spielt für die Gesundheit der Bevölkerung und die Erhaltung unserer Umwelt eine entscheidende Rolle. Die Luft ist ein lebenswichtiges Gut und ein Thema, mit dem sich die Dienststelle für Umwelt schon seit vielen Jahren befasst. Die Einführung neuer gesetzlicher Grundlagen ab 1985, wie der Vollzugsverordnung über die Luftreinhaltung (LRV), war ein wesentlicher Schritt, um sich mit den Instrumenten zur Verbesserung der Luftqualität auszustatten. Seither wird auf die Atmosphäre, die uns umgibt, stärker geachtet, womit sie die ihr gebührende Bedeutung erhält. Mit dem Ziel, die Luftverschmutzung zu kontrollieren und zu begrenzen, wurde erreicht, dass sich die Luftqualität in der Schweiz seither verbessert. Dies gilt dank der unternommenen Anstrengungen auch für das Wallis.

Der hier vorgelegte Bericht 2023 stimmt zuversichtlich, denn er bestätigt, dass sich die Luftqualität in der Gesamtbetrachtung langfristig weiter verbessert. Die Bemühungen zur Begrenzung der Schadstoffemissionen haben Früchte getragen, insbesondere beim Feinstaub PM10, dessen Konzentrationen die festgelegten Grenzwerte seit 2014 einhalten. Des Weiteren ist zwischen 2006 und 2023 bei den Stickstoffdioxid-Konzentrationen ein gesamthafter Rückgang um 51 % festzustellen.

Trotz dieser Fortschritte bleiben jedoch einige Herausforderungen bestehen. Die Werte für Feinstaub PM2.5 zeigen eine Stagnation an. Als Folge besonders intensiver Wärmeperioden überschreiten die Ozonimmissionen die LRV-Begrenzung, und was die Ammoniakwerte betrifft, so liegen diese sehr nahe an der Toleranzgrenze. Obwohl die Schadstoffe aus verschiedenen Quellen stammen können (Industrie, Landwirtschaft, Natur etc.), hat auch das Wetter einen nicht zu unterschätzenden Einfluss auf die Atmosphäre, wie sich in Perioden mit starken Niederschlägen und in Hitzeperioden zeigt. Mit dem Schutz der Luftqualität steht meine Dienststelle, angesichts der zahlreichen, teilweise unberechenbaren Faktoren, weiterhin vor einer grossen Aufgabe.

Dem Engagement meiner Teams ist es zu verdanken, dass wir das ganze Jahr über unsere Überwachungs-, Informations- und Analysearbeit leisten können. Für diesen Einsatz danke ich ihnen. Die unternommenen Anstrengungen müssen fortgesetzt werden, um der gesamten Walliser Bevölkerung dauerhaft eine optimale Luftqualität garantieren zu können.

Christine Genolet-Leubin

Chefin der Dienststelle für Umwelt

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	2
DAS WESENTLICHE	4
1. LUFTREINHALTUNG UND PRÄVENTIONSMASSNAHMEN	5
2. FAKTOR WETTER UND LUFTVERSCHMUTZUNG.....	7
2.1. Das Wetter im jahresverlauf 2023	9
3. RESIVAL.....	12
4. OZON – O ₃	13
4.1. Steckbrief	13
4.2. Ergebnisse 2023	14
4.3. Entwicklung der Immissionen.....	16
4.4. AOT 40.....	17
5. FEINSTAUB – PM10	19
5.1. Steckbrief.....	19
5.2. Ergebnisse 2023	20
5.3. Entwicklung der Immissionen.....	22
6. FEINSTAUB – PM2.5	26
6.1. Steckbrief	26
6.2. Ergebnisse 2023	27
6.3. Entwicklung der Immissionen.....	28
7. ELEMENTARER KOHLENSTOFF (RUSS)	29
8. STICKSTOFFDIOXID – NO ₂	31
8.1. Steckbrief	31
8.2. Ergebnisse 2023	32
8.3. Entwicklung der Immissionen.....	33
9. AMMONIAK – NH ₃	36
9.1. Steckbrief	36
9.2. Ergebnisse 2023	37
9.3. Entwicklung der Immissionen.....	37
9.4. Stand der Immissionen	39
10. GROBSTAUBNIEDERSCHLAG.....	42
10.1. Steckbrief	42
10.2. Ergebnisse 2023	43
10.3. Entwicklung der Immissionen.....	44
11. FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN – VOC.....	47
11.1. Steckbrief	47
11.2. Ergebnisse 2023 und Entwicklung der Immissionen	48
11.3. Krebsfördernde VOCs im Wallis.....	53
LITERATUR.....	55
ABKÜRZUNGEN, EINHEITEN UND SYMBOLE	56
ANHÄNGE	59

ABBILDUNGEN

ABBILDUNG 1 – Die RESIVAL-Messstationen	12
ABBILDUNG 2 – O ₃ , Überschreitungen der Stundennorm nach Konzentrationsklassen	15
ABBILDUNG 3 – O ₃ , Anzahl Stunden >120 µg/m ³	15
ABBILDUNG 4 – O ₃ , monatliche 98-Perzentile	15
ABBILDUNG 5 – O ₃ , Anzahl Stunden über 120 µg/m ³ , regionaler Höchstwert	16
ABBILDUNG 6 – O ₃ , Anzahl Tage mit Stunden >120 µg/m ³ , regionale Mittelwerte	17
ABBILDUNG 7 – O ₃ , maximale Stundenspitzenwerte nach Jahren	17
ABBILDUNG 8 – AOT 40 in den Jahren 1990 bis 2023, regionale Mittelwerte	18
ABBILDUNG 9 – primäre PM10-Emissionen im Wallis 2022	19
ABBILDUNG 10 – PM10, regionale Jahresmittelwerte von 1999 bis 2023	22
ABBILDUNG 11 – PM10, maximale Anzahl Tage > 50 µg/m ³ , regionale Höchstwerte	23
ABBILDUNG 12 – Blei im PM10 von 2001 bis 2023, regionale Mittelwerte	24
ABBILDUNG 13 – Cadmium im PM10 von 2001 bis 2023, regionale Mittelwerte	24
ABBILDUNG 14 – Ergebnisse 2014 - 2022 für PAK und Benzo(A)pyren an der NABEL-Station in Sitten	25
ABBILDUNG 15 – primäre PM2.5-Emissionen im Wallis 2022	26
ABBILDUNG 16 – PM2.5 2018-2023, regionale Jahresmittel in µg/m ³	28
ABBILDUNG 17 - EK, Jahresmittelwerte von 2008 bis 2023	29
ABBILDUNG 18 - EK 2023 in Massongex	30
ABBILDUNG 19 - PM10 PM2.5 2023 in Massongex	30
ABBILDUNG 20 – NO _x , Emissionen im Jahr 2022 im Wallis	31
ABBILDUNG 21 – NO ₂ , Tagesmittelwerte in Sitten und Brigerbad in 2023	33
ABBILDUNG 22 – NO ₂ Jahres- und Regionale Durchschnittswerte von 1990 bis 2023	34
ABBILDUNG 23 – NO ₂ , maximale Anzahl der Überschreitungen der Tagesnorm von 2000 bis 2023	35
ABBILDUNG 24 – NH ₃ , Emissionen Wallis 2022	36
ABBILDUNG 25 – Jährliche im Wallis ermittelte Ammoniak-Konzentrationen 2000-2023	38
ABBILDUNG 26 – Karte der kritischen Werte für gasförmiges Ammoniak in der Schweiz im Jahr 2020	39
ABBILDUNG 27 – Karte der kritischen Belastungen durch Stickstoffdepositionen in der Schweiz im Jahr 2020	40
ABBILDUNG 28 – Staubniederschlag von 1991 bis 2023 regionale Mittelwerte	44
ABBILDUNG 29 – Blei im Staubniederschlag von 1991 bis 2023, regionale Mittelwerte	45
ABBILDUNG 30 – Cadmium im Staubniederschlag von 1991 bis 2023, regionale Durchschnittswerte	45
ABBILDUNG 31 – Zink in µg/(m ² ×d) im Staubniederschlag von 1991 bis 2023, regionale Durchschnittswerte	46
ABBILDUNG 32 – NMVOC-Emissionen (VOC ausser Methan) im 2022	47
ABBILDUNG 33 – Benzol, Jahresmittel	48
ABBILDUNG 34 – Benzol, Monatsmittel 2023	48
ABBILDUNG 35 – Tageswerte von Benzol im Jahr 2023 bei den 4 Stationen in der Ebene	49
ABBILDUNG 36 – Benzol -Immissionen an der Station Brigerbad im Jahr 2023 (90° = Ost, 270° = West)	50
ABBILDUNG 37 – Benzol-Immissionen an der Station Massongex im Jahr 2023 (0° = Nord, 180° = Süd)	51
ABBILDUNG 39 – Toluol, Monatsmittelwerte 2023	52
ABBILDUNG 38 – Toluol, Jahresmittel	52
ABBILDUNG 40 – Immissionen von Krebsfördernden VOC in der Ebene des Oberwallis im Jahr 2023	54

TABELLEN

TABELLE 1 – Auswirkung der Massnahmen auf die wichtigsten Luftschadstoffe	6
TABELLE 2 – Meteorologische Werte für Sitten*	9
TABELLE 3 – O ₃ , Ergebnisse 2023	14
TABELLE 4 – PM10, Ergebnisse 2023	20
TABELLE 5 – PM2.5, Ergebnisse 2023	27
TABELLE 6 – Elementarer Kohlenstoff (EK), Ergebnisse 2023	29
TABELLE 7 – NO ₂ , Ergebnisse 2023	32
TABELLE 8 – Grobstaubniederschlag und Metallgehalt , im Jahresdurchschnitt 2023	43
TABELLE 9 – Benzol und Toluol, Ergebnisse 2023	48

DAS WESENTLICHE

Ozon (O_3): Die Ozonbelastung beeinträchtigt lebende Organismen und schädigt inertes Material. Ausgedrückt wird sie vor allem durch die Anzahl der Überschreitungen der Stundengrenzwerte. Alle Werte überschreiten die Grenzwerte und sind nicht mit der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) konform. Seit 2000 stagnieren die zu hohen Konzentrationen, mit einigen markanten Anstiegen 2003, 2015, 2018 und 2022. In diesen Jahren gab es Hitzewellen und starke Sonneneinstrahlung. Die allgemeine Entwicklung geht mit der Klimaerwärmung einher und in Richtung einer Zunahme der Anzahl Tropentage mit Höchsttemperaturen von 30°C oder mehr. Diese Bedingungen begünstigen eine anhaltende Produktion dieses sekundären Schadstoffs, der sich in der Luft aus Vorläufergasen und mithilfe der Sonneneinstrahlung bildet.

Stickstoffdioxid (NO_2): Die Jahresmittelwerte sind von 2006 bis 2023 schrittweise gesunken. Daraus ergibt sich ein gesamthafter Rückgang um 51 %. Die 2023 gemessenen Werte sind in allen Regionen die tiefsten seit Messbeginn 1990. Seit 2013 wird der Jahresgrenzwert von 30 µg/m³ an den RESIVAL-Stationen eingehalten. An der eidgenössischen NABEL-Station Sitten Flughafen-A9 wird er seit 2019 eingehalten. NO_2 ist der direkte Vorläufer von O_3 in der Luft, die wir atmen. NO_x ($NO+NO_2$) ist auch an der Versauerung des Regens, an der Eutrophierung von Ökosystemen und an der Bildung von Feinstaub beteiligt.

Staubniederschlag: Nach einer einzelnen Jahresüberschreitung im Jahr 2019 in der ländlichen Region in der Ebene werden die LRV-Normen für die Luftqualität wieder eingehalten.

Feinstaub (PM10, PM2.5): PM10 und seine feinere Fraktion PM2.5 sind die Schadstoffe mit den grössten Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit. Die PM10-Jahresmittelwerte sind seit 2006 gesunken, woraus sich für 2023 ein gesamthafter Rückgang um 46 % ergibt. Ein kleinerer Konzentrationsanstieg wurde von 2020 bis 2022 beobachtet, der hauptsächlich auf die starken Saharasand-Einbrüche zurückzuführen war. Die DUW schätzt, dass diese interkontinentalen Staubeinträge die PM10-Jahresmittelwerte zusätzlich um bis zu 2 µg/m³ erhöhen. Dennoch wird die Jahresbegrenzung seit 2014 eingehalten. Kritischer sind die PM2.5-Jahreswerte. 2022 überschritten sie die LRV-Grenzwerte in der ländlichen Region und 2023 kamen sie ihnen nahe. Im Wallis werden pro Jahr etwa 100 vorzeitige Todesfälle auf PM2.5-Immissionen zurückgeführt.

Immissionsgrenzwerte (IGW): Diese sind in Anhang 7 der LRV enthalten und übernehmen weitgehend die 2005 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) festgelegten Richtlinien. Im Jahr 2021 gab die WHO neue Luftqualitätsstandards heraus, die im Grundsatz dem Umweltschutzgesetz des Bundes entsprechen. Die IGW für Feinstaub und NO_2 sollen sehr deutlich gesenkt werden. 2023 empfahl die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene daher, die IGW der LRV zu ändern. Das Bundesamt für Umwelt beabsichtigt, dies im Laufe dieses Jahrzehnts, d. h. bis 2030, zu tun.

Standort-Typ	Ozon (O_3)	Feinstaub		Stickdioxid (NO_2)	Staubniederschlag
		PM10	PM2.5		
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE					
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE					
STADTZENTRUM					
NÄHE VON INDUSTRIEN					

Obige Tabelle (Erklärung der Piktogramme s. Anhang 4) zeigt, dass die langfristigen LRV-Grenzwerte im Jahresmittel, abgesehen von Ozon im ganzen Kanton und Feinstaub PM2.5 in ländlicher Region in der Ebene, eingehalten werden. Sie werden festgesetzt, um die Auswirkungen regelmässiger Expositionen gegenüber einer starken Luftverschmutzung zu vorzubeugen. Deren Gesundheits- und Umweltschäden sind grösser als bei selteneren und kürzeren Expositionen.

Nach dem Massstab der heutigen IGW werden übermässige Immissionen seit 2014 vermieden, ausser beim O_3 und PM2.5. Dennoch kann es zu anderen lokalen und punktuellen Belastungen kommen, z. B. durch Rauch aus Holzfeuerungen in einzelnen Quartieren. Die unternommenen Anstrengungen müssen fortgesetzt werden, um der gesamten Walliser Bevölkerung **jederzeit und dauerhaft** eine optimale Luftqualität zu gewährleisten.

1. LUFTREINHALTUNG UND PRÄVENTIONSMASSNAHMEN

Die Reichweite von Luftverschmutzung kann lokal oder unbegrenzt sein, je nachdem, ob sie aus einzelnen Anlagen stammt oder aus einer Ansammlung von Anlagen und Verkehrsinfrastrukturen. Wenn der ganze Kanton oder ein erheblicher Teil seiner Bevölkerung von übermässigen Immissionen betroffen ist, verlangt die Luftreinhalte-Verordnung (LRV, SR 814.318.142.1), dass ein Massnahmenplan erstellt und umgesetzt wird. Die Absicht ist, die Verschmutzungswerte zu senken, indem man bei den Emissionsquellen für Luftschatdstoffe ansetzt. Der Plan bleibt so lange in Kraft, wie die Grenzwerte in Anhang 7 LRV nicht eingehalten werden. Im Jahr 2009 verabschiedete der Kanton Wallis einen solchen Plan. Damals überschritten die Jahreswerte für PM10 und Stickstoffdioxid (NO_2) im Wallis die von der Verordnung erlaubten Höchstwerte. Auch beim Ozon wurden während der Spitzenbelastungen von März bis September Überschreitungen der Grenzwerte festgestellt. Tabelle 1 auf der nächsten Seite zeigt die angestrebten Wirkungen des Walliser Plans von 2009. Der Hauptschwerpunkt liegt auf der Verringerung der Verschmutzung durch Feinstaub PM10. Denn PM10, einschliesslich der feineren Staubfraktion PM2.5, ist der Schadstoff mit den grössten Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit. 2013 stufte die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) die Luftverschmutzung vor allem bei vorhandenem Feinstaub als krebsfördernd ein. Ebenfalls angestrebt wird die Verringerung der Belastung durch

Stickoxid (NO_x) und flüchtige organische Verbindungen (VOC). Diese Schadstoffe sind Vorläufer des Ozons, das sich in der Luft, die wir atmen, bildet.

Die Ziele des kantonalen Plans für die Jahreswerte von Stickstoffdioxid (NO_2) und PM10 werden seit 2014 erreicht. Hingegen kommt es beim Ozon weiterhin zu Überschreitungen der LRV-Grenzwerte. Obwohl diese Verschmutzung bezüglich ihrer Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit weniger kritisch ist und nur sporadisch in Abhängigkeit der Wetterbedingungen auftritt, bleibt sie eine bedeutende Nichteinhaltung der LRV-Bestimmungen.

Die neuen, im Herbst 2021 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) erlassenen Leitlinien, stellen die Luftqualitätsziele in Frage. Sie tragen dem Wissen über die Auswirkungen der Luftverschmutzung Rechnung, das seit den vorherigen Leitlinien von 2005 hinzugewonnen wurde. Die neuen WHO-Grenzwerte liegen deutlich unter den Jahreswerten, die 2023 von den Stationen des Walliser RESIVAL-Netzes für PM2.5 und NO_2 beobachtet wurden, zumindest in der Ebene. Wenn die LRV diese Werte übernehmen würde, würden diese Schadstoffe zusammen mit dem Ozon zu den wichtigsten übermässigen Immissionen zählen. Aufgrund ihrer jährlichen Konzentration in der Luft würden sie zu einer chronischen Belastung in Bezug auf die von der WHO nun empfohlenen langfristigen Begrenzungen.

TABELLE 1 – AUSWIRKUNG DER MASSNAHMEN AUF DIE WICHTIGSTEN LUFTSCHADSTOFFE

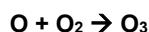
MASSNAHME GEMÄSS KANTONALEM PLAN LRV	LUFTSCHADSTOFFE				
	O ₃	PM10	NO _x	SO ₂	COV
5.1.1. Allgemeine Sensibilisierung und Information		+	+	+	+
5.1.2. Themenpfade, andere Veranstaltungen zum Thema Luft	+	+	+	+	+
5.1.3. Information der Gemeinden über Massnahmen in ihrem Zuständigkeitsbereich	+	+	+	+	+
5.1.4. Kantonale Kommission für Lufthygiene	+	+	+	+	+
5.2.1. Bekämpfung der Abfallverbrennung im Freien		+++	+		
5.2.2. Informations- und Interventionsmassnahmen bei Wintersmog		+++	+		
5.2.3. Informationsmassnahmen bei Sommersmog	+		+		+
5.3.1. Verstärkte Kontrollen	+	+++	+++	+++	+++
5.3.2. Strengere Grenzwerte für grosse Emittenten	+	+++	+++	+++	
5.3.3. Überprüfung der Umweltkonformität eines Unternehmens vor der Gewährung von Steuererleichterungen	+	+	+	+	+
5.4.1. Neue staatliche Dieselfahrzeuge und andere Maschinen, die mit einem Partikelfilter und einem System zur Reduzierung der Stickoxidemissionen ausgestattet sind	+	+++	+++		
5.4.2. Kraftfahrzeugsteuer	+	+++	+++		
5.4.3. Eco-Drive-Fahrkurse	+	+++	+++		+
5.4.4. Subventionierung von Partikelfiltern für land- und forstwirtschaftliche Dieselmotoren		+++			
5.5.1. Heizungssanierungen und Wärmedämmung von Gebäuden		+	+++		
5.5.2. Subventionen gemäss Energiegesetz für die umweltverträglichsten Anlagen		+++	+		
5.5.3. Verkürzung der Sanierungsfristen und Verschärfung der Standards für Holzheizungen		+++			
5.5.4. Subventionierung von Partikelfiltern bei Holzheizungen		+++			

+++ Hauptschadstoffe, auf die die Massnahme abzielt

+ Schadstoffe, deren Rückgang durch die Massnahme begünstigt wird

2. FAKTOR WETTER UND LUFTVER SCHMUTZUNG

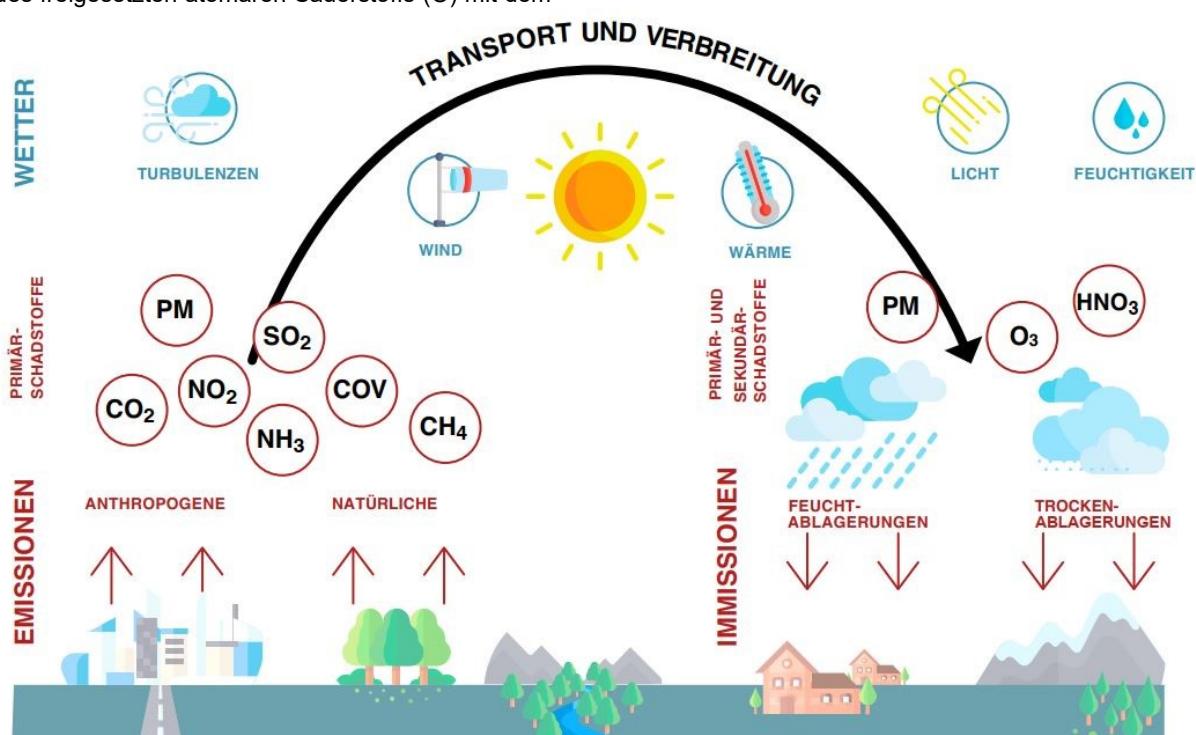
Luftschadstoffemissionen sind entweder anthropogen, d. h. durch menschliche Aktivitäten bedingt, oder natürlich. Sie unterliegen einer Vielzahl von Faktoren, die ihre Konzentrationen an den Orten beeinflussen, an denen sie ihre Wirkung als Immissionen entfalten. Ihr Transport und ihre Verbreitung sind von den meteorologischen Bedingungen abhängig, von Windstärke und -richtung, von Luftfeuchtigkeit und Niederschlag, von Lufttemperatur und Luftdruckverhältnissen. Andere Faktoren haben einen direkten Einfluss auf die Luftchemie und ihre Veränderungen. Insbesondere die Sonneneinstrahlung (symbolisiert durch $h\nu$) ist, über die Photolyse von Stickstoffdioxid (NO_2), für die tageszeitliche Produktion von Ozon (O_3) in der Luft, die wir atmen, verantwortlich. Die Schlüsselreaktionen dafür sind:



Die Gesamtreaktion $\text{NO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}_3$ ergibt sich aus einem ersten Schritt der Photodissoziation von NO_2 durch ultraviolette (UV) Sonnenstrahlung, unmittelbar gefolgt von einem zweiten Schritt, der Bindung des freigesetzten atomaren Sauerstoffs (O) mit dem

molekularen Sauerstoff (O_2) in der Atmosphäre, um so Ozon zu erzeugen. Letzteres wird als Sekundärschadstoff bezeichnet. Beide Stoffe werden in der LRV behandelt. Der eine hält seine Begrenzungen gut ein (NO_2), der andere nicht (O_3). Dies liegt unter anderem an der katalytischen Wirkung von NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) bei der Bildung von O_3 in Gegenwart von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Da das NO_2 nach seiner Spaltung regeneriert wird, ohne Ozon zu verbrauchen, reichen relativ geringe Konzentrationen in der Luft aus, um den sekundären Schadstoff wirksam zu erzeugen. Aufgrund des photochemischen Prozesses spielt die Sonneneinstrahlung eine wichtige Rolle bei dieser Produktion. Bei gutem Wetter und langen Episoden heißer Sommerstage werden die höchsten O_3 -Werte begünstigt. Dieser Prozess erklärt die seit vielen Jahren wiederholten Überschreitungen der LRV-Grenzwerte.

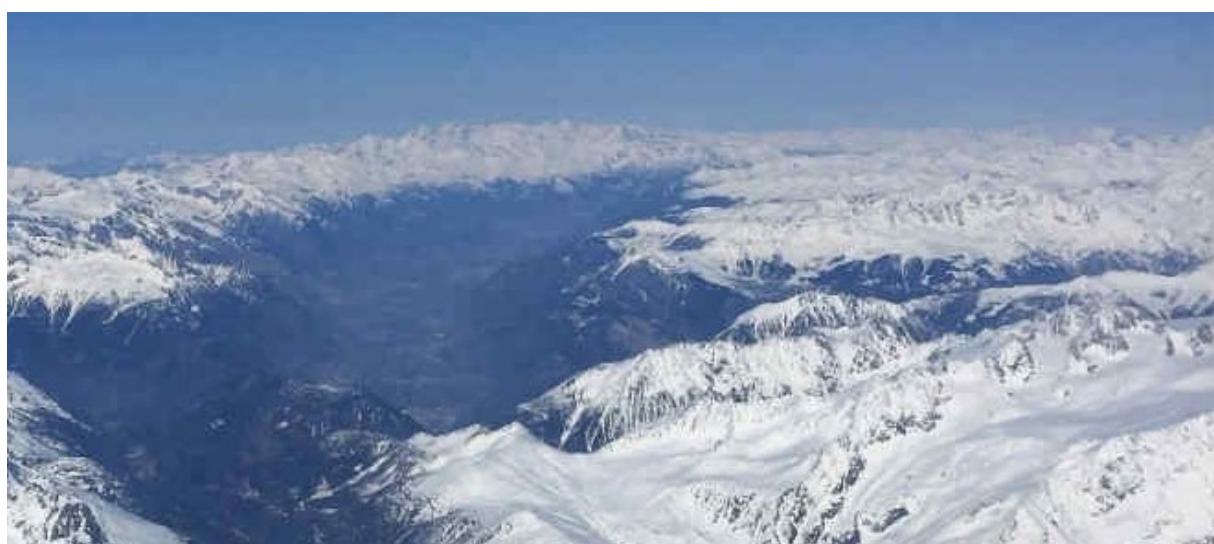
Die folgende Abbildung zeigt die wichtigsten Einflüsse der Wetterbedingungen auf die Luftverschmutzung.



Das geografische Wallis besteht aus einem grossen, abknickenden Zentraltal, das von hohen Bergen bis über 3000 m Höhe umgeben ist, die von Seitentälern durchschnitten werden. Dieses Relief wird von Winden mit unterschiedlicher und manchmal sehr lokaler Dynamik durchzogen. Die Meteorologie unterscheidet zwei Föhntäler im Kanton. Das erste reicht ungefähr von Brig bis Siders, das zweite von Martigny bis Le Bouveret. Bei schwachen Winden wird das Wallis zum Kessel, in dem die Luftverschmutzung vor allem von regionalen Schadstoffquellen und der Atmosphärenchemie beherrscht wird. Bei starken Winden kommt es zu erheblichen Einträgen kontinentaler und transalpiner Schadstoffe. In Fällen mit sehr grosser Reichweite sind sie transkontinental. Einträge von Ozon und seinen Vorläuferstoffen von jenseits des Atlantiks und Saharasand, der von Nordafrika aus als atmosphärischer Staub in grosse Höhen getragen wird, sind solche Phänomene.

Die Walliser Stationen des RESIVAL-Netzes messen die Luftqualität in der atmosphärischen Grenzschicht

(AGS). Diese reicht typischerweise vom Boden bis in eine Höhe von etwa 1500 m. Darüber liegt die freie Atmosphäre, genauer gesagt, die freie Troposphäre, die sich bis zur Tropopause in 10'000 bis 12'000 m Höhe erstreckt. In der freien Atmosphäre ist die Temperatur in einer Luftmasse unter gegebenen meteorologischen Umständen fast konstant, während sie in der AGS im Tag-Nacht-Rhythmus stark schwanken kann. Tagsüber wird der Boden durch die Sonneninstrahlung erwärmt und diese Wärme wird in die AGS zurückgestrahlt. Nachts kühlst sich der Boden ab und gibt dabei Infrarotstrahlung ab. Durch den Kontakt mit der kälteren Bodenoberfläche sinkt die Temperatur der Luft in ihrer Nähe. Die nächtliche Abkühlung ist in trockenen, klaren und windstillen Nächten, wenn die Erdstrahlung wirksam abgeleitet wird. Das folgende Bild zeigt die AGS, in der das RESIVAL-Netz die Luftverschmutzung in der Region Mittelwallis misst. Die Schneedecke beginnt bei etwa 1800 m.ü.M. Die Resival-Stationen messen die Luftqualität unterhalb dieser Höhe.



Die Stabilität der AGS bestimmt massgeblich, ob die Akkumulation von Luftschaudstoffen begünstigt wird oder ob im Gegenteil deren Verteilung und Verdunstung überwiegt. Situationen, die zu Temperaturumkehrn, mit anderen Worten Inversionslagen, führen, erzeugen ab der Inversionsbasis eine sehr stabile Grenzschicht. Ab diesem Punkt nimmt die Temperatur mit der Höhe zu und die kältere und dichtere Luft darunter kommt zum Stillstand. Wenn die Temperatur wieder einen negativen Gradienten erreicht, bei dem sie mit der Höhe abnimmt, kommt die Lufthebung durch Konvektion wieder in Schwung. Die stärksten Luftstabilisierungseffekte treten in winterlichen Hochdruckphasen auf. Die gegenüber der Sommersonnenwende um fast sechs Stunden verkürzte Tagesphase bei der Wintersonnenwende lässt der Sonneneinstrahlung deutlich weniger Zeit, um die Böden und die Luft in den unteren Schichten zu erwärmen. Schadstoffe sammeln sich dann leicht in

den Kaltluftseen an, und an solchen Tagen werden normalerweise die höchsten Luftschaudstoff-konzentrationen beobachtet. Eine bemerkenswerte Ausnahme ist das Ozon, dessen Spitzenkonzentrationen von den sommerlichen Bedingungen der Sonneneinstrahlung und auch der natürlichen VOC-Emissionen gesteuert werden. Auch diesen sind Hochdrucklagen förderlich, die im Gegensatz zur unmittelbaren Umgebung der Tiefdruckzentren relativ wenig dynamisch sind und in denen die Luft zur Stagnation neigt. Die Windturbulenzen der Warm- und Kaltfronten wiederum entstehen aus den allgemeinen Luftmassenströmen von Hoch- zu Tiefdruckgebieten, die durch die Effekte der Erdrotation gekrümmmt werden.

Turbulenzen spielen bei der Vermischung von Luftschaudstoffen eine wichtige Rolle. Anzumerken ist, dass die trockene Luft im Wallis stabile Atmosphären begünstigt. Gestört werden diese von zwei Arten der

Turbulenzen, der oben erwähnten thermischen Turbulenz, der vom Boden aufsteigenden Wärmestromung, und der dynamischen Turbulenz, die in enger Verbindung mit den Windverhältnissen steht. Ihre Effekte bestimmen die Mischungshöhe, d. h. die Höhe, die das Volumen begrenzt, in dem die am Boden emittierten Schadstoffe effektiv vermengt werden. Sie verändert sich im Verlaufe des Tages und kann von 100, 200 bis zu 2000 m über dem Boden liegen. Die RESIVAL-Stationen in der Ebene befinden sich permanent innerhalb des Mischbereichs, die Stationen in der Höhe nur zeitweise. Wenn dies nicht der Fall ist, sind sie hauptsächlich der Verschmutzung ausgesetzt, die von den geostrophischen Winden (Jetstream) herangetragen wird. Dieser zirkuliert in

der freien Atmosphäre, ohne von den Oberflächeneffekten und den Turbulenzen, die in der Mischungsschicht herrschen, gestört zu werden.

Um die kombinierten Auswirkungen des Ausstosses von Schadstoffen in die Luft, der meteorologischen Faktoren und der physikalischen Atmosphärenchemie zu quantifizieren, sind Systeme erforderlich, die auf leistungsstarken Computerressourcen und der Modellierung komplexer atmosphärischer Phänomene basieren. Die folgende Untersuchung des Wetters im vergangenen Jahr beschränkt sich auf die wichtigsten meteorologischen Parameter und erläutert qualitativ ihre wichtigsten Auswirkungen auf die Luftverschmutzung.

TABELLE 2 – METEOROLOGISCHE WERTE FÜR SITTEN*

Meteorologischer Parameter	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Mittlere Temperatur [°C]	11.4	11.0	10.5	11.8	11.5	11.2	11.4	12.5	11.8	11.6	10.3	12.2	11.8
Sonnenscheindauer [h]	2427	2212	2067	2022	2249	2086	2231	2271	2174	2279	2181	2400	2182
Niederschläge [mm]	485	615	568	530	500	587	567	633	608	545	696	486	822

* Jährliche Messwerte der MeteoSchweiz Station Sitten (Höhe: 482 m.ü.M.), indikativ für die Ebene des Mittelwallis
(Quelle: Jährliches Klimabulletin der MeteoSchweiz).

2.1. Das Wetter im Jahresverlauf 2023

2.1.1. ÜBER DAS GANZE JAHR

Laut dem Klimabulletin von MeteoSchweiz für das Jahr 2023 lag die mittlere landesweite Jahrestemperatur mit 7.2°C 1.4°C über der Norm 199-12020 (Durchschnitt aus 30 Jahren). Nach 2022 ist dies der zweithöchste Wert seit Beginn der Messungen im Jahr 1864. Die acht wärmsten Jahre wurden nach 2010 verzeichnet. Nach einer 2021 eingelegten Pause nahe an der Norm schreitet die Klimaerwärmung voran. Einen ersten Wärmeschub erlebte die Schweiz von 1985 bis 1995, seit 2010 zeigt sich nun eine zweite Episode. Von der vorindustriellen Periode 1871-1900 bis zur jüngsten von 1994 bis 2023 stieg die Jahrestemperatur in der gesamten Schweiz um durchschnittlich 2.1°C an. Diese Klimaänderung hat keinen direkten Zusammenhang mit der Luftverschmutzung, die durch die LRV geregelt wird. Hingegen haben bestimmte Wetterereignisse, die durch die globale Erwärmung beeinflusst werden, markante Auswirkungen auf die Luftqualität. Ein auffallendes Ereignis des Jahres 2023 waren die sehr ergiebigen Niederschläge im November, die im Wallis zwei- bis

viermal höher waren als die Norm 1991-2020. Eine solch anhaltende Auswaschung führt zu einer starken Reduktion der Luftverschmutzung durch nasse Deposition. Zu dieser Tatsache ist ein aufschlussreicher Kommentar von MeteoSchweiz zu erwähnen. Darin wird angemerkt, dass in einem insgesamt wärmeren Klimakontext die Oberflächentemperatur der Ozeane sowie der unteren Schichten der Atmosphäre höher ist. Daher ist die Verdunstung aus den Ozeanen grösser und gleichzeitig die Kapazität der wärmeren Atmosphäre, Wasserdampf als Vorläufer von Niederschlag zu fassen, höher. Der Klimawandel verstärkt daher das Potenzial für starke Niederschläge und macht sie wahrscheinlicher als im Klima davor. Es wird davon ausgegangen, dass solche Episoden in der kalten Jahreszeit von Oktober bis März vermehrt auftreten.

In Sitten entsprach der Niederschlag 2023 138 % des Durchschnitts seit 2013 (11-jähriger Durchschnitt). Geht man etwas weniger weit zurück als der 30-Jahres-Standard von MeteoSchweiz, so lag die Temperatur in der Walliser Hauptstadt in diesem Jahr bei

103 % und die Sonnenscheindauer bei 99 % des Durchschnitts 2013-2023. Abgesehen von der Niederschlagsmenge waren die Jahreswerte 2023 im Vergleich zum Durchschnitt der vergangenen Jahre recht normal. Die Temperatur in Sitten liegt in einem

2.1.2. VON JANUAR BIS MÄRZ

Vom 1. bis 21. Februar schien die Sonne im Wallis fast ununterbrochen. In ländlichen Regionen in der Höhe erreichte die Ozonbelastung in diesem Monat die Marke von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für die LRV-Begrenzung des 98%-Perzentils (P98, Abb. 4). Der März war relativ mild. Die ersten Überschreitungen der Ozon-Stundengrenzwerte traten in ländlichen Regionen in der Höhe auf (Abb. 3), während in den anderen Regionen die $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -Marke für das P98 ebenfalls

Kalenderjahr zwischen 4 und 6 °C über dem nationalen Wert. Dieser Unterschied wird durch die geografische Lage bedingt.

2.1.3. VON APRIL BIS JUNI

Der April war besonders sonnenarm, mit nur 60 bis 80 % der Norm 1991-2020 in weiten Teilen des Landes. Im Wallis blieben die Ozonwerte in etwa auf dem Niveau des Monats März. Der Mai war weniger niederschlagsreich als die beiden Vormonate, aber es gab nicht viel Sonne. Erst im Juni mit anhaltendem Hochdruckwetter, das viel Sonne und nur wenige Regentage brachte, stiegen die Ozonwerte deutlich an.

überschritten wurde, ausser in Stadtzentren. An der Feinstaubfront registrierte MeteoSchweiz im März fünf Tage mit Saharasand-Einbrüchen. Die Feinstaub-Tageswerte überschritten jedoch die Tagesbegrenzung für PM10 an den Resival-Stationen nicht. Es handelte sich nicht um massive Einbrüche von interkontinentalen Partikeln. Hohe PM2.5-Werte, die über dem WHO-Limit von 2005 lagen, wurden vom 2. bis 4. März beobachtet, als mässige Einbrüche gemeldet wurden.

Saharasand wurde an zwei Tagen im April und an zwei weiteren Tagen im Mai gemeldet. Auf dem Jungfraujoch blieben die PM10-Werte aber nahe am Jahresdurchschnitt. In den letzten 10 Tagen des Monats Juni wurden jedoch hohe Konzentrationen gemessen. Im Wallis wurden allerdings keine Überschreitungen der Tagesgrenzwerte für PM10 festgestellt. Doch am 29. Juni überschritten die PM2.5-Konzentrationen in Saxon und Montana die kritische Schwelle von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

2.1.4. VON JULI BIS SEPTEMBER

Vom 9. bis 11. Juli wurde die Schweiz von einer ersten Hitzewelle mit Tageshöchsttemperaturen von 33 bis 36 °C heimgesucht. Ab dem 12. August wurde das Land von einer weiteren Hitzeperiode erfasst. Sie intensivierte sich, nachdem sich ab dem 18. August eine Hitzekuppel gebildet hatte, und erreichte am 24. August ihren Höhpunkt. Die Schweiz hatte noch nie eine so lange und intensive Hitzewelle zu dieser Jahreszeit erlebt. In der Nacht vom 20. auf den 21. August 2023 erreichte die Nullgradgrenze über der Schweiz die Rekordhöhe von 5298 m. ü. M. Der bisherige Rekord von 5184 m. ü. M., der am 25. Juli 2022 aufgestellt worden war, wurde deutlich übertroffen. Dennoch waren die Ozonwerte nicht besonders hoch. Im Juli und August wurde das schöne Wetter immer wieder von Regenfällen unterbrochen, und die Sonnenstunden am Tag lagen deutlich unter der maximalen Tageslänge. Diese Tage mässigten die Konzentrationen des Schadstoffs.

Am 17. Juli brach im Oberwallis ein Waldbrand aus, der sich rasch über eine grosse Fläche ausbreitete. 130 Hektar und 50'000 Bäume brannten. Die Löscharbeiten erforderten den Einsatz von Helikoptern und dauerten mehrere Tage. Es wird mindestens ein Jahrhundert dauern, bis sich der Wald wieder erholt

hat. Laut Experten werden 90 % der Waldbrände direkt oder indirekt durch den Menschen verursacht. In Trockenperioden ist besondere Aufmerksamkeit geboten, um sie zu vermeiden. In den beiden Zeiträumen im Jahr 2023, in denen das generelle Feuerverbot galt, vom 20. Juli bis 8. August und dann vom 22. bis 29. August, wurden mehrere Verstösse festgestellt. Diese Feuer im Freien waren nicht nur verbitterweise entfacht worden, sie wurden auch unbefüchtigt gelassen. Die Folgen können für Hektaren von Wald verheerend sein.

Eine sehr milde und sonnige Periode in der ersten Septemberhälfte führte zum wärmsten September in der Schweiz. Diese Verhältnisse reichten aus, um die Ozonwerte über den LRV-Begrenzungen zu halten.

Von Juli bis September wurden an 13 Tagen Saharestaub-Einbrüche gemeldet. In dieser Zeit wurden auf dem Jungfraujoch hohe PM10-Konzentrationen beobachtet. Abgesehen von einer Überschreitung der LRV-Grenzwerte für diesen Schadstoff am 24. August in Massongex wurden an den Resival-Stationen in diesem Quartal keine weiteren Überschreitungen verzeichnet. Wie im ersten Quartal handelte es sich nicht um massive Einbrüche von interkontinentalen Partikeln, obwohl deren Häufigkeit in den drei Sommermonaten recht hoch war. Vom 23. bis 27.

August führten wiederholte Einbrüche zu PM10-Werten von etwas über $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf dem Jungfraujoch,

während im Zentralwallis die täglichen PM2.5-Konzentrationen bis zu $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ erreichten.

2.1.5. VON OKTOBER BIS DEZEMBER

Eine sehr milde und sonnige Periode in der ersten Oktoberhälfte führte zum zweitwärmsten Oktober seit Beginn der Messungen in der Schweiz. Die Ozonwerte blieben jedoch unter den LRV-Begrenzungen, da die Sonnenscheindauer am Tag nach der Herbst-Tagundnachtgleiche stark verkürzt ist. In der zweiten Oktoberhälfte sorgte eine feuchte Südwestströmung für eine dreitägige Periode mit starken Niederschlägen in der Westschweiz. Im November führte anhaltend feuchtes Wetter zu starken und grossflächigen Niederschlägen. Im Dezember, dem ersten Monat des meteorologischen Winters, herrschte vom 8. bis 15. Dezember eine West- bis Nordwestströmung, die kontinuierlich milde und feuchte Luft gegen die Alpen führte. Es fielen erneut beträchtliche Regenmengen. Im Wallis übertrafen die monatlichen Mengen im November und Dezember die Norm 1991-2020 bei weitem. Die häufigen und oft intensiven Niederschläge

von Mitte Oktober bis Mitte Dezember führten zu einer niedrigen Luftverschmutzung.

Für Oktober wurden elf Tage mit Saharasand-Einbrüchen gemeldet. In diesem Zusammenhang kam es an den Stationen Montana und Brigerbad am 10., 12. und 13. Oktober zu Überschreitungen der LRV-Begrenzungen für PM10. Im November gab es noch fünf weitere Einbrüche, die jedoch keine Überschreitungen an den Resival-Stationen verursachten. Im Dezember wurden keine Überschreitungen festgestellt. Die Station Massongex verzeichnete jedoch am 18., 26., 29. und 30. Dezember Überschreitungen der täglichen PM10-Grenzwerte, wobei auch die PM2.5-Werte sehr hoch waren. Diese Überschreitungen sind nicht auf interkontinentale Partikel zurückzuführen, sondern auf eine regionale Verschmutzung.

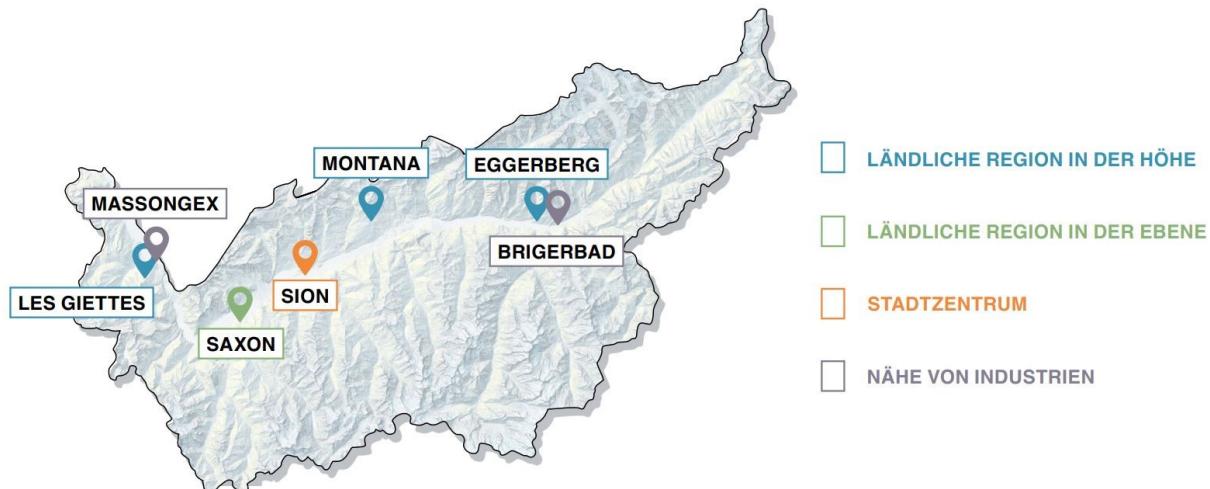
3. RESIVAL

Das RESIVAL-Messnetz (Abbildung 1) soll eine objektive Beurteilung der Schadstoffniveaus im gesamten Kantonsgebiet ermöglichen. Die Messstation Montana wurde ursprünglich speziell für die nationale Sapaldia-Untersuchung eingerichtet. Im Einvernehmen mit der Leitung dieser Untersuchung beschloss der Kanton 2015 die Messstation offiziell in das kantonale Messnetz zu integrieren und ihre Messwerte zu veröffentlichen.

Um sie auf einer gemeinsamen Basis mit denen anderer Kantone oder Länder vergleichen zu können, werden die in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgedrückten Ergebnisse in diesem Bericht auf Meereshöhe, bei einem Luftdruck von 1013 mbar und einer Standardtemperatur von 20°C normalisiert. Diese Normierungsberechnung erhöht die Massenkonzentration gegenüber den örtlichen Bedingungen umso mehr, je höher die Station in Metern über dem Meer (M. ü. M.) liegt. Bei den im Wallis vorhandenen Druck- und Temperaturwerten beträgt die Abweichung nicht mehr als $\pm 25\%$.

Jede Messstation repräsentiert einen Walliser Standort-Typ: ländlich in der Höhe, ländlich in der Ebene, Nähe von Industrien und Stadtzentrum. Das Netz will das Verschmutzungsniveau von Referenzregionen charakterisieren. Diese Überwachung erfolgt im Sinne des Auftrags von Art. 27 LRV im öffentlichen und allgemeinen Interesse. Die grösste Aufgabe in diesem Sinne kommt der Messstation Saxon zu, die nach einer Analyse der Redundanzen zwischen den vorherigen Stationen für die ländliche Region in der Ebene nun alle diese Regionen im Kanton repräsentiert. Sie sind im Wallis sehr ausgedehnt und dienen verschiedenen Nutzungen, wenn auch hauptsächlich landwirtschaftlichen. Wenn die Messergebnisse vor allem eine lokale Situation in der Region Saxon darstellen, müssen sie gegenüber den anderen ländlichen Regionen der Rhoneebene relativiert werden. Der Bericht informiert den Leser bei Bedarf darüber.

ABBILDUNG 1 – DIE RESIVAL-MESSSTATIONEN



4. OZON – O₃

4.1. Steckbrief

Die Ozonbildung in unserer Umwelt erfolgt auf zwei unterschiedliche Arten:

- In der Stratosphäre, in einer Höhe von über 10-12 km, bildet sich Ozon durch die Absorption der Sonnenstrahlung. Diese Schicht, die uns vor den aggressivsten ultravioletten Strahlen schützt, wird durch den Ausstoss chlor- oder bromhaltiger Chemikalien abgebaut. Die seit 1979 beobachteten «Ozonlöcher» an den Polen und ein mässiger globaler Rückgang sind die Folge.
- In der Umgebungsluft, die wir atmen, und bei Tageslicht bildet sich Ozon aus Stickstoffoxiden (NO_x) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Und um dieses bodennahe Ozon, das als Hauptbestandteil des Sommersmogs schädlich ist, geht es in diesem Kapitel.

Mit seinen stark oxidierenden Eigenschaften schadet Ozon menschlichem, tierischem und pflanzlichem Gewebe. Es beeinträchtigt die Atemwege und das Herzkreislaufsystem. Das irritierende Gas dringt bis tief in unsere Lungen (in die Lungenbläschen) ein, wo es Entzündungsreaktionen auslösen kann. Die deutlichsten Symptome beim Menschen treten bei Konzentrationen von über 120 µg/m³ auf und äussern sich bekanntmassen als Husten, Asthmaanfälle und Beschwerden bei anhaltender körperlicher Betätigung. Auch Materialien werden von ihm angegriffen, mit Entfärbung als Folge. Vorläufer von Ozon sind die

VOC, die zum einen auf den Menschen, zum anderen auf natürliche Quellen zurückzuführen sind. Massgebend sind im Wallis letztere (s. Abb. 32).

Ozon ist ein Sekundärschadstoff, der sich aus Vorläuferstoffen bildet, die zu einem Grossteil auf den Menschen, d.h. auf anthropogene NO_x-Emissionen aus Verbrennungsprozessen, zurückzuführen sind. Der Ort, wo es seine Wirkung entfaltet, kann sich in beträchtlicher Entfernung zum Ort der verursachenden Luftschadstoffquelle befinden. An Tagen mit starker Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen sind die O₃-Konzentrationen am höchsten. Eine drastische Senkung der NO_x könnte die Einhaltung der LRV-Grenzwerte im Wallis gewährleisten.

Die Problematik des Ozons ist kontinentaler bzw. transkontinentaler Natur. Auf dieser Ebene spielen auch das Kohlenmonoxid (CO) und das Methan (CH₄) eine Rolle bei seiner Entstehung, da sie hauptsächlich die Hintergrundkonzentrationen bestimmen.

In Bodennähe löst sich Ozon wieder auf, vor allem durch Oberflächendeposition oder durch Titrationsreaktionen mit NO aus lokalen Quellen. Es bildet sich NO₂ (NO + O₃ → NO₂ + O₂). Unter Einwirkung von Sonnenlicht und durch NO₂-Photolyse ist diese Reaktion generell reversibel. Das Gleichgewicht, das sich bei einer gegebenen Sonneneinstrahlung zwischen NO, NO₂ und O₃ einstellt, nennt man den photostatischen Zustand.

OZON – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK	
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	
STADTZENTRUM	
NÄHE VON INDUSTRIEN	



Im Wallis sind die natürlichen VOCs, die von der Vegetation abgegeben werden, wichtige Vorläuferstoffe für die O₃.

4.2. Ergebnisse 2023

Ozon-Immissionen belasten das gesamte Kantonsgebiet, und die Grenzwerte werden sowohl in der Stadt als auch auf dem Land, in der Ebene wie in der Höhe, überschritten.

Die LRV-Grenzwerte verlangen zum einen, dass die Stundenwerte die Schwelle von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (60 ppb) nicht mehr als einmal pro Jahr überschreiten und zum anderen, dass 98 % der Halbstundenmittelwerte eines Monats (P98) nicht über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb) liegen dürfen. Das P98 oder monatliche 98%-Perzentil ist überschritten, wenn die Konzentrationen während knapp 15 Stunden – aufeinanderfolgenden oder nicht – in einem Monat über dem Grenzwert liegen. Dieses Ergebnis ist ein Indikator für wiederholte Ozonbelastungen. Mit mehr als 2 Monaten (2023: 5 bis 8) und über 10 Stunden (2023: 113 bis 281) pro Jahr, in denen die Grenzwerte in allen Regionen überschritten werden (Tab. 3), ist **die Luftqualität in Bezug auf Ozon als klar unzureichend zu beurteilen**.

In Bezug auf die Anzahl Überschreitungen des Stundengrenzwertes führt die Station Saxon die Rangliste an, gefolgt von Massongex und Montana. Die ausgeprägten Schwankungen zwischen den drei Stationen

in der Höhe lassen sich vor allem durch die wechselhafte Bewölkung erklären, welche die für die regionale Ozonbildung notwendige Sonneneinstrahlung beeinflusst. Luft, die stark von direkten NO-Quellen wie dem Strassenverkehr und Brennstoffheizungen beeinflusst wird, enthält aufgrund der Titrationsreaktion verringerte Ozonwerte. Von den Stationen in der Ebene ist Sitten oft diejenige, wo dieser Effekt am stärksten wirkt. Im Jahr 2023 wies sie im Vergleich zu den anderen drei Messstationen die niedrigsten Überschreitungswerte auf. Die Überschreitungen der Stundengrenzwerte lagen zwischen 120 und $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Jahr 2023 gab es nur an der Station Massongex welche im Bereich von 160 bis $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abbildung 2). Dort wurde der höchste Wert von $168 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am 24. August von 17 bis 18 Uhr auf dem Höhepunkt der Hitzekuppel gemessen. Die höchsten Stundenwerte der anderen Stationen wurden im Juni gemessen. Ab Oktober wurde angesichts der stark verkürzten Tageslänge die Begrenzung von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wieder eingehalten (Abbildung 3). Im Wallis wurden die Stundengrenzwerte hauptsächlich vom 28. Mai bis 28. Juni, vom 19. bis 25. August und vom 5. bis 12. September überschritten. Im Mai und Juni 2023 wurden an 11 Tagen an allen Resival-Stationen Stunden mit mehr als $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ozon gemessen.

TABELLE 3 – O_3 , ERGEBNISSE 2023

REGIONEN	STATIONEN	O_3				
		Anz. Stunden $> 120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Anz. Tage mit Std. $>120 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Maximaler Stundenwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anz. Monate mit P98 $>100 \mu\text{g}/\text{m}^3$	P98 % Monats- höchstwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	113	32	141	8	137
	Eggerberg	187	38	148	7	140
	Montana	209	36	147	7	140
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	281	47	154	7	147
STADTZENTRUM	Sion	128	29	145	5	135
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	237	52	168	6	143
	Brigerbad	143	28	147	7	136
LRV-NORM		1		120	0	100

ABBILDUNG 2 – O₃, ÜBERSCHREITUNGEN DER STUNDENNORM NACH KONZENTRATIONSKLASSEN

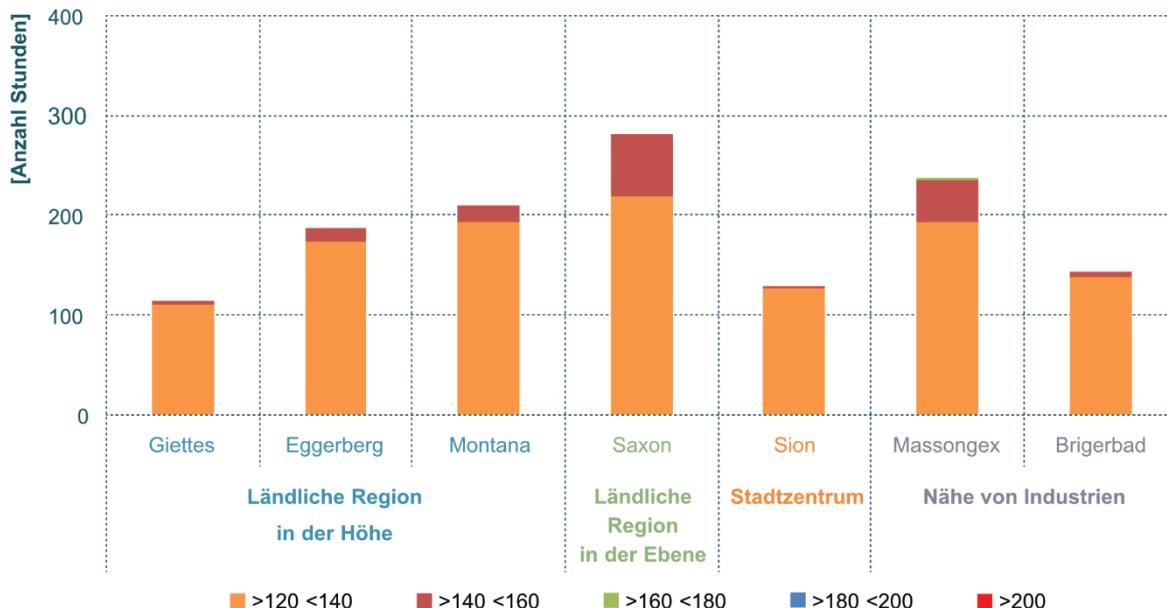
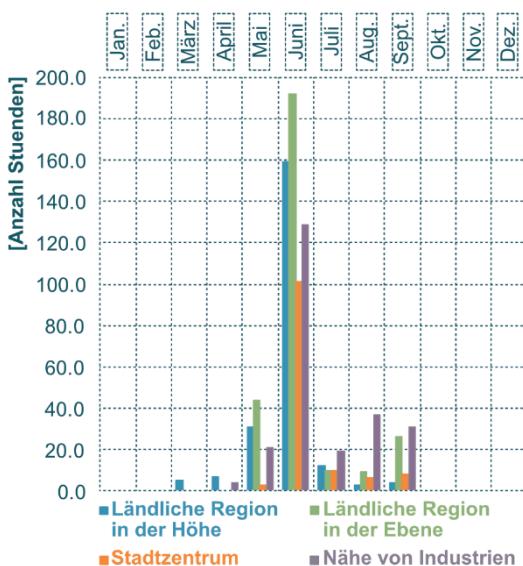


ABBILDUNG 3 – O₃, ANZAHL STUNDEN >120 µg/m³

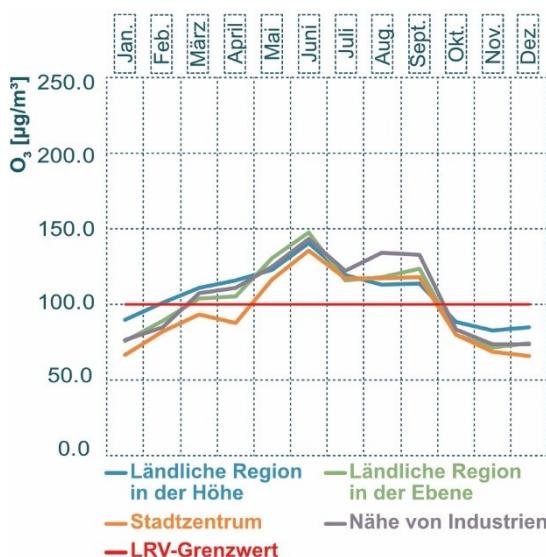


Die monatlichen 98%-Perzentile (P98) liegen von März bis September deutlich über den gesetzlichen Anforderungen (Abbildung 4). Die höchsten Werte wurden alle im Juni verzeichnet.

Im Februar gab es eine erste Überschreitung an der Station Les Giettes. Wenn der transalpine Wind weht, kommt es an dieser Station in der Höhe zu Ozoneinträgen aus den höheren Lagen, wo die Luft ozonreicher ist. An der MeteoSchweiz-Station Evionnaz wurden in diesem Monat 2 ausgeprägte eintägige Föhnphasen gemessen.

Was relativ selten vorkommt: im September wiesen alle RESIVAL-Stationen P98-Werte über dem LRV-

ABBILDUNG 4 – O₃, MONATLICHE 98-PERZENTILE



Grenzwert auf. Dies war auf die sehr sonnige Witterung und die weit überdurchschnittlichen Temperaturen zurückzuführen, die in der ersten Monatshälfte im ganzen Kanton herrschten.

Die P98-Werte halten die LRV-Begrenzung im ersten Monat und im vierten Quartal ein, wenn die Sonneninstrahlung, die für die photochemische Bildung des Schadstoffs notwendig ist, am geringsten ist. Ozon hat einen gegenüber anderen Luftschadstoffen entgegengesetzten Jahresverlauf, deren Konzentrationen im Winter normalerweise höher sind als im Sommer.

4.3. Entwicklung der Immissionen

Aufgrund der Wetterbedingungen im Jahr 2023 stiegen die Ergebnisse wie im Jahr 2022 wieder an, gegenüber den Jahren 2020 und 2021. An der Station im Stadtzentrum Sitten wiederholte sich der Rekord von 2022 nicht, und für 2023 kehrten die Werte zu einem gewöhnlicheren Verlauf zurück. Die Emissionen von Stickstoffmonoxid (NO) bauen Ozon ab, bevor sie sich in Stickstoffdioxid (NO_2) umwandeln. Die Station im Stadtzentrum, die in der Nähe von starkem Strassenverkehr und einer grossen Anzahl von Brennstoffheizungen liegt, weist daher die höchsten NO_2 -Konzentrationen auf (Abbildung 22). Früher emittierten der Verkehr und die Heizungen noch mehr Stickstoffmonoxid, und die Ozonkonzentrationen wurden unter seiner Mitwirkung stärker gesenkt. Aus diesem Grund waren die Grenzwert-Überschreitungen an der Station Sitten im Jahr 2003 mit dessen aussergewöhnlich langen und historischen Sommerhitze deutlich niedriger als an den anderen Stationen.

Die Anzahl Stunden über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt deutlich über derjenigen von 2020 und 2021, die einen deutlichen Rückgang gegenüber den Vorjahren gezeigt hatte (Abbildung 5). Seit 2019 erlebt die ländliche Region in der Höhe einen Aufwärtstrend im Vergleich zu den elf Jahren davor. Die Stationen in der Ebene schliessen sich dieser Entwicklung für den Zeitraum 2013 bis 2023 an. Die von Jahr zu Jahr variierenden Ozonkonzentrationen führen jedoch zu zwischenjährlichen Schwankungen in den Trends. Die Werte für den Zeitraum 2004 bis 2014 erscheinen stabiler als die Werte seit 2015. Eine Rolle spielt dabei, dass die Atmosphäre durch die Auswirkungen des zweiten Klimaerwärmungsschubs im letzten Jahrzehnt und die extremeren Wetterereignisse turbulenter war.

Eine ähnliche Entwicklung war bei der Anzahl Tage mit Stundenwerten über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zu beobachten (Abb. 6). Diese Sichtweise leitet sich aus der vorherigen ab. Wenn die beiden Jahreswerte nahe beieinanderliegen, bedeutet dies, dass es nur wenige Stunden pro Tag gab, an denen der Grenzwert überschritten wurde. Je weiter die Anzahl Tage unter der Anzahl Stunden liegt, desto länger waren die täglichen Überschreitungen. In Saxon wurde 2023 an den 47 Tagen mit einer Überschreitung der Stundenbegrenzung eine durchschnittliche Überschreitung von 6 h pro Tag verzeichnet. An den 8 Tagen mit Überschreitungen im Jahr 2021 waren es 3.8 h. Die Anzahl der Tage und Stunden, an denen die Stundenbegrenzungen überschritten wurden, wies die gleichen Trends auf, ausser in ländlichen Regionen in der Ebene und in der Nähe von Industrien, wo die Anzahl Tage im Zeitraum 2013-2023 stagnierte.

In Bezug auf die stündlichen Ozonhöchstwerte (Abbildung 7) lag das Jahr 2023 nahe am Durchschnitt der fünf vorangegangenen Jahre. Das Jahr 2021 brachte historische Tiefstwerte in den Regionen in der Nähe von Industrien und in ländlichen Regionen in der Ebene. Der Abwärtstrend im gleitenden 11-Jahres-Mittel hält in allen Regionen an, ist aber ziemlich nahe an einer Stagnation.

Hohe Konzentrationen von Ozon und seinen Vorläufergasen in der oberen Troposphäre, die auf ihren Transport aus Nordamerika oder sogar Südostasien zurückgehen, können die Luftverschmutzung in Bodennähe durch den Schadstoffaustausch zwischen hohen und niedrigen Lufschichten, der durch die Berge des Alpenbogens und die Windvermischung begünstigt wird, verschärfen.

ABBILDUNG 5 – O₃, ANZAHL STUNDEN ÜBER 120 µg/m³, REGIONALER HÖCHSTWERT

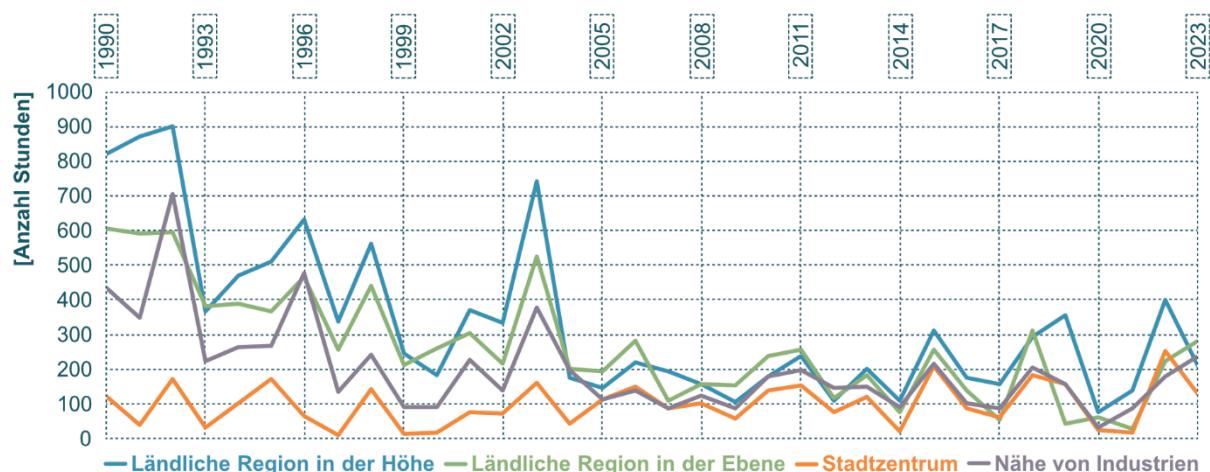


ABBILDUNG 6 – O₃, ANZAHL TAGE MIT STUNDEN >120 µg/m³, REGIONALE MITTELWERTE

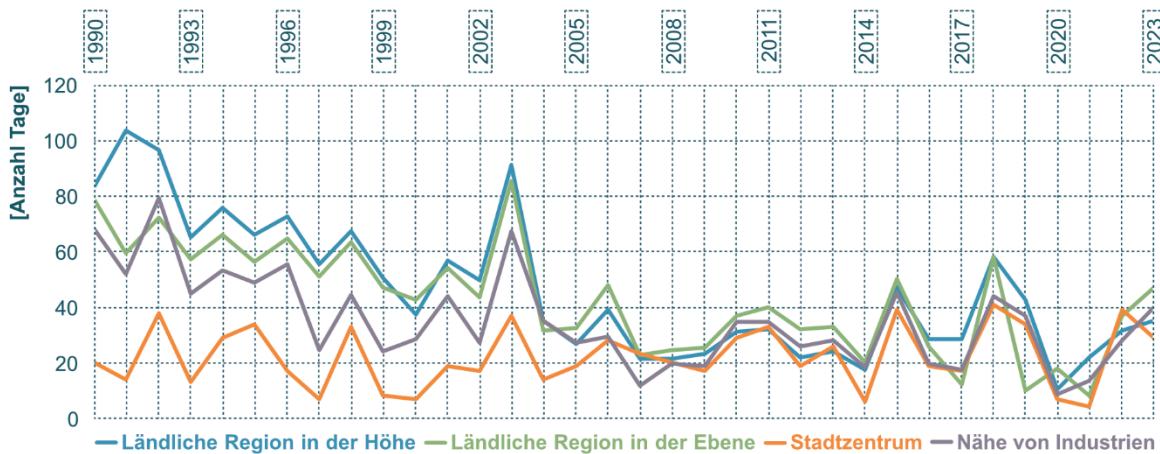
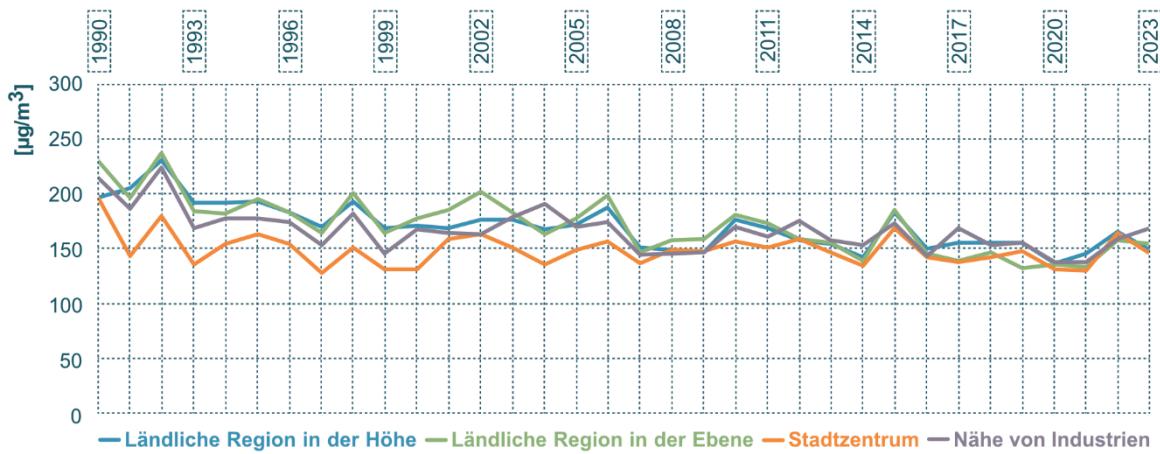


ABBILDUNG 7 – O₃, MAXIMALE STUNDENSPIZENWERTE NACH JAHREN



Die Fähigkeit von Ozon, Infrarotstrahlen in der Troposphäre zu absorbieren, trägt zum Treibhauseffekt

bei. Wenn die Konzentrationen dieses Schadstoffs hoch sind, verstärkt er die globale Erwärmung.

4.4. AOT 40

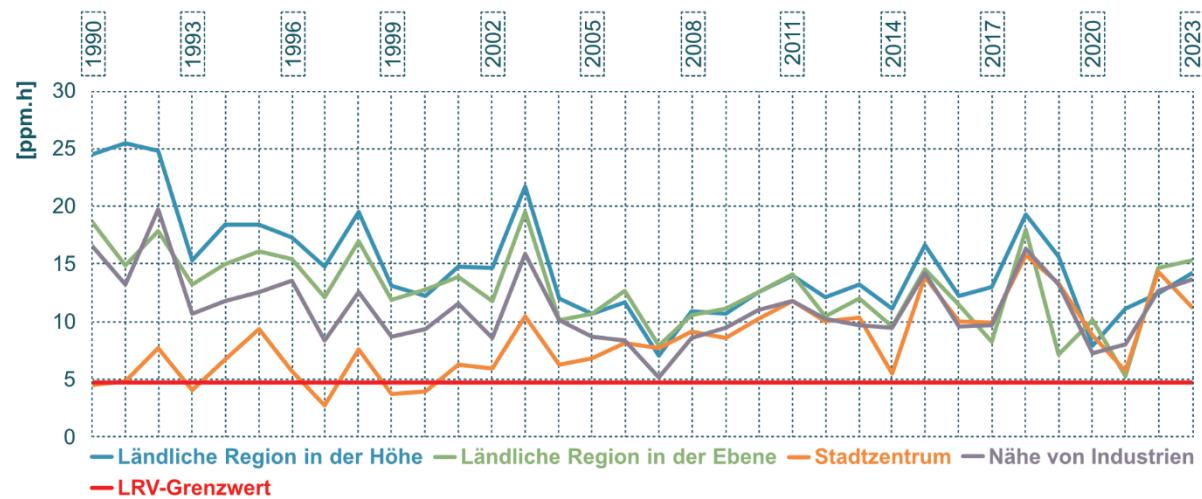
Die Auswirkung von Ozon auf die Vegetation hängt von der Konzentration dieses Schadstoffs während der Wachstumsperiode von Frühjahrsbeginn bis Sommerende ab. Sie wird mithilfe des AOT 40 geschätzt, der der kumulativen Exposition über dem Schwellenwert von 40 ppb im Zeitraum von April bis September entspricht.

Der kritische Wert für den Schutz von Wald und Kulturland liegt bei 5 ppm·h. Bei höheren Konzentrationen leidet die Vegetation: Nekrose auf den Blättern, geringerer Ernteertrag, Schwächung der Wälder. Ozon ist neben Ammoniak und Stickoxiden der schädlichste Luftschaudstoff für Ökosysteme. Die Ozonbelastung führt zu Ertragseinbussen in der Landwirtschaft. Laut einer Studie von Agroscope liegen die durchschnittlichen Ernteverluste bei Weizen in der Schweiz bei etwa 3 %. Je nach Region und

Jahr können sie auch über 10 % betragen, wie das BAFU im Jahr 2022 berichtete [1]. Hohe Ozonwerte beeinträchtigen auch die Biodiversität. Sie wirken sich auf die Zusammensetzung der Pflanzengesellschaften aus und verändern die Blütezeit und die Samenproduktion.

2023 bewegten sich die Konzentrationen zwischen 12 und 16 ppm·h (Abb. 8). Sie liegen um 48 bis 95 % über den Werten der Jahre 2020 und 2021, die ein historisches Minimum in der ländlichen Region der Ebene aufwiesen. Der kritische Wert wurde erneut an allen Standort-Typen deutlich überschritten, wie jedes Jahr seit 2001. Nach einer Beruhigung in den Jahren 2020 und 2021 litten die Kulturen im Tiefland in den Jahren 2022 und 2023 deutlich unter der Ozonbelastung.

ABBILDUNG 8 – AOT 40 IN DEN JAHREN 1990 BIS 2023, REGIONALE MITTELWERTE



Die höchsten Werte, ohne die Station Sitten, resultieren aus Episoden mit ausgeprägter Ozonbelastung, die in sehr sonnigen und warmen Sommern oder bei

starken und langanhaltenden Hitzewellen auftraten, d.h. 2003, 2015, 2018, 2019, 2022 und 2023.

5. FEINSTAUB – PM10

5.1. Steckbrief

Feinstaub bleibt dauerhaft in der Luft schweben und stellt ein zentrales Problem für die Luftreinhaltung dar. Als PM10 werden Feinpartikel mit einem Durchmesser von weniger als zehn Mikrometer ($<10 \mu\text{m}$) bezeichnet. Das menschliche Auge nimmt Staub ab einer Grösse von 10 bis 40 μm wahr. Die Feinstaubbelastung ist daher für das blosse Auge unsichtbar. Doch in Emissionen tritt sie oft mit gröberem Staub zusammen auf, der sie sichtbar macht. Es gibt Primärpartikel, die direkt aus Quellen wie Verbrennung oder Abrieb stammen, und Sekundärpartikel, die durch die physikalische oder chemische Umwandlung von Vorläufergasen in der Atmosphäre entstehen. Verschiedene Nukleations-, Kondensations- und Koagulationsprozesse beeinflussen ihre Grösse. Wenn seine Fraktion kleiner als 2.5 μm ist, dringt Feinstaub bis in die Bronchien und tiefer in die Atemwege ein.

Zu den häufigsten gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch diese Verschmutzung gehören Bronchitis, Husten, Atemnot und Asthma. Sie erhöhen die Sterblichkeitsrate durch Krebs und Herzkrankungen. Eine Studie aus dem Jahr 2013 ergab, dass ein Anstieg von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in weniger als vier Tagen zu notfallmässigen Spitäleinlieferungen führt.

Im Wallis betragen die Emissionen von primären PM10-Partikeln im Jahr 2022 434 Tonnen. 24 % der Emissionen stammen aus dem motorisierten Verkehr, 9 % aus Heizungen, 5 % aus Industrie und Gewerbe und 7 % aus der Natur und der Viehzucht. Andere Quellen, hauptsächlich land- und forstwirtschaftliche Tätigkeiten, Bautätigkeit und Bahnverkehr, sind zu 55 % beteiligt (Abb. 9).

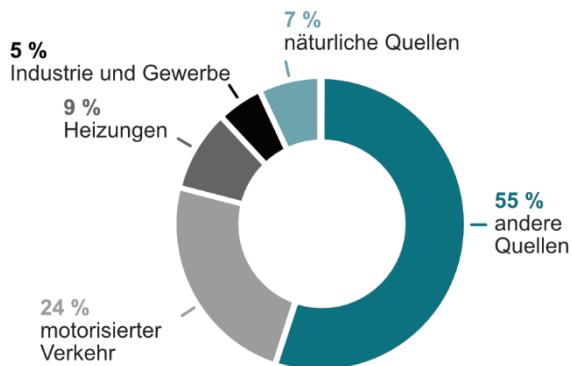
FEINSTAUB PM10 – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK	
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	gut
STADTZENTRUM	gut
NÄHE VON INDUSTRIEN	gut

Fast die Hälfte der PM10-Belastung in der Luft besteht aus sekundären Feinstaubpartikeln, die auch als sekundäre Aerosole bezeichnet werden. Feinstaub enthält zahlreiche chemische Komponenten: anorganische Salze (Sulfate, Nitrate, Ammonium, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Cl⁻), organisches Material und elementaren Kohlenstoff – darunter die krebserregenden polzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffe – mineralische Bestandteile, Schwermetalle (krebserregendes Cd, chronisch neurotoxisches Pb, Fe, Cr, Zn usw.) und viele andere.



Bei den Aktivitäten im Offroad-Sektor wird Staub aus Dieselmotoren und Abrieb freigesetzt

ABBILDUNG 9 – PRIMÄRE PM10-EMISSIONEN IM WALLIS 2022



Andere Quellen: Nicht-Strassenverkehr (Offroad, z. B. Baumaschinen, Werkzeuge und Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft, Luft- und Schienenverkehr), Gastrocknung, Feuer im Freien, Feuerwerkskörper und Lösungsmittel, illegale Müllverbrennung.

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero).

5.2. Ergebnisse 2023

Zur Quantifizierung der PM10-Konzentrationen in der Luft werden mehrere Analysemethoden verwendet. Seit 2023 verwenden die RESIVAL-Stationen nur noch die High Volume Sampler (HVS)-Gravimetrie und die optische Zählung der Partikelzahl (siehe Anhang 2, Tabellen 12 und 13). Die letzten Messergebnisse, die mit Hilfe der Beta-Absorption erzielt wurden, galten für 2022. Um den Jahresvergleich der Zahlen zu gewährleisten, werden die Ergebnisse der kontinuierlichen Messung (optische Partikelzählung, Beta-Absorption) mit den täglichen Proben aus der HVS-Gravimetrie abgeglichen. Hierbei handelt es sich um ein von der EMPA bewilligtes Berichtigungsverfahren.

Der Jahresgrenzwert von $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde an allen Standort-Typen klar eingehalten (Tabelle 4). Dagegen wurde der Tagesgrenzwert von $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Massongex am 24. August und dann am 18., 26., 29. und 30. Dezember, in Montana am 12. und 13. Oktober und in Brigerbad am 10. Oktober 2023 überschritten. Insgesamt zählte RESIVAL 8 Tage mit Überschreitungen. Die LRV toleriert 3 Überschreitungen pro Jahr. Mit 5 Überschreitungstagen weist die Station Massongex also auf eine Situation im Unterwallis hin, die mit der Tagesbegrenzung der LRV nicht konform ist. Dass Saharastaub-Einbrüche (engl. Sand Dust Event, SDE) zu Überschreitungen der LRV-Grenzwerte führen, ist bekannt. Nach dem problemlosen Jahr 2019, in dem es keine Überschreitung der PM10-Begrenzungen gab, waren die folgenden drei Jahre deutlich von massiven SDEs geprägt. Filtert man die Daten mit den Tageswerten von über

TABELLE 4 – PM10, ERGEBNISSE 2023

REGIONEN	STATIONEN	PM10			Blei Jahresmittel Pb [ng/m ³]	Cadmium Jahresmittel Cd [ng/m ³]
		Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anzahl Tage > $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Tageshöchstwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	7.4	0	47	1.1	0.03
	Eggerberg	10	0	47	1.5	0.04
	Montana	10	2	64	0.9	0.02
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	13	0	43	1.8	0.05
STADTZENTRUM	Sion	13	0	46	2.2	0.07
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	15	5	68	1.9	0.05
	Brigerbad	13	1	54	2.0	0.05
LRV-NORM		20	3	50	500	1.5

Die niedrigsten Jahresmittelwerte weisen die Stationen in der Höhe auf, die sich oberhalb der Temperaturkehren befinden, welche im Winter bis auf ca. 1000 m ü. M. liegen und die Luftverschmutzung abfangen. Jener von Les Giettes ist regelmässig der

$10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 an der nationalen Jungfraujoch-Station oder mit einer MeteoSchweiz-Aufzeichnung, die einen SDE identifiziert, dann waren die Tagesüberschreitungen des Jahres 2023 an den RESIVAL-Stationen auf Saharasand zurückzuführen, mit Ausnahme der vier im Dezember in Massongex. Für die Nichteinhaltung der LRV im Jahr 2023 ist eine Verschmutzung mit regionaler Ursache im Chablais verantwortlich. Die Wetterbedingungen in der zweiten Dezemberhälfte in dieser Region, die durch einen sonnigen Wärmeeinbruch mit wenig Niederschlag und Wind bei hohem Luftdruck gekennzeichnet waren, begünstigten zudem die Ansammlung von Feinstaub in der Luft.

Es ist anzumerken, dass an der nationalen Jungfraujoch-Station 2020 12 Tage mit PM10-Konzentrationen über $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verzeichnet wurden, 2021 waren es 20 Tage, 2022 27 Tage und 2023 26 Tage. Je nach Anzahl und Intensität wirkt sich dies auf die PM10-Werte an den Resival-Stationen und mehr oder weniger auf deren Einhaltung der LRV-Begrenzungen aus.

Eine Analyse im RESIVAL-Netz zeigt, dass der Anstieg des PM10-Jahresdurchschnitts aufgrund interkontinentaler Feinstaubeinbrüche, die zu PM10-Tageswerten von über $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Jungfraujoch-Station führen, bis zu +6.5 % im Jahr 2020 (Montana), +15 % im Jahr 2021 (Les Giettes), +18 % im Jahr 2022 (Montana) und +15 % im Jahr 2023 (Les Giettes) beträgt.

niedrigste. Die ländliche Station auf 1140 m Höhe liegt abseits bedeutender lokaler Feinstaubquellen und repräsentiert die Grundqualität der Luft in Höhenlage. Die Mittelwerte von 10 und $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für Montana und Eggerberg sind etwas höher. Die erste

Station grenzt an einen Tourismusort mit einer bedeutenden Anzahl von Verschmutzungsquellen, die insbesondere Feinstaub erzeugen. Die andere liegt im Oberwallis auf 840 m ü. M. und bleibt daher nicht immer von den Auswirkungen der Schadstoffakkumulation bei Inversionslagen verschont. 2023 kann die Feinstaubbelastung in den ländlichen Regionen in der Höhe als gering eingestuft werden. In der Ebene ist sie wieder mässig, nachdem sie 2022 aufgrund der starken SDEs signifikant war.

Die Darstellung der PM10-Belastung weicht von den obigen Schlussfolgerungen ab, wenn man die Tageswerte betrachtet. Die Bandbreite der Höchstwerte reicht von 47 bis 64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Höhe und von 43 bis 68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Ebene und ist vergleichbar. In der gleichen Grössenordnung wurde an 2 Tagen die Tagesbegrenzung in Montana auf 1420 m. ü. M. überschritten, gegenüber 0 bis 5 Tagen in der Rhoneebene. Aus dieser Nähe betrachtet, ist die Luftqualität in den Bergen also nicht besser. Diese Beobachtung lässt sich mit den Saharasand-Einbrüchen oder anderen internationalen Phänomenen erklären, deren Verschmutzung in die höheren Lagen getragen wird. Die Stationen im Gebirge sind nicht besser davor abgeschirmt. So berichtete MeteoSchweiz in ihrem Blog vom 20. Mai 2023 von Saharasand-Einbrüchen bis in die Südalpen. Die Visualisierungen der Staubfahne zeigten jedoch, dass sie die Schweiz nur am Rande berührte. Am 28. Mai, 7. und 26. Juni sowie am 2. Oktober 2023 berichteten die Blogs von Feinstaubeinträgen bis nach Europa durch Waldbrände seltenen und immensen Ausmasses in Kanada. Tatsächlich registrierte die nationale Jungfraujoch-Station von Juni bis Oktober 25 Tage mit PM10-Konzentrationen über 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einem Jahresdurchschnitt von 3.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Abgesehen von einem Tag im August in Massongex und drei Tagen im Oktober in Montana und Brigerbad waren die RESIVAL-Stationen von diesen Einträgen aus grosser Entfernung nur geringfügig betroffen.

Von März bis Mai ist die Luft im Wallis Schauplatz von Episoden zur Bekämpfung von Frühlingsfrost, der die Obstproduktion beeinträchtigt. Zu den Mitteln, die dafür eingesetzt werden, gehören durchaus auch luftschonende Techniken, wie etwa die Frostschutzberegnung mit Wasser. Andere Methoden hingegen schaden der Luft. Dabei handelt es sich vor allem um die Verwendung von Paraffin-Frostschutzkerzen. Sie setzen schädliche Rauchgase frei, die krebsverursachende Russ verstreuen. Seit 2014 werden in den Berichten zur Luftqualität Tagesgrenzwert-Überschreitungen für PM10 im RESIVAL-Netz festgestellt, die auf die Verwendung von Frostschutzkerzen zurückzuführen sind. Sie sind an der Station Saxon zu beobachten, die in einem Gebiet mit relativ dichtem Obstanbau liegt. Im Jahr 2023 wurden in der Nacht

vom 27. auf den 28. März Frostschutzkerzen angezündet, was zu einem mässigen Tagesmittelwert von 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ führte. Dann herrschte in den ersten 10 Tagen des Monats April Frost. Doch der höchste Tageswert in Saxon wurde am 6. April mit 23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Die Tagesbegrenzung wurde während der gesamten Frostperiode im Frühling weitgehend eingehalten.

Eine Studie der DUW im Auftrag der kantonalen Dienststelle für Landwirtschaft ermittelte einen Massenstrom der Staubemissionen pro Frostkerze von 1 g pro Stunde im besten Fall (perforiertes Holzpelletetrohr) und bis zu 7 g pro Stunde im schlechtesten Fall (Paraffin-Frostkerzen aus Erdölfraktionen, aber auch aus handwerklich hergestelltem Kerzenwachs). Wenn man von einem strikten Minimum von 200 Frostschutzkerzen pro Hektar ausgeht, um den Frost mit einiger Wahrscheinlichkeit erfolgreich zu bekämpfen, belaufen sich die Russemissionen auf mindestens 200 g pro Stunde und Hektar. Dies ist der Schwellenwert, den die LRV für eine Begrenzung der Konzentration von Staubaerosolen aus stationären Anlagen festlegt. Im Fall der Frostkerzen wird dieser Wert erreicht, obwohl die von ihnen erzeugte Wärme im Hinblick auf die zu schützenden Früchte enorme Verluste aufweist, wie der MeteoSchweiz-Blog vom 3. April 2023 unterstreicht. Die DUW rät, auf Frostkerzen zu verzichten, soweit es technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Die mobile Station Baltschieder westlich von Visp verzeichnete im Jahr 2023 einen PM10-Jahresmittelwert von 15.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sie liegt etwas höher als die der RESIVAL-Stationen, und es handelt sich um eine signifikante Belastung. Ebenso der höchste Tageswert von 82 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der am 13. März auftrat. Ihm war am Vortag ein Spitzenwert von 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ vorausgegangen. Ein weiterer Tageshöchstwert von 61 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ am 1. Juni trat ebenfalls nur an dieser Station auf. Es muss sich um eine ausgesprochen lokale Verschmutzung gehandelt haben. Denn die Station Brigerbad, knapp 4 km östlich, und die Station Eggerberg, knapp 200 m höher, wiesen an diesen drei Tagen niedrige PM10-Werte auf. Eine nahegelegene Baustelle oder unerlaubte Feuer im Freien könnten diese Spitzenwerte in Baltschieder erklären. Der Wert von 54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ am 24. August ist hingegen einem interkontinentalen Feinstaubereignis zuzuordnen, das auf dem Jungfraujoch registriert wurde. Es führte auch zu einer Überschreitung der Tagesbegrenzung in Massongex. **Im gesamten Jahr 2023 wurde an der mobilen Station in Baltschieder an 4 Tagen eine Überschreitung des LRV-Grenzwertes von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ festgestellt. Die Situation an diesem Ort entspricht ebenfalls nicht den Anforderungen der LRV.**

5.3. Entwicklung der Immissionen

Alle Werte seit 1999 wurden mittels der Gravimetrie-Referenzmethode (s. oben) ermittelt und sind daher direkt vergleichbar. Insgesamt haben sich die PM10-Konzentrationen zwischen 1999 und 2006 nur geringfügig verändert. Seit 2006 lässt sich an allen Standort-Typen im Jahresmittel eine klar rückläufige Entwicklung beobachten (Abb. 10), was auch der landesweiten Tendenz (s. Ergebnisse NABEL [1]) entspricht. Der deutliche Rückgang von 2023 gegenüber 2006 fiel mit -37 % in den ländlichen Regionen in der Höhe am moderatesten aus, mit -51 % im Stadtzentrum am stärksten. 2023 wurde die Jahresbegrenzung, d.h. der Langzeit-Grenzwert, an allen RESIVAL-Stationen im Kanton seit 2014 zum zehnten Mal in Folge eingehalten. Seit 2016 stagnieren die Werte in der Ebene mit einem Tiefstwert im Jahr 2019 und steigen in den ländlichen Regionen in der Höhe wieder an. Diese Entwicklung wird zu einem Grossteil von den drei Jahren 2020 bis 2022 bestimmt, in denen es zu grösseren Ereignissen von Saharasand-Einbrüchen kam.

2017 nahm die Zahl der Tageswert-Überschreitungen nach häufigen Inversionslagen im Januar und Februar wieder einen Aufschwung. 2019 wurde zum ersten Mal seit Messbeginn 1999 an keiner RESIVAL-Station ein Tageswert über der LRV-Norm gemessen. 2020 konnte dieses hervorragende Ergebnis nicht wiederholt werden, aber die Anzahl der Überschreitungen pro Station und Standort-Typ lag innerhalb der seit der LRV 2018 geltenden Toleranz von maximal 3 Tagen. Seit 2021 sind wieder

Verstösse gegen die LRV zu beobachten. So 2021 an den Stationen Saxon und Brigerbad, mit Überschreitungen an 4 Tagen. 2022 an den Stationen Montana und Brigerbad an 5 Tagen. 2023 in Massongex mit Überschreitungen an 5 Tagen (Abbildung 11). Im Gegensatz zu 2021 und 2022 lässt sich die Nichteinhaltung der Grenzwerte im Jahr 2023 nicht durch massive Saharasand-Einträge erklären. Holzheizungen und der Strassenverkehr in der Region Chablais könnten die Hauptursache für die übermässigen Immissionen im Dezember 2023 gewesen sein.

Saharasand ist eine natürliche Verschmutzung, die aus mikroskopisch kleinen Quarzkörnern besteht. Ihre Grösse reicht bis zu 100 µm bei feinem Sand und macht die Atmosphäre undurchsichtig. Sie verursachen Gesundheitsschäden durch Entzündungen der Atemwege. Die markantesten Ereignisse sind gewöhnlich von Februar bis April zu beobachten. Sie treten aber auch in den übrigen Monaten des Jahres auf. Die globale Erwärmung und die entsprechenden Wetterlagen scheinen den interkontinentalen Transport von Mineralstaub durch die höhere Energie in der Atmosphäre zu begünstigen. Es ist jedoch noch zu früh, um Aussagen über signifikante Veränderungen der Winde zu treffen, die mit der globalen Zirkulation der Atmosphäre und den Emissionen von Treibhausgasen zusammenhängen. Sollten sie sich als real erweisen, werden die menschlichen Aktivitäten dazu beigetragen haben, sie zu verursachen.

ABBILDUNG 10 – PM10, REGIONALE JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2023

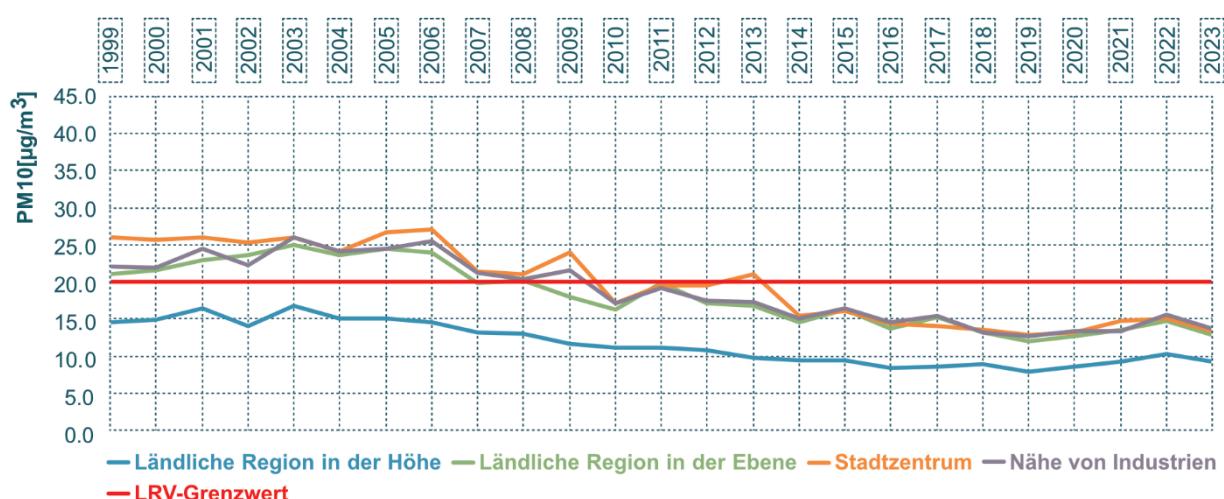
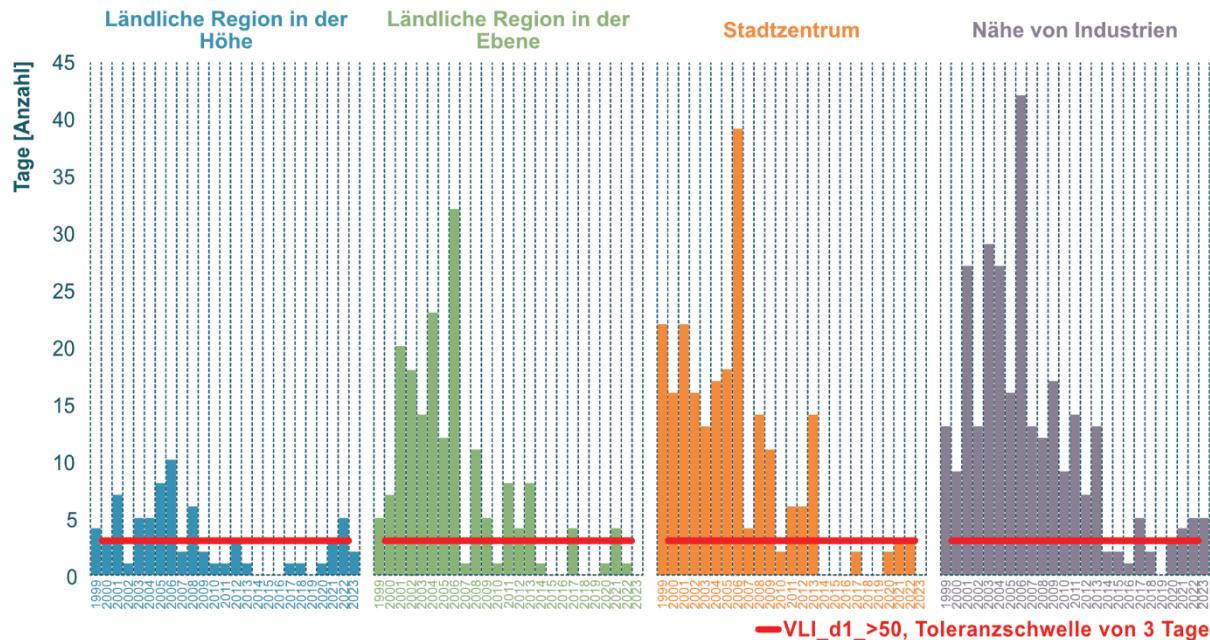


ABBILDUNG 11 – PM10, MAXIMALE ANZAHL TAGE > 50 µg/m³, REGIONALE HÖCHSTWERTE

(ROTE LINIE: NEUE TOLERANZSCHWELLE VON 3 TAGEN)



Gemäss Emissionskataster stammen 43 % der 2022 im Kanton ausgestossenen primären Feinstaubmen gen aus Maschinen des Offroad-Bereichs, die z. B. auf Baustellen, auf Bahngleisen, in der Land- und Forstwirtschaft sowie in Steinbrüchen und Kieswerken zum Einsatz kommen. Sie sind in Abbildung 9 in den "anderen Quellen" enthalten. Zu einem überwiegenden Teil, d.h. 63 %, stammt primärer Feinstaub aus Emissionen verschiedener Arten von Abriebprozessen, wie Brems- und Reifenabrieb. Daran die beiden Bereiche Strassenverkehr und Offroad-Bereich beteiligt, mit 65 bzw. 35 % an den insgesamt ausgestossenen Abriebpartikeln. Im Jahr 2022 waren die wichtigsten primären PM10-Quellen ohne Abriebprozesse Heizungen (25 %, wovon 97 % der Emissionen auf Holzheizungen entfielen), andere Quellen (31 %), Natur und Viehbestand (20 %) und die Industrie (13 %). Der Rest stammt zu 11 % aus dem Strassen- und Offroad-Verkehr. Der nicht abrasive Teil des emittierten Staus besteht hauptsächlich aus Verbrennungspartikeln, welche krebserregenden Russ transportieren. Aus diesem Grund und wegen ihres hohen Anteils sollte der Ausstoss von Holzheizungen in die Luft so weit wie möglich begrenzt werden.

Die sekundären PM10-Partikel werden aus Vorläufergasen gebildet, vor allem aus Schwefel- (SO_x) und Stickstoffoxiden (NO_x) sowie Ammoniak (NH_3). Sie reagieren in der Atmosphäre zu Sulfat-, Nitrat- und Ammoniumverbindungen, d. h. zu sekundären anorganischen Aerosolen. Die Oxidation von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) führt zu weniger

flüchtigen Verbindungen, d. h. zu sekundären organischen Aerosolen. In der Ebene liegen die Werte der Luftverschmutzung zwischen Stadt und Land bei PM10 (Abbildung 10) näher beieinander als bei Stickstoffdioxid (Abbildung 22). Als sekundärer Schadstoff, der durch die Oxidation von NO in der Luft entsteht, wird NO_2 schneller und in geringerer Entfernung von den Quellen des primären Schadstoffs produziert als sekundäre Aerosole. Aus diesem Grund und weil sie sich aufgrund ihrer längeren Lebensdauer grossflächiger verteilen, weisen primäre und sekundäre PM10 eine homogenere räumliche Verteilung auf als Stickstoffdioxid.

Der Rückgang der PM10-Werte seit 2006 ist in erster Linie auf Verbesserungen des Stands der Technik bei den Prozessen zurückzuführen, die Luftpartikel erzeugen. Fahrzeuge und Maschinen mit Verbrennungsmotoren werden nach immer strengerem Normen hergestellt, um die Abgase zu reduzieren. Die Luftreinhalte-Verordnung hat seit 2007 durch schrittweise restriktivere Bestimmungen die Reduzierung des Staubausstosses gefördert und notfalls erzwungen. Mit Ausnahme von Fahrzeugen, deren Emissionen durch die Strassenverkehrs-gesetzgebung begrenzt sind, wurden alle Schadstoffquellen von der LRV erfasst, insbesondere Holzheizungen, stationäre Motoren, mobile Dieselmotoren auf Baustellen oder in anderen Betrieben. Wenn die Massnahmen die Staubemissionen an einer Feuerungsanlage oder an einem Motor nicht ausreichend reduzieren, stehen verschiedene Abgasreinigungstechniken zur

Verfügung, z. B. die gesamte Palette der auf dem Markt erhältlichen Partikelfilter.

Kraftstoffe für Automobile auf der Strasse fallen in den Geltungsbereich der LRV. Der Schwefelgehalt von Benzin und Diesel wurde von 2000 bis 2009 stufenweise auf den aktuellen Höchstwert von 10 mg/kg gesenkt, während er für Diesel im Jahr 2000 noch 350 mg/kg betrug. Heizöl unterliegt ähnlichen Reduzierungen. Schwefeloxide (SO_x), die in die Luft abgegeben und dann in Sulfate umgewandelt werden, erzeugen Feinstaub. Ein erheblicher Teil der Verringerung des Feinstaub in der Umgebungsluft ist auf die Reduktion der SO_x -Emissionen an der Quelle zurückzuführen.

Laut einer EMPA-Studie aus dem Jahr 2021 lagen die grössten Reduktionen von PM10-Komponenten in den letzten 20 Jahren bei den Sulfaten und dem

krebserregenden Russ, der aus elementarem Kohlenstoff besteht. Die Verringerung des Schwefelgehalts in Brenn- und Kraftstoffen, der Einsatz von Partikelfiltern und die geringeren Emissionen von Holzheizungen begünstigen diesen Fortschritt. Umgekehrt haben die relativen Anteile von organischem Feinstaub sowie von mineralischen Partikeln zugenommen. Letztere haben ihren Ursprung in den Staubaufwirbelungen, die durch den Strassenverkehr und den Verschleiss von Bremsen, Reifen und Strassen verursacht werden, aber auch in der Natur durch den Windabrieb von Gestein.

Die Schwermetall-Anteile Blei und Cadmium im Feinstaub liegen weit unter den Jahresgrenzwerten (Abb. 12 und 13), doch sie können im Labor oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Mit Ausnahme vereinzelter moderater Zunahmen, wie z. B. beim Cadmium im Jahre 2010, schwanken die Konzentrationen von Jahr zu Jahr nur leicht.

ABBILDUNG 12 – BLEI IM PM10 VON 2001 BIS 2023, REGIONALE MITTELWERTE

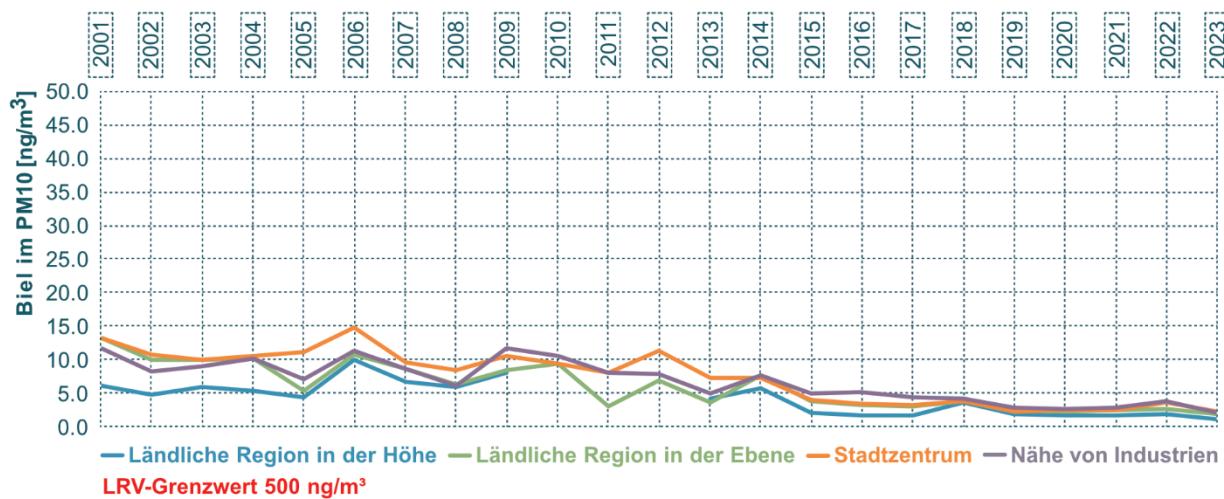
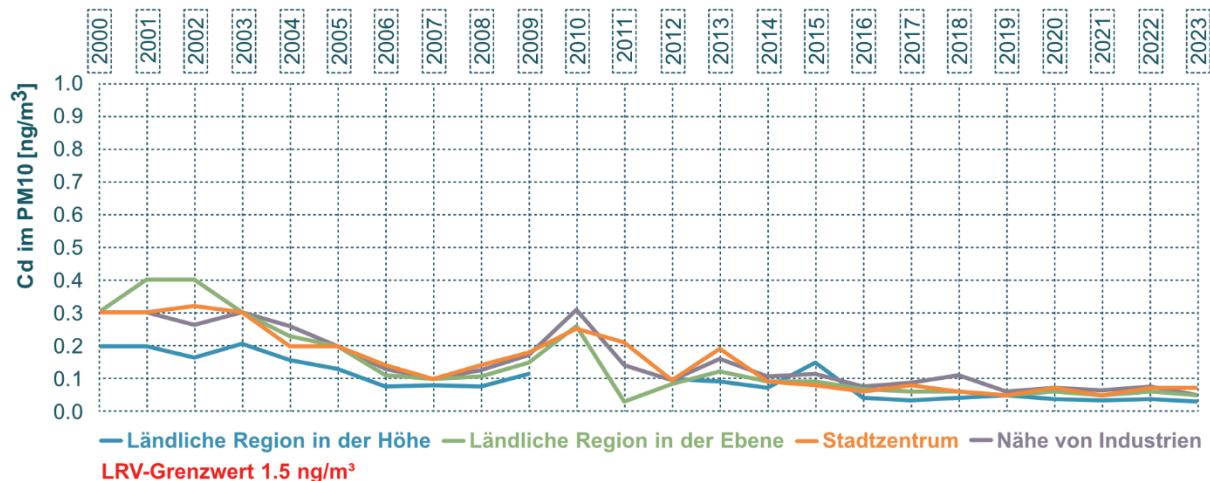


ABBILDUNG 13 – CADMIUM IM PM10 VON 2001 BIS 2023, REGIONALE MITTELWERTE



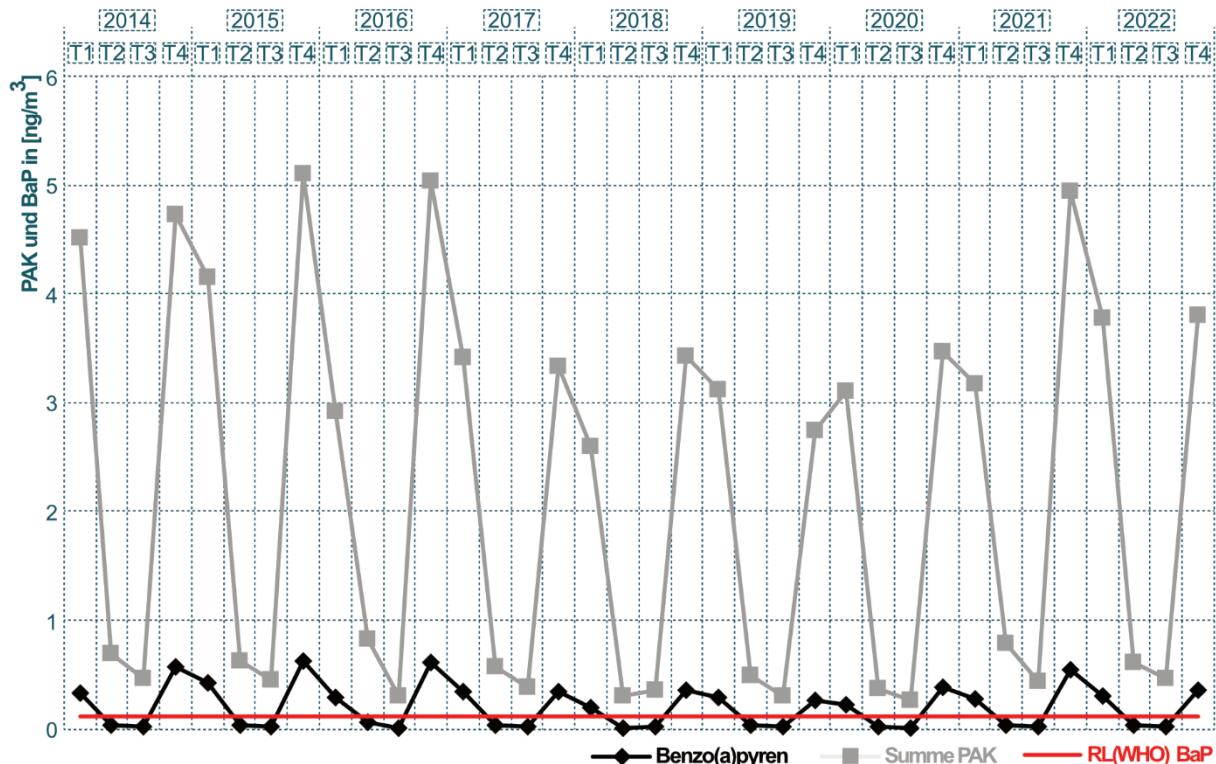
Im Feinstaub sind auch Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) enthalten, die bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material (Holz, Benzin, Diesel oder Heizöl) entstehen. Es handelt sich dabei um eine Gruppe chemisch ähnlicher Substanzen, die mehrere aromatische Ringe, also Benzolringe, umfassen. Auch Tabakrauch enthält Feinstaub.

Die EMPA bestimmt seit 2006 jährlich 11 einzelne PAK an der NABEL-Messstation in Sitten [2]. Die beiden in der LRV der Klasse krebserzeugend zugeordneten PAK, Di-Benzo(a,h)anthracen (DahA) und vor allem Benzo(a)pyren (BaP), tragen 65 bis 70 % zur Gesamttoxizität der PAK im PM10 bei. Für BaP wird ein Jahrestypswert von 1 ng/m³ empfohlen (europäische Richtlinie 2004/107/EG). Er wird seit Beginn der Messungen eingehalten.

Die WHO hat das Referenzniveau (reference level, RL) für BaP auf 0.12 ng/m³ im Jahr festgesetzt. Es ist als Schwellenwert definiert, ab dem die erhöhte Gefahr einer Krebserkrankung besteht, bei einer Standard-Lebenserwartung und einer tolerierbaren Zahl von 1 Krebserkrankung auf 100'000. Seit 2017 liegen die Messwerte für Sitten unter dem Doppelten dieses

Niveaus, aber mindestens 25 % über der Norm. Im Jahr 2022 wurde der Wert von 0.18 ng/m³ um 50 % überschritten. Von April bis September kehrte er zu den deutlich höheren Werten von vor 2017 zurück. Der anhaltende Niederschlagsmangel und die ausgeprägte Trockenheit im Jahr 2022 könnten diese überhöhten Konzentrationen begünstigt haben. Abbildung 14 zeigt, dass es in der Regel die winterlichen Konzentrationen von Oktober bis März sind, die zu Überschreitungen führen. Die jährliche PAK-Konzentration im Feinstaub betrug 1.78 ng/m³ bei einem Jahresdurchschnitt von 15 µg/m³ PM10 an der NABEL-Station, die 25 m von der Autobahn A9 entfernt und in der Nähe des Flughafens von Sitten eingerichtet ist (RESIVAL Sitten Stadtzentrum 2022: 15 µg PM10/m³). Im Jahr 2022 gab es also 0.012 Massenprozent PAK im PM10. Dieser Anteil schwankt kaum und lag von 2017 bis 2022 zwischen 0.010 und 0.015 %. Die Haupttoxizität der PAK liegt in ihrem geringen Vorkommen im schwebenden Feinstaub begründet. Es ist zu beachten, dass die PM10-Konzentration von einer Autobahn in einer Entfernung von 40 m bis über 500 m um etwa 15 % abnimmt [3]. Die RESIVAL-Station in Sitten ist 1.3 km von der A9 entfernt.

ABBILDUNG 14 – ERGEBNISSE 2014 - 2022 FÜR PAK UND BENZO(A)PYREN AN DER NABEL-STATION IN SITTEN



6. FEINSTAUB – PM2.5

6.1. Steckbrief

Feinstaub PM2.5 hat einen Durchmesser von weniger als 2.5 Mikrometern ($< 2.5 \mu\text{m}$). Unter Berücksichtigung von Schwerkraft und Luftwiderstand beträgt seine Ablagerungsgeschwindigkeit nicht mehr als 1.2 cm pro Minute, jene des PM10 hingegen bis zu 20 cm pro Minute. Auch er besteht aus primären und aus sekundären Partikeln, die aus Vorläufergasen gebildet werden. Am stärksten in ihm vertreten sind Verbrennungspartikel, die kaum grösser als 1 μm sind.

PM2.5 wird in der Schweiz ab einer Konzentration zwischen 7.5 und 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ für etwa 3500 vorzeitige Todesfälle pro Jahr verantwortlich gemacht. Im Wallis sind es rund 100 Fälle pro Jahr. Ohne diese Belastung schätzen die Gesundheitsbehörden die durchschnittliche Lebenszeitverlängerung auf 13 bis 14 Jahre. PM2.5 dringt tiefer in die Lunge ein, bis in die Alveolen. Die Fraktion der ultrafeinen Partikel ($< 0.1 \mu\text{m}$) kann die Luft-Gewebe-Schranke durchdringen und in das Blut gelangen. Wenn sie die Blut-Hirn-Schranke zwischen dem Blutsystem und dem Gehirn überwinden, kann es zu Hirnschäden kommen. Qualitativ sind die gesundheitlichen Folgen von PM10 und PM2.5 relativ ähnlich. Bei einer kurzzeitig erhöhten Belastung durch diese Schadstoffe steigt die Zahl der Todesfälle, Notarztbesuche und Krankenhaus-einweisungen aufgrund von Herz-Kreislauf- und Lungenkrankungen an. Eine länger andauernde übermässige Belastung trägt zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder neurodegenerativen Störungen (Demenz) bei [4].

Im Wallis beliefen sich die primären PM2.5-Emissionen im Jahr 2022 auf 164 Tonnen, was 38 % der PM10-Emissionen entspricht. Der motorisierte Verkehr trägt 27 % zu den Emissionen bei, Heizungen 16 % und andere Quellen 46 % (Abbildung 15). Der Industriesektor wurde für 2022 geschätzt und trägt 9 % zu den Emissionen bei.

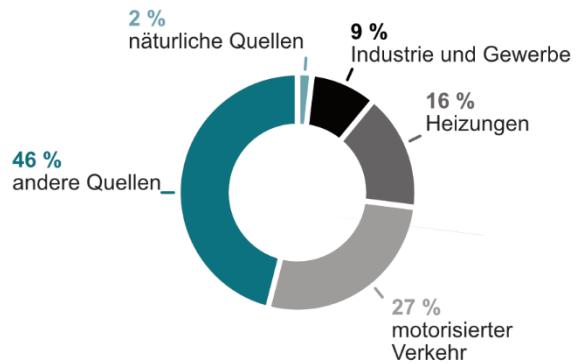
FEINSTAUB PM2.5 – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK		
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE		gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE		mittel
STADTZENTRUM		gut
NÄHRE VON INDUSTRIEN		gut

In der Schweiz sind der Verkehr und Holzfeuerungen die wichtigsten Quellen für primären PM2.5. Sie produzieren je fast einen Viertel davon. Die sekundären Feinstaubfraktionen spielen eine grössere Rolle als bei PM10 und machen mehr als die Hälfte des PM2.5 aus. Die chemische Zusammensetzung von PM2.5 ist ähnlich wie die von PM10. Aber der relative Beitrag von Mineral- und Abriebstaub ist im PM10 grösser, während Verbrennungsruß fast vollständig im PM2.5 zu finden ist. Fast ein Drittel des letzteren besteht aus anorganischen Verbindungen: Nitrat, Sulfat und Ammonium.



Feuer im Freien, und hauptsächlich mit Stückholz betriebene Klein-Holzheizungen, stossen grosse Mengen PM2.5 aus.

ABBILDUNG 15 – PRIMÄRE PM2.5-EMISSIONEN IM WALLIS 2022



Andere Quellen: Offroad-Sektor (z. B. Baumaschinen, motorisierte Werkzeuge und Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft, Luft- und Schienenverkehr), Grastrocknung, Feuer im Freien, Feuerwerkskörper und Lösungsmittel, illegale Abfallverbrennung.

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero).

6.2. Ergebnisse 2023

Von 2015 bis 2017 wurden die Feinpartikel PM2.5 an der Station Montana mit der HVS-Gravimetriemethode gemessen. Seit Juni 2018 ist in der LRV ein jährlicher Immissionsgrenzwert (IGW) für diesen Schadstoff in Kraft. Dieser übernimmt den Wert der WHO, der auf 10 µg/m³ festgelegt wurde. Die WHO schrieb außerdem einen Tagesgrenzwert von 25 g/m³ vor, der höchstens an drei Tagen pro Jahr überschritten werden darf. Seit 2021 legen die neuen WHO-Leitlinien eine jährliche Begrenzung auf 5 µg/m³ und eine tägliche Begrenzung auf 15 µg/m³ fest, die nicht öfter als an drei Tagen im Jahr überschritten werden darf. Im Jahr 2023 legte die EKL einen Bericht vor, in dem sie die Übernahme dieser Grenzwerte in die LRV empfahl [4].

Seit 2018 werden die PM2.5-Messungen an allen ortsfesten RESIVAL-Stationen mit Hilfe von HVS-Gravimetrie und kontinuierlichen Analysegeräten durchgeführt.

Der LRV-Grenzwert wird 2023 eingehalten, ausser in ländlichen Regionen in der Ebene, wo das Jahresmittel wie schon 2021 und 2022 am Grenzwert liegt. Bei den Tageswerten werden die WHO-Grenzwerte an allen Stationen in der Ebene überschritten. In der Höhe werden sie auch in Montana überschritten, aber nicht mehr als dreimal, was innerhalb der Toleranzgrenze liegt. In Les Giettes und Eggerberg werden sie durchwegs eingehalten. Anzumerken ist, dass im Hinblick auf die neuen WHO-Leitlinien für 2021 nur die Station Les Giettes im Jahr 2023 die erforderlichen Luftqualitätswerte für PM2.5 erreicht.

TABELLE 5 – PM2.5, ERGEBNISSE 2023

REGIONEN	STATIONEN	PM2.5		
		Jahresmittel [µg/m ³]	Anzahl Tage > 25 µg/m ³	Tageshöchstwert [µg/m ³]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	4.4	0	17
	Eggerberg	5.9	0	24
	Montana	6.1	3	37
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	9.6	10	29
STADTZENTRUM	Sion	8.0	4	28
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	8.6	8	51
	Brigerbad	7.5	6	35
LRV-NORM		10		
WHO-NORM		10	3	25

Insgesamt verzeichneten die 7 RESIVAL-Stationen 21 Tage, an denen der alte WHO-Grenzwert von 25 µg/m³ überschritten wurde. Davon standen fünf Tage mit Saharasand-Einbrüchen in Zusammenhang, einer im März, zwei im Juli und zwei im August. Für die Sommermonate ist nicht auszuschliessen, dass Waldbrände in Kanada von bis dahin unbekanntem Ausmass einen Beitrag an Verbrennungspartikeln leisteten. Die übrigen 16 Tage, an denen 2023 der Grenzwert von 25 µg/m³ überschritten wurde, sind weder auf Saharasand noch auf Partikel aus weiter Ferne zurückzuführen. Diese hauptsächlich aus der Region stammende Verschmutzung trat

3 Mal im Januar, 2 Mal im März, 1 Mal im Juni, 2 Mal im Juli und 8 Mal im Dezember auf. Die beiden Überschreitungen im Juli wurden in Saxon am Freitag, den 7., und Dienstag, den 11. registriert. Es ist wahrscheinlich, dass die hohen Feinstaubwerte vom Brand der Industriehalle in Vétroz herrührten, der am späten Nachmittag des Donnerstags, den 6. Juli, ausbrach und erst am Montag, den 10. Juli, vollständig gelöscht wurde. In diesem Zeitraum meldete MeteoSchweiz kein SDE-Ereignis.

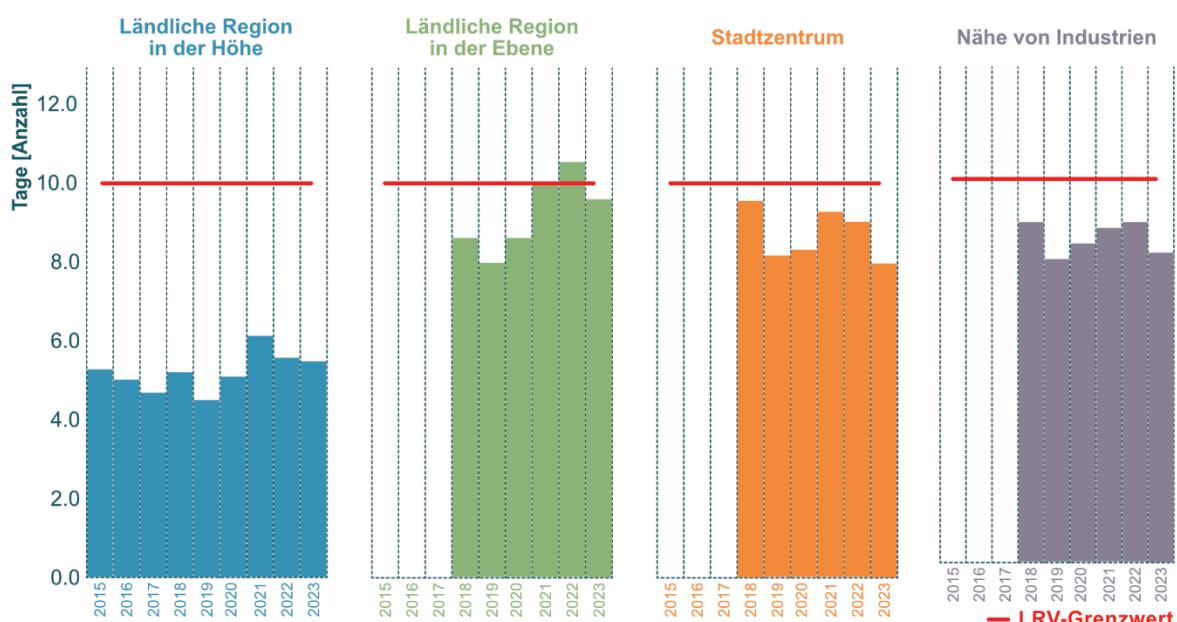
6.3. Entwicklung der Immissionen

Im Hinblick auf die 2018 neu eingeführte Jahresbegrenzung der LRV wurden von 2015 bis 2017 in Montana Vormessungen durchgeführt, die auf eine sichere Einhaltung der Werte hinwiesen. Die Ergebnisse für 2018 bis 2023 stellen sich auf das ganze Kantonsgebiet gesehen deutlich kritischer dar (Abb. 16). Die LRV-Jahresbegrenzung wird in der Ebene eingehalten, ausser in ländlichen Regionen, wo die Werte 2021 die Grenze erreichen, 2022 knapp darüber und 2023 innerhalb des Toleranzbereichs liegen. Im Stadtzentrum und in Industrienähe ist diese Verschmutzung erheblich. Nur in Höhenlagen ist die

Belastung gering bis mässig. In einer gegebenen Region sind die PM2.5-Werte in den letzten sechs Jahren relativ stabil.

Die früheren WHO-Tagesnormen mit ihrer Obergrenze von $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurden 2023 an den Stationen in der Ebene nicht eingehalten, ebenso wenig wie 2018, 2020, 2021 und 2022. An der Station in der Höhe in Montana erreichen oder überschreiten die Messwerte seit 2021 die Toleranzgrenze von 3 Tagen pro Jahr.

ABBILDUNG 16 – PM2.5 2018-2023, REGIONALE JAHRESMITTEL IN $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (ROTE LINIE, LRV-GRENZWERT)



Die Schätzung der Jahres-Verhältniszahl [PM2.5] / [PM10] wurde 2023 fortgesetzt. Die längste Bestimmungsreihe ist die von Montana. Im Jahresmittel betrug das Verhältnis von 2015 bis 2023: 0.51 (± 0.04), 0.58 (± 0.04), 0.62 (± 0.05), 0.60 (± 0.05), 0.52 (± 0.04), 0.60 (± 0.04), 0.61 (± 0.05), 0.60 (± 0.05), 0.73 (± 0.09). Die erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse gilt für ein Konfidenzintervall von 99 %. Das Verhältnis wird mithilfe der gepaarten PM10- und PM2.5-Werte für einen Tag ermittelt. Die Tagesergebnisse sind entweder die direkt mit der HVS-Gravimetrie ermittelten Ergebnisse oder die Ergebnisse der kontinuierlichen Analysatoren, die um die HVS-Werte korrigiert wurden. So wurden die jährlichen [PM2.5] / [PM10]-Verhältnisse in Massongex, Sitten, Saxon und Brigerbad seit 2017 bis 2019 berechnet. Eggerberg wurde 2022 und Les Giettes 2023 hinzugefügt. Übers Jahr reichen sie an allen Stationen von 0.51 bis 0.75 und liegen im Durchschnitt für ihre jeweiligen Messperioden zwischen

0.59 und 0.70. Das Gesamtverhältnis, das sich für die sieben Walliser Stationen ergibt, beträgt [PM2.5] / [PM10] = 0.63. Im Schweizer Mittelland liegt das mittlere Verhältnis bei 0.7 [1]. Eine mineralische Umgebung, die regelmässig dem Windabrieb ausgesetzt ist, sowie trockenere Bedingungen begünstigen den Grobstaubanteil mit 2.5 bis 10 μm Durchmesser (37 % im Wallis gegenüber 30 % in anderen Landesteilen).

Eine Schätzung der DUW auf der Grundlage des Walliser Verhältnisses [PM2.5] / [PM10] von 0.63, der jährlichen Menge an primären PM10- und PM2.5-Emissionen (PM2.5 / PM10 = 0.38, CADERO) und der Information des BAFU, dass die PM10-Gesamtkonzentrationen zu fast 50 % aus sekundären Aerosolen bestehen, zeigt, dass die PM2.5-Gesamtkonzentrationen im Wallis wohl zu etwa 70 % aus sekundären Aerosolen bestehen.

7. ELEMENTARER KOHLENSTOFF (RUSS)

Der bei einer unvollständigen Verbrennung gebildete Russ besteht im Wesentlichen aus elementarem Kohlenstoff (EK), oder "black carbon" (BC). BC wird optisch definiert und umfasst vor allem EK, aber auch schweres organisches Material. Große BC-Quellen sind Dieselmotoren. Im vergangenen Jahrhundert war deren Rauch schwarz und undurchsichtig. Seit den 2000er Jahren wurde diese Verschmutzung durch verbesserte Verbrennung und Gasreinigungssysteme (Partikelfilter) stark reduziert. Mikroskopische Russpartikel dringen tief in unsere Lunge ein und gelangen auch in unseren Blutkreislauf. Sie verursachen Erkrankungen der Atemwege und Beeinträchtigungen des Herz-Kreislauf-Systems. In Siedlungsgebieten ist Dieselruss, wegen der mitgeführten organischen Moleküle, insbesondere der PAK, der Hauptrisikofaktor für Krebs.

Die im Bericht 2017 veröffentlichten EK-Werte basierten, angesichts der gewählten Analysemethode, auf BC-Ergebnissen. Der BC im PM10 wurde mit Hilfe eines Mehrwinkel-Absorptions-Photometers (MAAP) kontinuierlich bestimmt und dann mittels eines Konversionskoeffizienten in EK-Werte umgerechnet. Diese Vorgehensweise hatte den Vorteil, dass sie Tageswerte lieferte, aber den Nachteil, dass eine direkte Kalibrierung nicht möglich und eine Übertragung unzuverlässig war. Diese Methode wurde geändert, weil der MAAP im Herbst 2017 einen irreparablen Schaden erlitt. Da der Zielwert für die Lufthygiene ein Jahresmittelwert ist, kombiniert die seit 2018 angewandte neue Methode die kontinuierliche Probenahme von Schwebestaub auf Quarz-

filtern mithilfe des optischen Analysators zur Messung von Feinstaub mit der Bestimmung des BK, die mithilfe der TOT-Methode von einem spezialisierten Labor durchgeführt wird. Dieses Verfahren liefert etwa zweiwöchige Mittelwerte und einen Jahresmittelwert. Die entsprechenden Ergebnisse flossen in die nachstehende Tabelle 6 ein.



Ungereinigte Abgase aus Dieselmotoren sind grosse BC-Quellen.

TABELLE 6 – ELEMENTARER KOHLENSTOFF (EK), ERGEBNISSE 2023

REGIONEN	Elementarer Kohlenstoff (EK)	
	Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Wert ~zweiwöchiger Max. $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	0.29
		0.58

ABBILDUNG 17 - EK, JAHRESMITTELWERTE VON 2008 BIS 2023

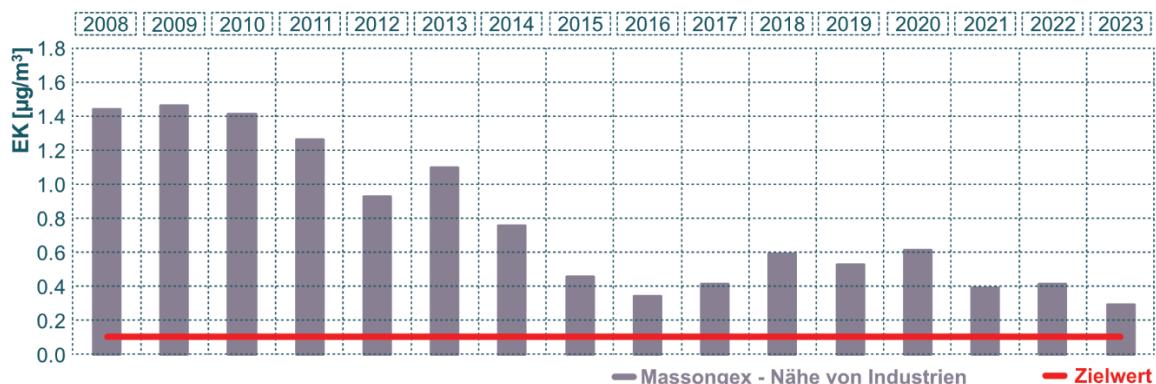
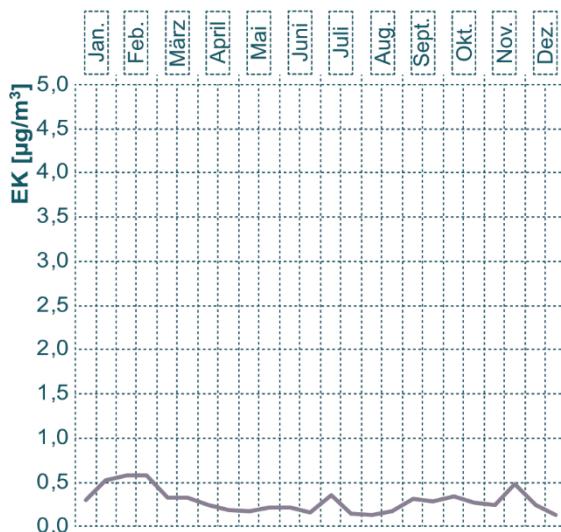


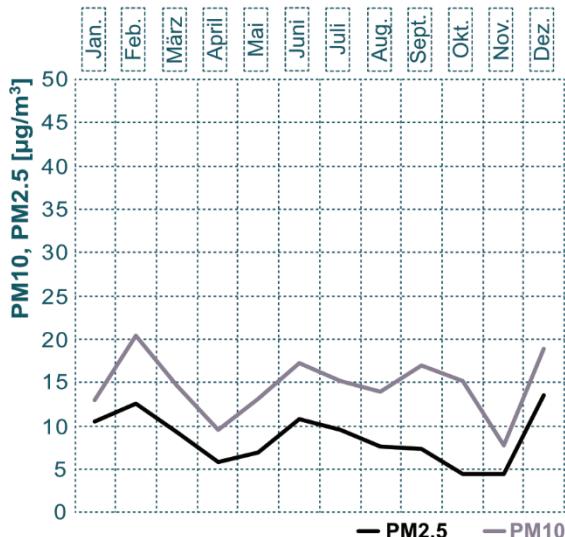
ABBILDUNG 18 - EK 2023 IN MASSONGEX



Bei einer Zeitreihenuntersuchung der zweiwöchigen EK-Werte für 2023 (Abb. 18) sowie der monatlichen Mittelwerte für PM10 (graue Linie) und PM2.5 (rote Linie) (Abb. 19) zeigen sich einige Ähnlichkeiten im Verhalten. In allen drei Fällen sind die Werte im ersten Quartal, begünstigt durch die Trockenheit im Februar, am höchsten. Die Novemberwerte für PM2.5 und PM10 sind die niedrigsten des Jahres. Das ist ungewöhnlich. Erklären lassen Sie sich mit den häufigen, intensiven Niederschlägen in diesem Monat, die die Luft reinigten. Die Auswirkung auf den Russ ist weniger wahrnehmbar, obwohl die Werte von Mitte Oktober bis Mitte November deutlich unter dem Jahresmittel liegen. Das Sommerloch war 2023 kaum ausgeprägt. Für EK, wie für PM10, war das zweite Quartal das mit den niedrigsten Werten. Das regenreiche vierte Quartal war für PM2.5 das niedrigste, während der PM10-Wert da nahe am zweiten Quartal lag.

Das jährliche EK / PM2.5-Verhältnis von 3.7 % ist niedriger als in den vergangenen Jahren. Von 2018 bis 2022 hatte es zwischen 4.6 % und 7.5 % geschwankt. Sahara-Sandeinbrüche bewegen die PM10- und PM2.5-Konzentrationen nach oben, während sie die EK-Konzentrationen kaum beeinflussen. Sie vergrössern den Abstand zwischen den Werten für Feinstaub und elementaren Kohlenstoff. 2023 gab es keine massiven Saharasand-Einbrüche, aber die Einträge waren recht häufig. Dies trägt zum niedrigen EK / PM2.5-Verhältnis bei. Das jährliche PM2.5 / PM10-Verhältnis lag seinerseits bei 59 %, was in etwa dem Niveau der Vorjahre entspricht. Die regnerischen Verhältnisse, die die Feuchtdeposition von Partikeln über 2.5 Mikrometern durch Abfangen und Trägheit fördern sollten, zeigten kaum eine solche Wirkung. Andernfalls hätte das PM2.5 / PM10-Verhältnis im November deutlich über dem Durchschnitt gelegen, obwohl es diesem nahe kam. In Aigle im Chablais gab es 2023 nur einen Föhntag gegen le im Chablais gab es 2023 nur einen Föhntag

ABBILDUNG 19 - PM10 PM2.5 2023 IN MASSONGEX



gegen Ende Oktober mit einer Dauer von über 200 Minuten. In Evionnaz gab es 17 Föhntage im Jahr. Von Mitte Oktober bis Mitte November waren es deren 8. Dieser Wind, der Luftmassen aus der Höhe mitbringt, die kaum mit Feinstaub belastet sind, wie die Messungen auf dem Jungfraujoch und in Les Giettes belegen, senkt die Werte in der Ebene durch Vermischung mit der bodennahen Atmosphäre. Kombiniert mit Regenfällen ist die Reinigungswirkung umso höher.

Die EK-Ergebnisse schwankten in den letzten 5 Jahren zwischen 0.29 und 0.61 µg/m³ (Abb. 17). Seit 2008 lagen sie immer über 2.5 Mal über dem EKL-Zielwert von 0.1 µg/m³ [3]. Sie empfahl, die Russ-Konzentrationen nahe an den Emissionsquellen bis 2023 auf höchstens noch 20 % ihrer 2013 gemessenen Werte zu reduzieren. Der Standort Massongex wies in jenem Jahr eine Konzentration von 1.1 µg/m³ auf. Das Ziel war damals, bis 2023 einen Höchstwert von 0.22 µg/m³ zu erreichen; das Ergebnis für 2023 beträgt noch das 1.3-fache. Das Ziel wurde zwar verfehlt, doch recht knapp.

Die Empfehlung der EKL für 2023 bezog sich hauptsächlich auf Messungen in der Nähe von stark befahrenen Strassen. Sie sind eine Hauptquelle für Russ, der an diesen Stellen etwa 6 Massenprozent der PM2.5-Konzentrationen ausmacht [1]. Das mittlere EK / PM2.5-Verhältnis von 3.7 % im Jahr 2023 und unter 5 % seit 2021 unterstreicht, dass die Resival-Station in der Regel keinem starken Strassenverkehr ausgesetzt ist. Der Zerstreuungsfaktor zwischen der 835 m entfernten Autobahn A9 und dem Messort verringert die ermittelten EK-Konzentrationen von dieser Strasse her erheblich. Für eine Kantonsstrasse mit mässigem Verkehr ist der EK-Wert an der Station Massongex im Jahr 2023 nach Massgabe der EKL-Empfehlungen jedoch recht gut.

8. STICKSTOFFDIOXID – NO₂

8.1. Steckbrief

Zu den Stickoxiden (NO_x) zählen Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂). NO ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, während NO₂ in hoher Konzentration ein rötliches Gas mit einem irritierenden und stechenden Geruch ist.

NO_x, die in Hochtemperaturverbrennungen entstehen, enthalten einen kleinen Anteil von 5 bis 10 % NO₂. Zu ihren Quellen gehören Heizanlagen, Abfallverbrennungsanlagen und Fahrzeuge mit Wärmemotoren. Im Kontakt mit Oxidantien in der Umgebungsluft, unter anderem mit Ozon, verwandelt sich NO rasch zu NO₂.

Von den NO_x ist es das NO₂, das für den Menschen und die Umwelt die schädlichsten Auswirkungen hat. Es verursacht Entzündungen der Atemwege und reizt das Gewebe, indem es die Wirkung von Allergenen verstärkt. Die langfristige Exposition gegenüber NO₂ in Verbindung mit anderen Reizgasen verringert die Lungenfunktion und führt zu vermehrten Beschwerden wie Bronchitis und Husten, insbesondere bei Kindern. Bei hoher Luftverschmutzung führt NO₂ zu einem Anstieg der Krankenhauseinweisungen und der Todesfälle aufgrund von Lungen- und Herzrhythmusstörungen. Die europäischen Gesundheitsbehörden berechnen für die Schweiz bei einer jährlichen NO₂-Konzentration von knapp 18 µg/m³ etwa 270 vorzeitige Todesfälle pro Jahr.

Stickoxide sind zusammen mit VOC an der photochemischen Bildung von Ozon in der Luft in Bodennähe beteiligt. Sie versauern feuchte Niederschläge und tragen durch chemische Reaktionen zur Bildung von sekundären Feinstaubpartikeln bei, die zur Bildung von Nitrataten führen. Zusammen mit Ammoniak tragen sie zur Eutrophierung (Überdüngung) von Ökosystemen bei.

STICKSTOFFDIOXID NO₂ – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK

- LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE
- LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE
- STADTZENTRUM
- NÄHE VON INDUSTRIEN

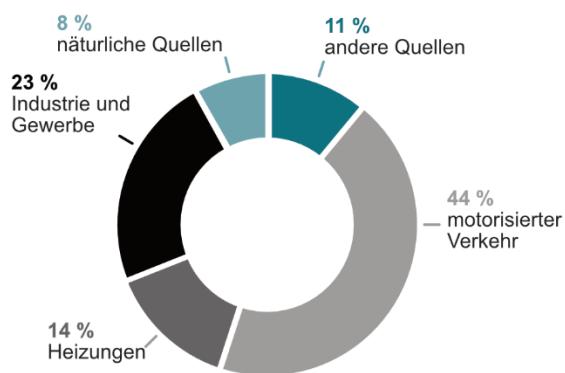


Laut kantonalem Kataster betrugen die NO_x-Emissionen 2022 2117 Tonnen (Abb. 20). Low-NO_x-Brenner, Brennwertkessel, die Sanierung von Feuerungsanlagen, der Verzicht auf fossile Brennstoffe und Drei-Wege-Katalysatoren in Motoren, die CO oxidieren und NO_x reduzieren, tragen zur Senkung der NO_x-Emissionen bei.



Der motorisierte Verkehr macht 44 % der NO_x-Emissionen aus

ABBILDUNG 20 – NO_x, EMISSIONEN IM JAHRE 2022 IM WALLIS



Andere Quellen: Offroad-Sektor (z. B. Baumaschinen, motorisierte Werkzeuge und Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft, Luft- und Schienenverkehr), Grastrocknung, Feuer im Freien, Feuerwerkskörper und Lösungsmittel, illegale Abfallverbrennung.

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero).

8.2. Ergebnisse 2023

Der LRV-Grenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wurde an allen Resival-Stationen eingehalten (Tab. 7). Die höchsten Konzentrationen im Wallis werden in der NABEL-Station zwischen dem Flugplatz Sitten und 25 m neben der Autobahn gemessen. Der für 2023 gemeldete Mittelwert liegt bei $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dem niedrigsten Wert seit 1999. Der Jahresmittelwert nähert sich zwischen den beiden Stationen in Sitten etwas an. Der von Resival lag von 2016 bis 2019 bei 66 bis 69 % des NABEL-Werts. Seit 2020 beträgt er 71 bis 74 %. 2023 blieb die Stadtgemeinde Sitten mit einem Jahresmittelwert von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der Resival-Station an der Spitze der am stärksten mit NO_2 belasteten Orte im Wallis. Anderswo in der Ebene und in der Höhe ist die Luft deutlich weniger belastet, ausser an der Station Brigerbad, die mit $59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den Resival-Rekord für den höchsten Tageswert im Jahr 2023 hält. Dieser Wert wurde am 25. Januar erreicht. Die NABEL-Station in Sitten belegt jedoch den ersten Platz mit einem Tageshöchstwert von $61 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der am 1. Dezember gemessen wurde.

Die Ergebnisse für das 95-Perzentil (LRV-Anforderung, welche höchste Belastungsspitzen ausschliessen will, indem sie für die überwiegende Mehrheit (95 %) der während eines Jahres gemessenen Halbstundenwerte als Obergrenze $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verlangt)

hielten den Grenzwert weitestgehend ein. Die höchsten Werte wurden wie gewohnt in Sitten ($48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und in Brigerbad ($46 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemessen. Die anderen beiden Stationen in der Ebene haben Werte von 29 und $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, höhere als die Stationen in der Höhe, die zwischen 7 und $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Der tiefste Wert stammt aus Les Giettes, dem Standort, der sich in der grössten Entfernung zu bedeutenden NO_x -Quellen befindet. Bei Eggerberg, einer Messstation, die sich zweihundert Meter über Visp mit seinem grossen Industriegebiet befindet, wird ein erhöhtes Niveau von $22 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Der höchste Wert für eine Region in der Höhe wird mit $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der Station Montana gemessen, die sich 20 Meter neben einer Kantonsstrasse und nahe an einem der grössten Ferienorte des Wallis befindet.

Die LRV enthält auch einen Tageshöchstwert von $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der höchstens einmal pro Jahr überschritten werden darf. Er wurde an keiner Station überschritten (Tabelle 7), wie seit 2018 nicht mehr. Das BAFU meldete für 2023 eine Überschreitung dieser Begrenzung von der NABEL-Station bei Sitten, Flughafen-A9. Unter Berücksichtigung der Toleranz von einem Überschreitungstag werden die LRV-Normen für NO_2 -Immissionen im Wallis seit 2020 sowohl bei den Resival- als auch an der NABEL-Station in der Nähe der Autobahn vollständig eingehalten.

TABELLE 7 – NO_2 , ERGEBNISSE 2023

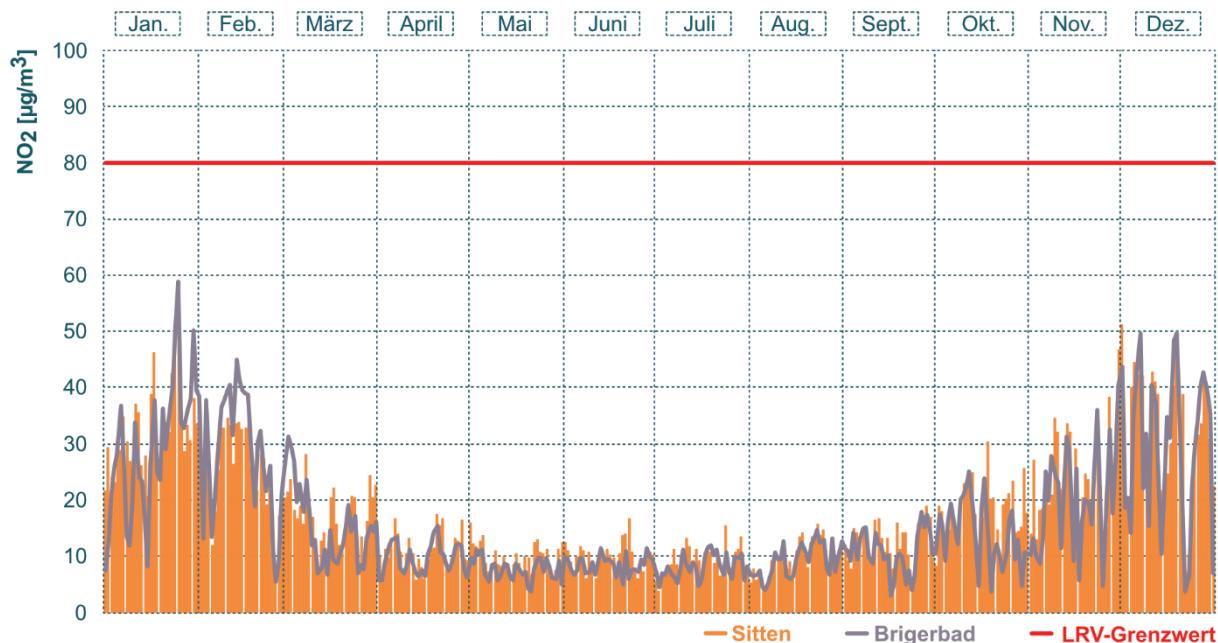
REGIONEN	STATIONEN	NO_2			
		Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	95 %-Wert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anzahl Tage $> 80 \mu\text{g}/\text{m}^3$	Tageshöchstwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	2.5	7	0	12
	Eggerberg	7.6	22	0	35
	Montana	8.2	26	0	33
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	13	40	0	51
URBANES ZENTRUM	Sion	18	46	0	52
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	11	29	0	35
	Brigerbad	16	48	0	59
LRV-NORM		30	100	1	80

Abbildung 21 zeigt, dass der Tagesgrenzwert im vergangenen Jahr auch an den beiden Resival-Stationen mit den höchsten Tageskonzentrationen sehr deutlich eingehalten wurde. An der Station im Stadtzentrum Sitten tragen die Emissionen des Strassenverkehrs und der Verbrennungsheizungen der Walliser Hauptstadt zu diesem Ergebnis bei. An der Station in Industrienähe im Oberwallis wird die Wirkung

von winterlichen Hochdruckwetterlagen, die zu Inversionslagen in den unteren Schichten führen, in der Ebene von Brig bis Visp verstärkt. Aufgrund der umliegenden Berge erreichen die Sonnenstrahlen von November bis Februar in weiten Teilen dieser Region den Boden nicht mehr. Infolgedessen wird die Stabilität der Kaltluftseen nicht mehr durch die vom Boden zurückgeworfene Wärme behindert. Sie bilden eine

Decke, welche die Luftverschmutzung und im Übrigen auch schlechte Gerüche einfängt. Der Spitzenwert am Mittwoch, dem 25. Januar, in Brigerbad scheint jedoch vor allem auf intensivere NO_x-Emissionen an diesem Tag zurückzuführen zu sein und nicht auf Wetterbedingungen, die hohe Schadstoff-

Konzentrationen begünstigen. Denn erst ab Ende Januar setzte hoher Luftdruck ein, der die Trockenheit des Februars begleitete. Vom 8. bis 21. Februar meldete MeteoSchweiz mässige bis starke Inversionslagen für die Romandie und das Wallis. In Abbildung 21 sieht man, dass die Tageswerte in diesem Zeitraum zu den höchsten des Jahres gehören.

ABBILDUNG 21 – NO₂, TAGESMITTELWERTE IN SITTEN UND BRIGERBAD IN 2023

8.3. Entwicklung der Immissionen

Der Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid brachte im Jahr 2023 neue Rekordwerte für die Luftqualität (Abbildung 22). Die Werte im Stadtzentrum, in Industriennähe und in ländlichen Regionen sind die niedrigsten seit Beginn der Messungen im Jahr 1990. Gemessen an den aktuellen LRV-Begrenzungen sind die entsprechenden Schadstoffwerte niedrig, ausser im Stadtzentrum, wo sie mässig sind. In allen Standorttyp-Regionen verlaufen die Rückgänge für 2023 gegenüber 2006, dem Beginn der starken Rückgänge, gestaffelt und reichen von -47 % in Industrienähe bis hin zu -55 % im Stadtzentrum. Seit 2020 schwächen sich die Abwärtstrends ab, bleiben aber in der Ebene deutlich wahrnehmbar.

In Sitten ist seit 2011 ein starker Abwärtstrend zu beobachten (-46 %). Hier hat die jährliche Niederschlagsmenge seit 2011 im Durchschnitt um 29 % zugenommen (siehe Tabelle 2). Dies deutet darauf hin, dass die Klimaerwärmung das Ausmass der winterlichen Regenschauer erhöht hat. Stickoxide werden, wie andere Schadstoffe auch, durch Niederschlag aus der Luft gewaschen und gehen als «Feuchtdeposition» auf die Umgebung nieder. Die

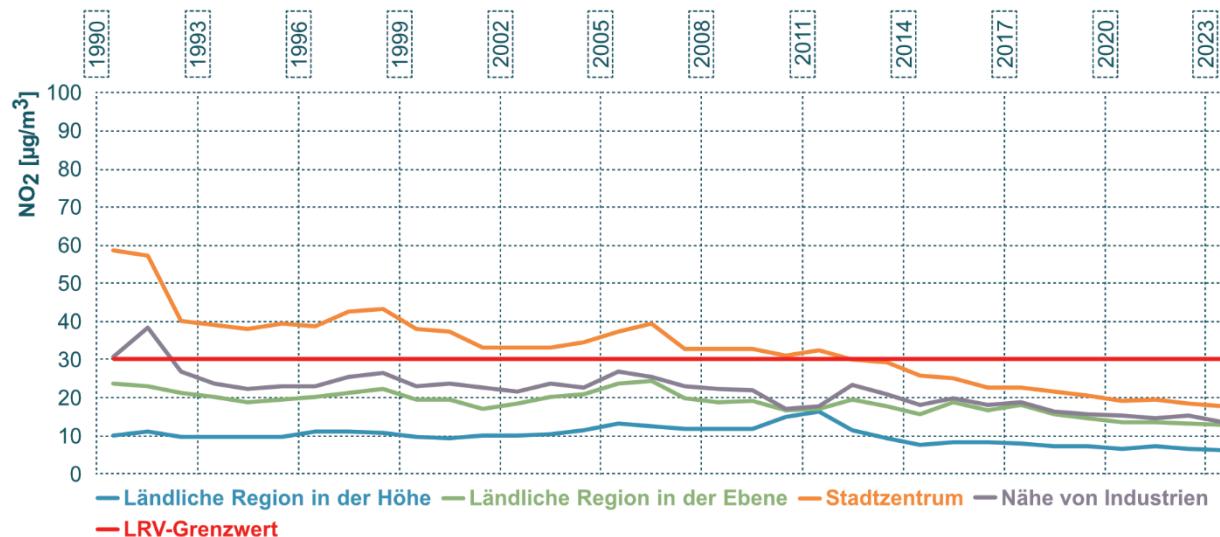
höchsten NO₂-Konzentrationen treten im Winter auf. Seine Auflösung im Regenwasser, vor allem durch die Umwandlung in Natriumsäure, ist dann ein wichtiger Faktor. Berechnungen zeigen, dass in einer Stunde Regen 42 % der Konzentration dieser Säure in der Luft ausgewaschen wurden. Das ist in der gleichen Grössenordnung wie die Menge, die in 12 Stunden in einem trockenen Prozess abgelagert wird. Der in Sitten beobachtete Anstieg der Niederschlagsmenge steht jedoch in keinem Verhältnis zu dem Rückgang der NO₂-Werte an der Station im Stadtzentrum von 44 bis 46 % in den Jahren 2022 und 2023 gegenüber 2011. Die geringere Verschmutzung ist daher hauptsächlich auf eine Verringerung der Emissionen an den Quellen zurückzuführen.

Gemäss dem kantonalen Emissionskataster sind diese Rückgänge hauptsächlich auf gewichtige mengegemässige Abnahmen der primären NO_x-Emissionen zurückzuführen. Der Gesamtrückgang von fast 2378 Tonnen NO_x, die 2022 gegenüber 2006 weniger emittiert werden, was einem Rückgang von 53 % entspricht, stammt zu 47 % aus dem Strassenverkehr (-1116 t) und zu 36 % aus der Grossindustrie (-

861 t). Die Stilllegung der Raffinerie in Collombey im Frühling 2015 trug wesentlich zum grossen Rückgang der Emissionen im Industriesektor bei. Der Beitrag des Strassenverkehrs zum Rückgang der Emissionen ist grösser als in früheren Schätzungen. Der Befund zum Dieselskandal hatte eine Überarbeitung

der Emissionsfaktoren zur Folge, welche 2022 in den Kataster integriert (HBEFA 4.2) wurde. In den anderen Bereichen trägt der Offroad-Sektor 13 % zum Rückgang bei (-304 t). Der Rückgang der Emissionen aus Heizungen (-88 t) trägt nur 3.7 % zum Gesamtrückgang bei.

ABBILDUNG 22 – NO₂ JAHRES- UND REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE VON 1990 BIS 2023

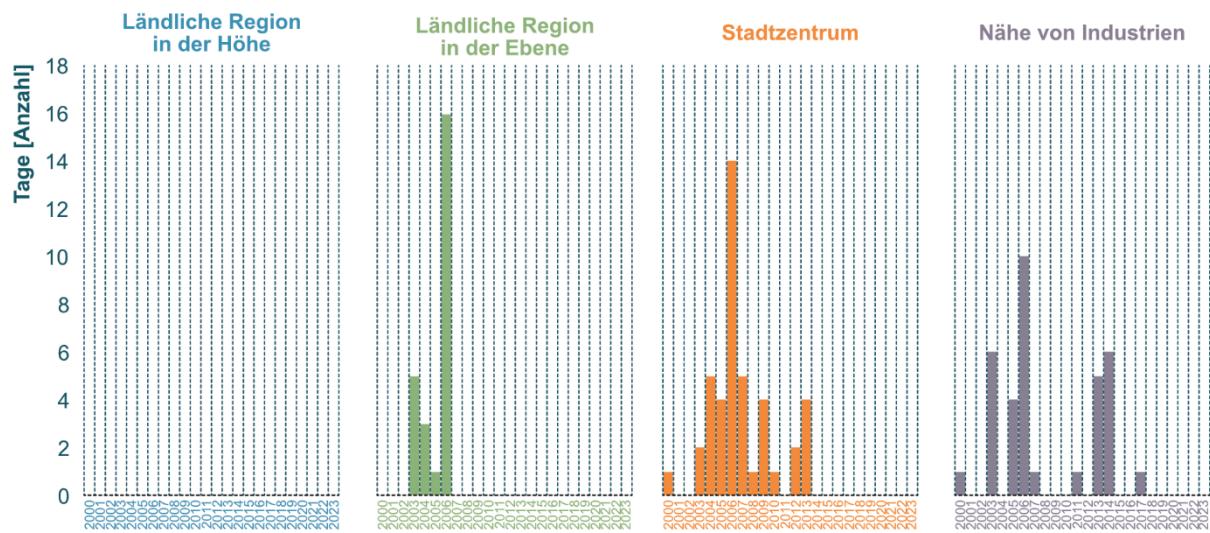


Um die NO₂-Konzentrationen in der Umgebungsluft weiter zu senken, müssen die weitreichendsten Massnahmen in den Bereichen Strassenverkehr und Industrie ergriffen werden (Abbildung 20). Im Jahr 2010 verursachten Personenwagen (PKW) 50 % der NO_x-Emissionen auf der Strasse. Eine Studie des BAU prognostiziert, dass im Jahr 2025 ihr Anteil 62 % betragen wird, während 18 % auf die Lastwagen (LKW) entfallen [5]. Laut dem Emissionskataster für das Wallis im Jahr 2022 entfallen auf die LKW 71 % und auf die PKW 10 %. Die NO_x-Emissionen im Strassenverkehr, die von Dieselfahrzeugen dominiert werden, gehen seit 2016 dank der besseren Einhaltung der den Herstellern auferlegten Normen allmählich zurück. Eine erste Verbesserung wurde mit der Einführung der Norm Euro 6b im Jahr 2015 erreicht. Dann wurde mit der Norm Euro 6c von 2017, die im September 2018 verbindlich wurde, die Anwendung des realistischeren WLTP-Zulassungsprotokolls eingeführt. Schliesslich haben die im Januar 2021 in Kraft

getretenen und durch die WLTP- und RDE-Protokolle validierten Normen Euro 6d-TEMP von 2019 und dann Euro 6d die Situation weitgehend bereinigt.

Seit Beginn der Messungen ist das Jahr 2006 dasjenige mit den meisten Überschreitungen des Tagesgrenzwertes für NO₂ (Abbildung 23). Jenes Jahr wurde von einer stabilen und langen Wetterlage im Januar und Februar geprägt, welche die ungewöhnlich hohen NO₂- und PM10-Belastungen begünstigte. Der kantonale Beschluss über den Wintersmog vom November 2006 (814.103) erfolgte unter dem Eindruck dieses Ereignisses. Seit 2014 hat das Reserval-Netz diese Begrenzung nicht mehr überschritten, ausser 2017 mit einem Tag. Diese einmalige jährliche Überschreitung wird von der LRV aber toleriert, so dass diese Norm seit zehn Jahren eingehalten wird.

ABBILDUNG 23 – NO₂, MAXIMALE ANZAHL DER ÜBERSCHREITUNGEN DER TAGESNORM VON 2000 BIS 2023



NO_x-Reduktionen können zur Verringerung der Ozon-Konzentrationen beitragen, vorausgesetzt in der betreffenden Region herrscht ein atmosphärischer Systemzustand «NO_x-begrenzt». Im Sommer liegen die NO_x-Vorläuferwerte im Mittelwallis von der Morgendämmerung bis zum Mittag typischerweise in einem Systemzustand «NO_x-gesättigt» (VOC-begrenzt), in dem ein Rückgang der Stickoxide zu einem Anstieg der Ozonproduktion führt. Um die Mittagszeit bis Ende Nachmittag sinken die Konzentrationen auf den Systemzustand NO_x-begrenzt, ausser im Stadtzentrum, wo sie sich in einem Zwischenbereich bewegen. Im Vergleich zu dieser Situation im Jahr 2019 müssten die NO_x-Werte um mindestens 90 %, d. h. deutlich unter 5 ppb, gesenkt werden, damit sie sich nie im Zustand NO_x-gesättigt befinden. Dies könnte eine vollständige Einhaltung der LRV-Anforderungen für Ozon bei den stündlichen Begrenzungen (60 ppb) und den monatlichen P98 (50 ppb) gewährleisten.

Die in den WHO-Leitlinien 2021 empfohlenen neuen Grenzwerte für NO₂ zeigen deutlich, dass die Immissionen dieses Schadstoffs sowohl wegen seiner direkten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Ökosysteme als auch indirekt, z. B. wegen seiner Rolle als Vorläufergas für Sommerozon,

stark reduziert werden müssen [4]. In den neuen Leitlinien wird empfohlen, die Jahresgrenzwerte von 30 auf 10 µg/m³ und die Tagesgrenzwerte von 80 auf 25 µg/m³ im Vergleich zu den aktuellen LRV-Grenzwerten zu senken. Diese maximal zulässigen und normalisierten Konzentrationen entsprechen 5.2 ppb im Jahresmittel und 13 ppb im Tagesmittel. Die Jahresmittelwerte von 2023 an den Resival-Stationen in der Ebene halten diese Werte nicht ein, ebenso wenig wie die Tageswerte. Diese recht drastischen Rückgänge gehen in Richtung häufiger auftretender Zustände «NO_x-begrenzt» in der Problematik der Ozonbildung in der warmen Jahreszeit.

Zu beachten ist, dass Biokraftstoffe, Biobrennstoffe und Power-to-Gas-Lösungen (mit Ausnahme des Wasserstoffantriebs mit Brennstoffzellen) in dieser Hinsicht eine positive Wirkung auf die globale Erwärmung (CO₂-neutral) hätten, sie würden aber die Situation in Bezug auf die Stickoxidemissionen kaum verbessern, wenn letztere nicht aus den Abgasen eliminiert werden. Durch die Anwesenheit von Stickstoff und Sauerstoff in der Verbrennungsluft wird in den Verbrennungsmotoren und -kesseln auch weiterhin NO_x entstehen. Auch bei der Verbrennung von Stickstoffverbindungen, die in der Biomasse und deren Derivate enthalten sind, wird NO_x synthetisiert, obwohl Biogas kein NO_x enthält.

9. AMMONIAK – NH₃

9.1. Steckbrief

Ammoniak (NH₃) in gasförmigem Zustand ist farblos und hat einen typischen stechenden Geruch. In hohen Konzentrationen verursacht es schwere Schäden an der Vegetation. Es trägt zur Versauerung und Überdüngung des Bodens bei, was sich negativ auf die Ökosysteme auswirkt. Darüber hinaus ist es ein wichtiger Vorläufer für die Bildung von sekundären Ammoniumaerosolen im Feinstaub.

In ländlichen Gebieten ist die Hauptquelle für atmosphärisches NH₃ die Nutztierhaltung, vor allem durch die Ausscheidungen des Viehs in den Ställen und deren Lagerung sowie durch das Ausbringen von Hofdünger. Auch bei industriellen Prozessen können grosse Mengen dieses Schadstoffs freigesetzt werden.

NH₃ ist ein Bestandteil von stickstoffhaltigen Depositionen. Diese umfassen die gasförmige Deposition von Ammoniak, Stickoxiden und Salpetersäure sowie die aerosol- oder gravitationsbedingte Deposition von Ammonium und Nitrat. Regen und sedimentierter Staub sind Träger dieser Depositionen. Die Stickstoffdepositionen sind in einigen Ökosystemen zu hoch und bedrohen die Biodiversität in diesen Gebieten vor allem durch Überdüngung.

Die Schweiz ratifizierte 2005 das Göteborg-Protokoll. Darin wurden kritische Belastungen und Werte für die Stickstoffdeposition (critical loads) und die Ammoniakkonzentrationen in der Luft (critical levels) festgelegt. Sie hängen von den betrachteten Ökosystemen ab. Der kritische Jahreswert für NH₃ liegt bei Flechten und Moosen aufgrund ihrer grösseren Empfindlichkeit gegenüber diesem Schadstoff bei 1 µg/m³. Für höhere Pflanzen liegt er zwischen 2 und 4 µg/m³. Wenn die atmosphärischen NH₃-Konzentrationen über den kritischen Werten liegen, liegen nach Art. 2 Abs. 5 LRV übermässige Immissionen vor.

AMMONIAK NH₃– LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK

SITTEN (ZONE A9-FLUGHAFEN, 2023)
VIONNAZ (LÄNDLICHES GEBIET, 2022)
VISP (LÄNDLICHES GEBIET, 2019)



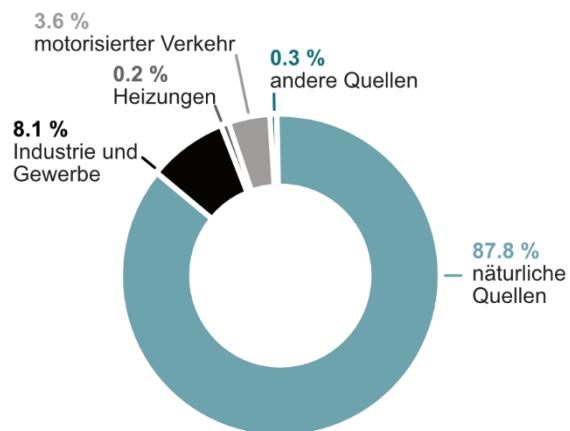
Gemäss kantonalem Kataster betragen die NH₃-Emissionen 2022 899 t (Abbildung. 24). Dies sind

64 t mehr als im Vorjahr (835 t). Dieser Gesamtanstieg resultiert aus einer Zunahme des Ausstosses im Industriesektor um 66 t im Jahr 2022. Die Mengen aus der Industrie, die bis 2021 betrachtet wurden, haben sich nicht stark verändert. Die grössten Beiträge stammen aus Abfallverbrennungsanlagen und grossen Chemiebetrieben. Der Anstieg ist darauf zurückzuführen, dass seit 2022 die Mengen, die von industriellen Geflügelfarmen freigesetzt werden, hinzukommen. Für das Jahr 2022 schätzt man, dass ein grosser Geflügelbetrieb und eine Anlage zur Verwertung von Kot zu Dünger allein 65 t NH₃ ausgestossen haben.



Das Ammoniak stammt zum grössten Teil aus der Tierhaltung und aus dem Hofdünger

ABBILDUNG 24 – NH₃, EMISSIONEN WALLIS 2022



Andere Quellen: Offroad-Sektor (z. B. Baumaschinen, motorisierte Werkzeuge und Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft, Luft- und Schienenverkehr), Gastrocknung, Feuer im Freien, Feuerwerk und Lösungsmittel, illegale Abfallverbrennung.

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero)

9.2. Ergebnisse 2023

Im Jahr 2023 führte die DUW keine erneute Kampagne zur Messung der Ammoniakkonzentrationen in der Luft im Wallis durch. Diejenige von 2022 bei Les Rigoles im Chablais hatte gezeigt, dass die Luftqualität in Bezug auf den Schutz höherer Pflanzen mittelmässig ist. Abgesehen von den Messungen bei der NABEL-Station in Sitten gibt es keine neuen Ergebnisse zu berichten.

Kurz nach Mitte Dezember 2023 wurde im Walliser Chablais eine neue Kampagne für 2024 gestartet. Sie wird auf die Charakterisierung des gesamten

Stickstoffniederschlags ausgeweitet. Sie findet parallel zu einer neuen Kampagne von nationaler Tragweite statt, die alle fünf Jahre durchgeführt wird. Für den Kanton werden die Proben in Visp im Oberwallis entnommen. Die DUW hatte sich an der Finanzierung der Kampagne im Jahr 2019 beteiligt und tut dies auch 2024. Die Bestimmung des Stickstoffniederschlags umfasst auch gasförmiges Ammoniak. Somit werden diese erneuten Kampagnen weitere Werte liefern, welche die Kampagne von 2022 in Les Rigoles und jene von 2019 in Visp ergänzen.

9.3. Entwicklung der Immissionen

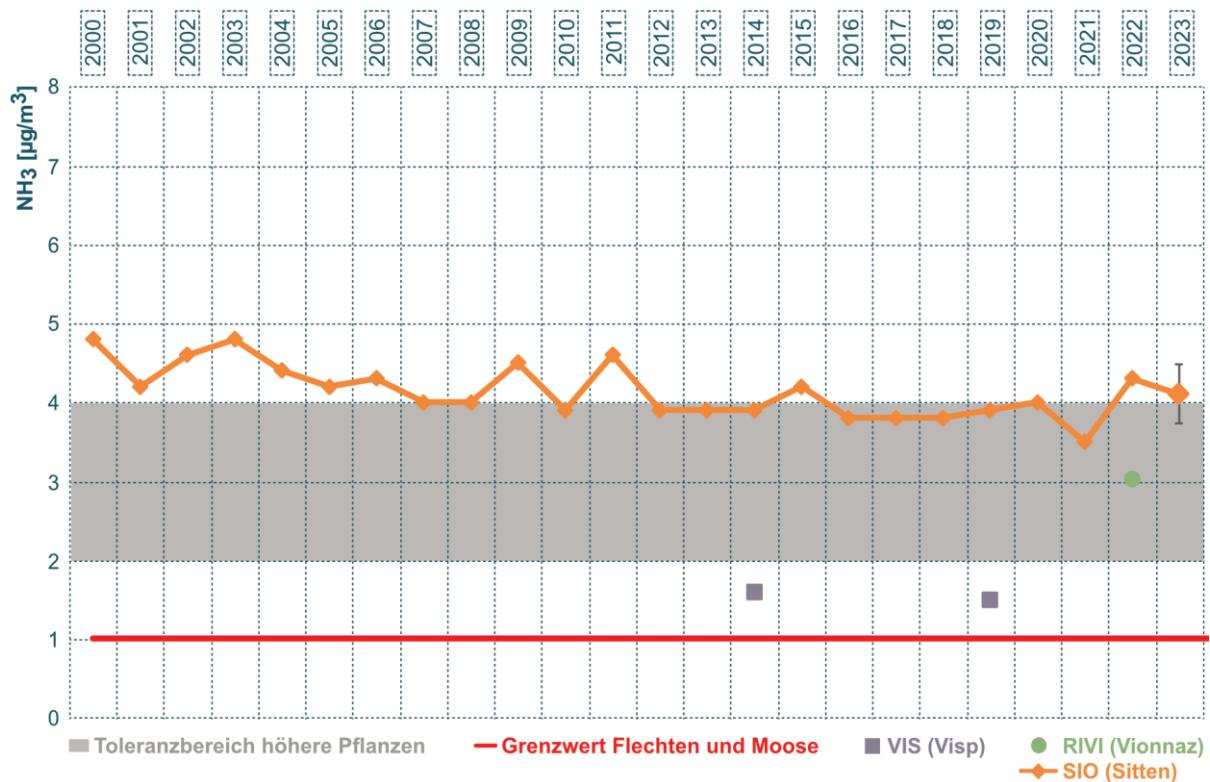
Die meisten Quellen für Ammoniak in der Luft befinden sich im landwirtschaftlichen Bereich. In der Schweiz werden die höchsten Tagesspitzen in der Umgebungsluft während der Gülleausbringung gemessen [1]. Je nachdem, ob man die Intensivtierhaltung dem Bereich Natur und Viehzucht oder dem Bereich Industrie zuordnet, nimmt der Beitrag des betreffenden Bereichs deutlich zu oder ab. In der vorliegenden Auswertung wird sie dem Bereich Industrie zugeordnet (Abbildung 24). Ammoniak ist auch ein NO_x-Reduktionsmittel, das in den industriellen SCR- und SNCR-Anlagen zur Denitrifikation (DeNOx) verwendet wird. Der Anteil, der nicht reagiert hat, entweicht durch die Kamine. Im Strassenverkehr dient die Verwendung von AdBlue, einem Additiv, das zu etwa einem Drittel aus Harnstoff und zu zwei Dritteln aus Wasser besteht, demselben Zweck. Unter dem Einfluss der Wärme der Motorabgase und durch Hydroylse wird Harnstoff in NH₃ und CO₂ umgewandelt. Dann entsteht bei der Reaktion zwischen NH₃ und NO mit Hilfe von Sauerstoff molekularer Stickstoff (N₂) und Wasser (H₂O). Wenn die Reaktion nicht vollständig abläuft, wird Ammoniak mit den Abgasen ausgestossen.

Um die NH₃-Konzentrationen in der Umgebungsluft weiter zu senken, müssen die wichtigsten Massnahmen im Bereich der Landwirtschaft und der Viehzucht ergriffen werden. Dies ist eines der Ziele der Landwirtschaftsgesetzgebung. Die LRV nimmt schrittweise, von 2022 bis 2024, Bestimmungen in diese Richtung auf. Sie schreiben vor, dass Gülle mit geringen Ammoniakemissionen in die Luft gelagert und ausgebracht werden muss. In der Luft werden die Primärkonzentrationen und der Gehalt an Feinstaub, der aus Ammoniumsalzen aus NH₃-Emissionen besteht, verringert.

Die ständige Überwachung der Ammoniakkonzentrationen in der Luft beschränkt sich im Wallis auf die NABEL-Station in Sitten in der Nähe der Autobahn A9. Der Bericht des vom BAFU mit dieser Überwachung Beauftragten [6] veröffentlichte ein Ergebnis für 2022, das nicht mit den Zielen des Protokolls zum Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung, betreffend die Verringerung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon (SR 0.814.327, in Kraft getreten im Dezember 2005) übereinstimmt. Für das betrachtete Ökosystem, d. h. höhere Pflanzen, lag der Jahresmittelwert von NH₃ mit 4.3 µg/m³ über dem Toleranzbereich der maximal erträglichen Konzentrationen, der von 2 bis 4 µg/m³ reicht. Seit 2012 lagen die Werte an der Station Sitten in der Nähe der Obergrenze dieses Bereichs, mit Ausnahme eines leichten Überschusses im Jahr 2015 (Abbildung 25). Das Jahr 2022 stellte in dieser Hinsicht einen deutlichen Bruch auf. Die ausgeprägten Trockenperioden in diesem Jahr könnten dieses ungünstige Ergebnis begünstigt haben. Auch im Jahr 2023 stagnierte der Wert mit leichtem Ausschlag in Richtung Obergrenze des Toleranzbereichs. Dieses Ergebnis entsprach jedoch nicht dem von der Qualitätssicherung vorgegebenen Ziel. Da der Wert dem Ziel aber ziemlich nahekommt (92 %), ist er nach einer mit dem BAFU und dessen Beauftragten getroffenen Absprache verwertbar. Das in Abbildung 25 dargestellte Fehlerintervall für 2023 ist das Ergebnis einer vom Auftraggeber validierten Analyse der möglichen Über- und Unterbewertungen des gemessenen Jahresniveaus.

Ausserdem wurde der kritische Jahreswert für Moose und Flechten von 1 µg/m³ in den letzten 24 Jahren mindestens 3.5 Mal überschritten.

ABBILDUNG 25 – JÄHRLICHE IM WALLIS ERMITTELTE AMMONIAK-KONZENTRATIONEN 2000-2023



Übermäßige Stickstoffdepositionen schaden empfindlichen Ökosystemen und bedrohen die Biodiversität. Sie führen zu einer Überdüngung (Eutrophierung) von Biotopen. Eine Auswaschung von Nitraten in das Grundwasser und eine Versauerung der Böden können die Folge sein. Die Überdüngung führt zu einem verstärkten Wachstum nitrophiler Arten auf Kosten anderer, seltenerer Pflanzen, die an stickstoffarme Lebensräume angepasst sind. Übermäßige Stickstoffablagerungen in Waldböden beeinträchtigen das Baumwachstum und führen zu einer verminderten Widerstandsfähigkeit gegen Schädlinge und Trockenheit. Eine Studie aus dem Jahr 2019 (Berner FH für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften, HAFL) hat gezeigt, dass die Zunahme von Ammonium im Boden zu einer erhöhten Produktion von Lachgas (N_2O) führt. Wird dieses in die Luft abgegeben, wirkt es als starkes Treibhausgas.

Abb. 25 zeigt einen Teil der Ergebnisse früherer Kampagnen, die 2014 und 2019 an der Station Visp auf einer Lichtung in einem Nadelwald durchgeführt wurden. Laut dem jüngsten Bericht des Labors, das sie durchgeführt hat [7], lagen die Jahresmittelwerte der gasförmigen NH₃-Konzentrationen bei 1.6 und dann bei 1.5 µg/m³. Zwar wird der kritische Wert für höhere Pflanzen an dieser Stelle nicht überschritten, aber für Moose und Flechten schon. Diese Kampagnen ermittelten die Stickstoffdepositionen generell,

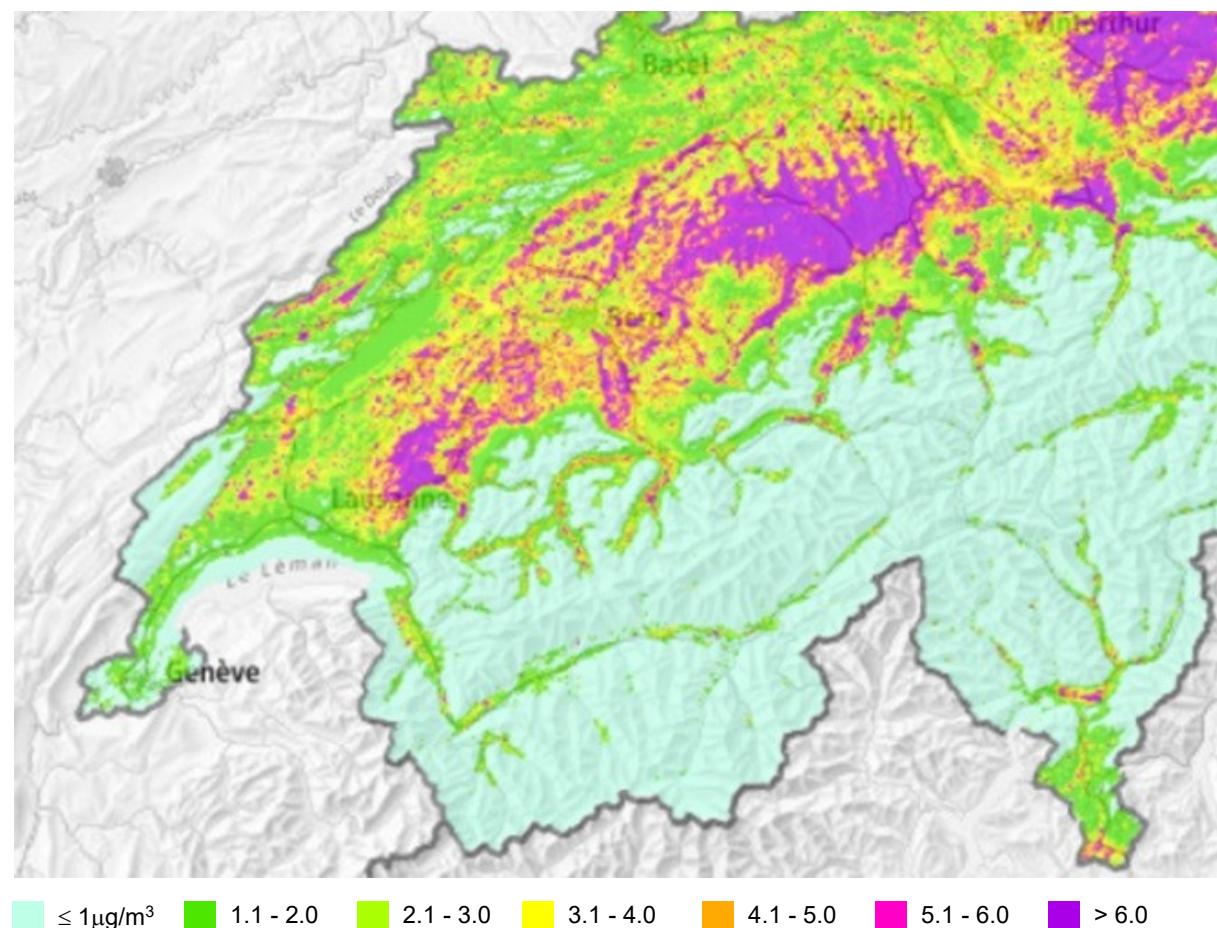
indem sie die reaktiven Stickstoffverbindungen in reduzierter (Ammoniak), oxidierter (Salpetersäure HNO₃(g), Stickstoffoxide) und ionischer Form (Ammonium NH₄⁺, Nitrat NO₃⁻) erfassen. Zu diesem Zweck werden die gravitative Deposition durch feuchten Niederschlag (Niederschlag) und sedimentierten Staub sowie die gasförmigen Ammoniak-Konzentrationen, Stickstoff-dioxid und Salpetersäure, in der Luft analysiert. Dann wird die Gesamtbelastung durch Stickstoffeinträge in das untersuchte Ökosystem mit der entsprechenden kritischen Belastung (CLN, critical loads for nitrogen) verglichen. Für den Nadelwald in Visp geht der Bereich, der nicht überschritten werden darf, von 5 bis 15 kg N·ha⁻¹·a⁻¹ (kg pro Hektar und Jahr). Andernfalls kommt es zu Nährstoffungleichgewichten und einer Störung der Mykorrhiza-Vegetation im Boden [8]. Die Ergebnisse des Labors für die Jahre 2014 und 2019 liegen bei 24.4 bzw. 21.2 [kg N·ha⁻¹·a⁻¹]. Das ist 2.4- bzw. 2.1-mal höher als der durchschnittliche Referenzwert von 10 [kg N·ha⁻¹·a⁻¹], der für dieses Ökosystem nicht überschritten werden darf. Diese überhöhten Immisionen waren zu fast 52 % auf gasförmige Ammoniak-Konzentrationen in der Luft zurückzuführen. So mit ist Ammoniak auch bezüglich Stickstoffbelastung der wirksamste Schadstoff. Die 2024 parallel laufende Kampagne in Les Rigoles wird die entsprechende Situation spezifisch für das Ökosystem im Unterwalliser Chablais (Bas-Marais) aufzeigen.

9.4. Stand der Immissionen

9.4.1. KRITISCHE WERTE

Der Bund erstellt Karten zuhanden der kantonalen Behörden, damit diese ihre jeweiligen Situationen einschätzen können. Die jüngste Aktualisierung ist von 2020. Die Karte der durchschnittlichen jährlichen Ammoniak-Konzentrationen in der Luft hat eine Auflösung von 500 m × 500 m. Im Wallis überschreiten sie nur punktuell den kritischen Wert von 4 µg/m³, der für höhere Pflanzen schädlich ist (Abbildung 26, orange und violett markierte Punkte). Die Messergebnisse in Sitten zeigen, dass die Jahreswerte in den Jahren 2000 bis 2006, 2009, 2011, 2015 und 2022 diesen Wert überschritten haben. Für die Situationsbeschreibung im Jahr 2020 zeigt die Karte die grössten kritischen Gebiete in den Niederungen der Rhoneebene auf der ganzen Länge des Kantons sowie in den Höhenlagen des Val de Bagnes und des Entremont. Lokale Überschreitungen von 4 µg/m³ stellen übermässige Immissionen dar. Das BAFU-Tool zur Beurteilung der Stickstoffbelastung durch Tierhaltungsanlagen in naturnahen Ökosystemen legt den Grenzwert für Hochmoore bei 1 µg/m³ und für Flachmoore, Trockenwiesen sowie Laub- und Nadelwälder bei 3 µg/m³ fest. Es modelliert die Immissionen in einem Abstand von 50 bis 1000 m von den Emissionsquellen.

ABBILDUNG 26 – KARTE DER KRITISCHEN WERTE FÜR GASFÖRMIGES AMMONIAK IN DER SCHWEIZ IM JAHR 2020

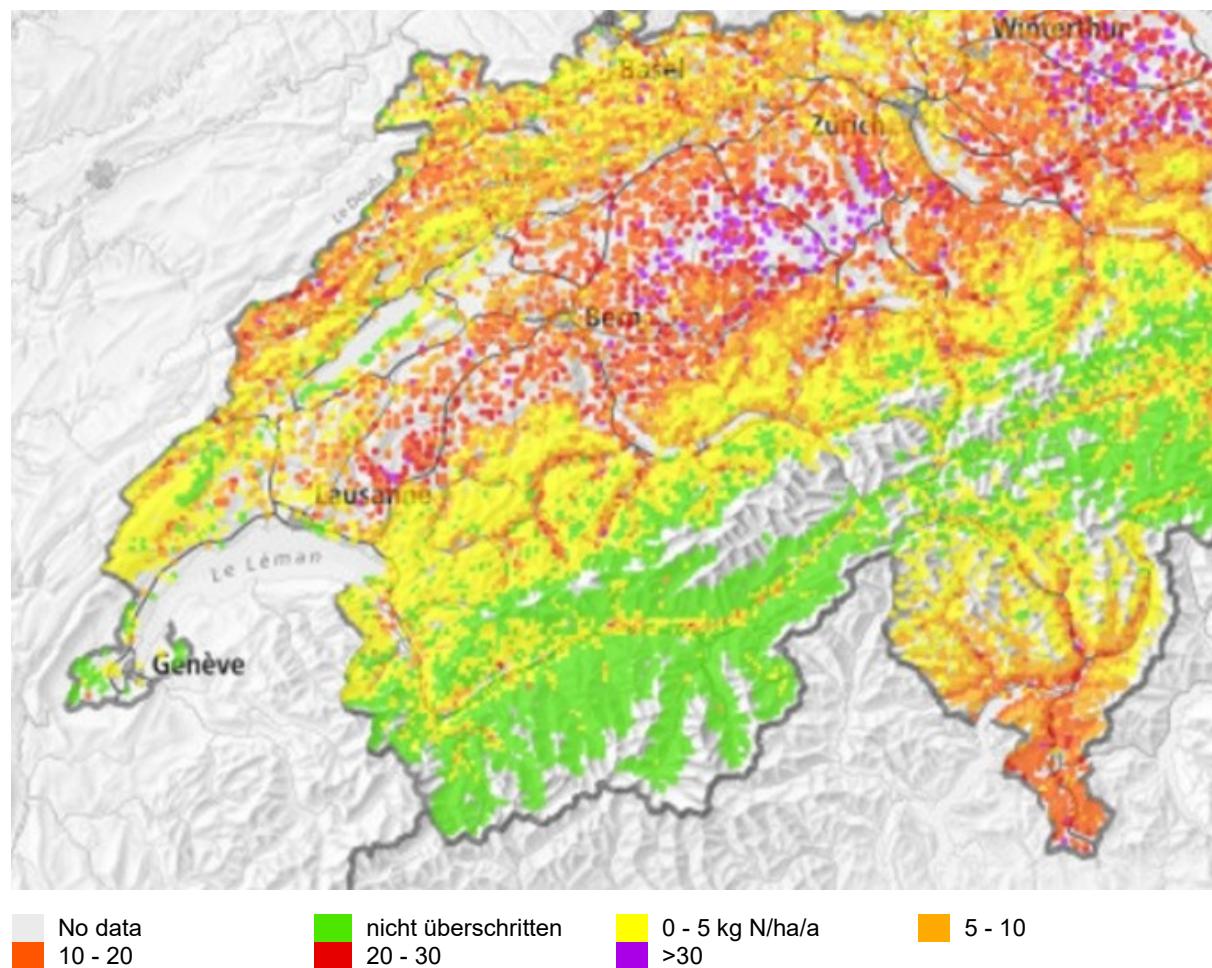


9.4.2. KRITISCHE BELASTUNGEN

Die Karte von 2020 der Überschreitung der kritischen Belastungen für die Deposition von reaktivem Stickstoff betrifft auch das Wallis. Die Depositionen werden durch Modellierung anhand der Bestimmungen von gasförmigem Ammoniak und Stickoxiden sowie anderen Stickstoffverbindungen in Form von feuchter und trockener Deposition berechnet. Die Karte gilt für sechs Familien empfindlicher Ökosysteme auf einem Raster von 1×1 km. Stickstoffüberschüsse treten im Kanton punktuell auf (Abbildung 27, gelbe und vor allem orange und rote Punkte). Ein besonders kritischer Punkt im Wallis, der auf der Karte violett markiert ist, ist der Pfynwald zwischen Siders und Leuk mit einem Überschuss von mehr als 30 [$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$]. Die anderen, weniger ausgeprägten Überschüsse sind vor allem in der Rhoneebene und seltener in einigen Seitentälern wie dem Val de Bagnes oder dem Val d'Illiez zu beobachten. Die Liste der gefährdeten

Ökosysteme ist lang: Hoch- und Flachmoore, Trockenwiesen, artenreiches Grasland der alpinen Stufe, Bergseen und Waldflächen. Eine Studie der Akademien der Wissenschaften Schweiz aus dem Jahr 2020 (akademien-schweiz.ch) warnt, dass die Vitalität der Bäume und ihr Wachstum dort geschwächt werden, wo die Belastung 30 [$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$] überschreitet. Diese Schwelle dürfte auf fast 90 % der Schweizer Waldfläche überschritten werden. Das BAFU-Tool zur Beurteilung der Stickstoffbelastung durch Tierhaltungsanlagen auf nahe gelegene empfindliche Ökosysteme legt den Grenzwert für Hochmoore auf 7 [$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$], für Flachmoore, Trockenwiesen und Laubwälder auf 15 [$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{j}^{-1}$] und für Nadelwälder auf 10 [$\text{kg N} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{a}^{-1}$] fest.

ABBILDUNG 27 – KARTE DER KRITISCHEN BELASTUNGEN DURCH STICKSTOFFDEPOSITIONEN IN DER SCHWEIZ IM JAHR 2020



Die 2014 in Visp festgestellten Überschreitungen stammten zu 51 % von gasförmigem Ammoniak, zu 25 % von gasförmigem NO₂ und zu 10 % von gravitativen Ammonium-Ablagerungen (NH₄⁺) und Nitrat (NO₃⁻). Bei der Kampagne 2019 stammten die übermässigen Belastungen zu 53 % aus gasförmigem Ammoniak, zu 15 % aus gasförmigem NO₂ und zu 15 % aus gravitativen Ammonium-Ablagerungen (NH₄⁺) und Nitrat (NO₃⁻). Der Rest setzt sich aus verschiedenen Feuchtdepositionen von Salpetersäure und Nitrat- und Ammoniumverbindungen zusammen. Fünf Jahre später wurde festgestellt, dass der Beitrag von gasförmigem NO₂ stark zurückgegangen war. Der Anteil der gravitativen Ablagerungen war gestiegen, insbesondere der Anteil von Ammonium, der von 4.6 % im Jahr 2014 auf 7.7 % im Jahr 2019 anstieg. Die Rückgänge bei gasförmigem NH₃ und NO₂ betrugen in diesen beiden Jahren 9 bzw. 41 %. Die in diesem Bericht dokumentierte deutliche Verbesserung der Stickstoffdioxid-Immissionen reicht je-

doch nicht aus, um übermässige Stickstoffbelastungen zu vermeiden. Die Situation für 2024 wird wahrscheinlich im Bericht für 2025 dargelegt werden.

Problematische Stickstoffemissionen betreffen darüber hinaus das Distickstoffoxid (N₂O, Lachgas). Es stellt im Wesentlichen ein starkes Treibhausgas (THG) dar. Es macht etwa 6 % der in der Schweiz emittierten THG aus, während Kohlendioxid (CO₂) 80 % und Methan (CH₄) 10 % ausmacht. Es ist zu zwei Dritteln das Ergebnis landwirtschaftlicher Aktivitäten durch Düngepрактиken und die Nutzung von Hofdünger. Der Anteil scheint bescheiden. Wenn man bedenkt, dass 1 kg N₂O 298 kg CO₂ entspricht und seine Verweildauer in der Atmosphäre etwa 114 Jahre beträgt, gehört sein Beitrag zur globalen Erwärmung zu den wichtigsten. Per Definition ist die Verweildauer in der Atmosphäre die Zeit, nach der ca. 63 % der Menge eines Stoffes abgebaut ist. Nach dieser Zeit sind jedoch immer noch fast 37 % (mathematisch: 1/e) der ursprünglichen Menge vorhanden, was immer noch nicht vernachlässigbar ist.

10. GROBSTAUBNIEDERSCHLAG

10.1. Steckbrief

Bei der monatlichen Messung des Grobstaubniederschlags wird der gesamte trockene und feuchte Niederschlag in der Luft mithilfe eines permanent expanierten Gefäßes gesammelt. Diese Staubpartikel sind, im Unterschied zu den PM10, zu gross, um längere Zeit in der Luft zu schweben. In Abwesenheit starker Winde haben Partikel mit einem Durchmesser von mehr als 0.1 mm eine Niederschlagsreichweite von nicht mehr als 30 m, wenn sie relativ nahe am Boden ausgestossen worden sind. Neben dem gesamten Staubgehalt werden auch die Schwermetalle (Blei, Cadmium und Zink) untersucht.

Wind, der das Gestein erodiert; Luftperturbulzenzen, die Staub vom Boden aufwirbeln und in die Atmosphäre tragen; Baustellen und Erdarbeiten – das sind alles Quellen für Staubemissionen. Die Wetterbedingungen haben einen starken Einfluss auf den Staubniederschlag: Regen hält ihn am Boden fest, Trockenheit hält ihn in der Luft. Im Wallis steigen die Konzentrationen des Staubniederschlags typischerweise im Frühjahr an. 2023 sind die höchsten Werte von April bis Juli zu verzeichnen (siehe Tabellen mit den Monatsergebnissen in Anhang 3). Im Oberwallis wurden im November relativ hohe Werte zwischen 100 und 150 mg/(m²xd) beobachtet, obwohl es in diesem Monat viel regnete. Die niedrigsten Werte werden im Allgemeinen von Dezember bis Februar beobachtet. Die Werte hängen manchmal von sehr lokalen Ereignissen ab und haben viele Störfaktoren (Insekten, Fliegen, Blätter usw.).

GROBSTAUBNIEDERSCHLAG – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK	
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	gut
STADTZENTRUM	gut
NÄHE VON INDUSTRIEN	gut

Nahrungskette (in Pilze, Gemüse usw.) gelangen. Die Neuro-Toxizität von Blei und Cadmium ist erwiesen. Diese Metalle gehören ebenso wie Asbest zu

den krebserregenden Luftschadstoffen. Sie sind bereits in geringsten Konzentrationen für den Menschen toxisch [1]. Der Hinweis auf Auswirkungen von Zink auf das Herz-Kreislauf-System wird als mässig eingestuft [4].

Die Analyse dieser Schadstoffe im Labor erfolgt jährlich anhand der monatlichen Proben. Hohe Schwermetallablagerungen können in der Nähe von metallverarbeitenden Betrieben auftreten. Im Wallis konzentriert sich die Überwachung jedoch auf die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen an der Quelle gemäss LRV.



Bergerhoff-Gerät für die Staubniederschlagsmessung

10.2. Ergebnisse 2023

An allen RESIVAL-Standorten wurden die Grenzwerte für den Grobstaubniederschlag (ausgedrückt in Milligramm pro Quadratmeter und Tag) eingehalten (Tabelle 8). Der höchste jährliche Depositionsfluss wurde mit $151 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ an der Station ländliche Region in der Ebene in Saxon gemessen, was 25 % unter dem Grenzwert von $200 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ liegt. Die Belastung durch Staubniederschlag an diesem Ort wird als signifikant eingestuft. Sie wird in den Monaten Mai bis Oktober verursacht. Im gesamten Wallis lagen die Niederschlagsmengen im Mai und Juni deutlich unter der Norm, die als Durchschnitt der Jahre 1990-2020 ausgedrückt wird. Diese Bedingungen begünstigen hohe Staubgehalte in der Luft. Aber mit Blick auf das gesamte Jahr 2023 war die Verschmutzung an allen anderen RESIVAL-Stationen gering, d. h. mindestens 50 % unter dem Grenzwert. Dass die Station Saxon, die inmitten von Obstplantagen und Gemüseanbaugebieten liegt, eine Ausnahme darstellt, liegt an den landwirtschaftlichen Aktivitäten, die an diesem Ort und an anderen Orten in der Rhoneebene mit denselben Merkmalen üblich sind. Bei ruhigem Wetter verursachen die Maschinen und Fahrzeuge, die von Frühling bis Herbst im Einsatz sind, lokale Staubemissionen, die an der Station direkt registriert werden. Wenn der Wind weht, tragen Einträge aus weiterer Ferne, die hauptsächlich aus der weitläufigen, landwirtschaftlich genutzten Ebene zwischen Martigny und Ardon stammen, zum Niederschlag bei.

Auch die jährlichen Mengen an Schwermetallen im Staubniederschlag, Blei (Pb), Cadmium (Cd) und Zink (Zn), ausgedrückt in Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag, liegen klar unter den Jahresgrenzwerten (Tabelle 8). Der maximale Depositionsfluss von Blei wurde in Saxon mit $7.9 \text{ } \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ gemessen, was 92 % unter dem Grenzwert liegt. Mit Ausnahme von Les Giettes und Saxon lagen die Ergebnisse für Cadmium und Zink alle um mehr als das Zehnfache unter dem Grenzwert.

Die Jahresbelastung mit Schwermetallen war 2023 an allen RESIVAL-Stationen erneut niedrig. Für Zn lagen die Werte über der Bestimmungsgrenze. Das-selbe gilt für Cd, ausser an den Stationen im Oberwallis und an der Station Sitten. Die Pb-Werte lagen hingegen alle unterhalb der Bestimmungsgrenze, ausser in Saxon. 2021 überschritt der Wert für Cadmium (Cd) bei Les Giettes die Jahresbegrenzung; Cd ist ein Metall, das in der LRV, in seiner lungengängigen Form von Staub, als krebserregend eingestuft wird. In den Jahren 2022 und 2023 war die Situation an dieser Station wieder LRV-konform, obwohl der Wert für dieses Metall am höchsten war. Seit 2017 ist dieser Ort derjenige mit der höchsten Cd-Belastung im RESIVAL, ausser im Jahr 2020, als er nach Montana an zweiter Stelle stand.

TABELLE 8 – GROBSTAUBNIEDERSCHLAG UND METALLGEHALT , IM JAHRESDURCHSCHNITT 2023

Regionen	Stationen	Jahresmittel [mg/m ² xd]	Blei (Pb) [µg/m ² xd]	Cadmium (Cd) [µg/m ² xd]	Zink (Zn) [µg/m ² xd]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	72	2.3	0.65	15
	Eggerberg	55	2.3	0.09	15
	Montana	68	2.3	0.09	16
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	151	7.9	0.28	80
STADTZENTRUM	Sion	75	2.3	0.09	31
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	69	2.3	0.14	23
	Brigerbad	69	2.3	0.09	20
LRV-NORM		200	100	2	400

10.3. Entwicklung der Immissionen

Seit 1995 haben die Grobstaubniederschläge den LRV-Anforderungen immer entsprochen, ausser 2019 in der ländlichen Region (Abb. 28). Veränderliche Wetterbedingungen und Intensitäten der Quellen erklären die recht starken Schwankungen der Ergebnisse von einem Jahr und einem Ort zum anderen. Zufällige Interferenzen durch Fremdkörperkontaminationen (Insekten, Fliegen, Bienen, Blätter, Kot usw.) tragen ebenfalls zu dieser Variabilität bei. Korrigiert werden diese Verfälschungen, indem man sie während des Analyseverfahrens nach Möglichkeit eliminiert. Doch deren systematische Entfernung erweist sich manchmal als schwierig, trotz striktem Analyseprotokoll.

Die jährlichen Depositionsflüsse schwanken normalerweise zwischen 50 und 150 mg/(m²×d). Höhere

Werte, mit Spitzenwerten, die 2007 und 2013 in die Nähe des Grenzwerts kamen, waren in Sitten festzustellen. Im Jahr 2019 wurde der Grenzwert in Saxon überschritten. Lokale Quellen tragen zu diesen Ausnahmen bei: Baustellen samt ihren mobilen Maschinen, Arbeiten in der Landwirtschaft und im Obstbau, allgemeiner Nutzverkehr. Der Trend für den Zeitraum 2013 bis 2023 zeigt in allen Regionen einen Rückgang, ausser in der ländlichen Region in der Ebene. In Anbetracht des seit 2019 anhaltenden Aufwärtstrends in Saxon, der die Bodenluft der ländlichen Regionen repräsentiert, könnte diese Entwicklung durch die Auswirkungen der globalen Erwärmung begünstigt werden. Mehr Trockenperioden und verstärkte Turbulenzen dürften den Grobstaub länger in der Schwebeflüssigkeit halten.

ABBILDUNG 28 – STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2023 REGIONALE MITTELWERTE

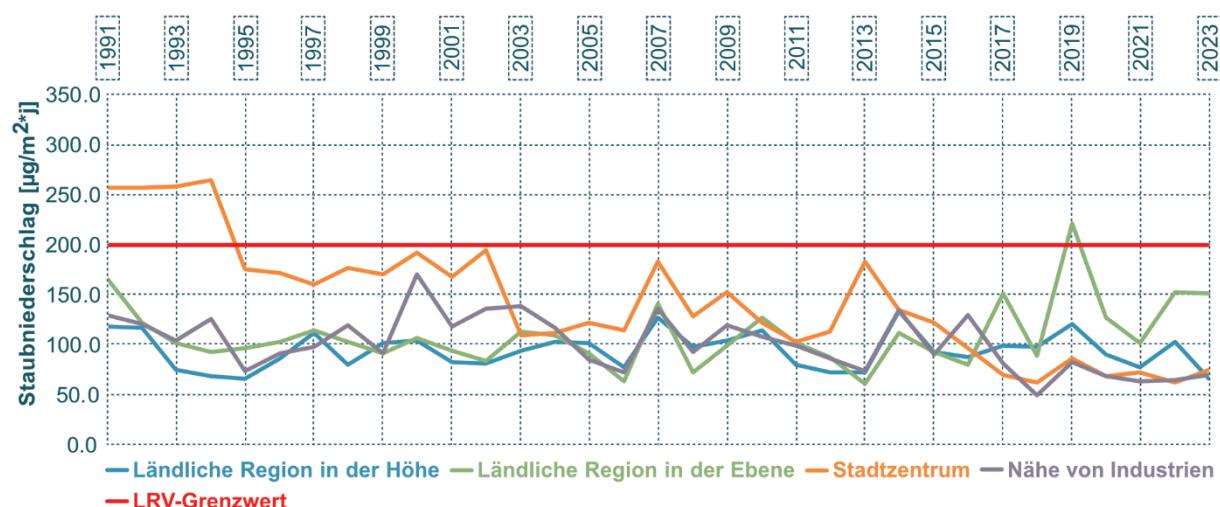


Abbildung 29 zeigt die Entwicklung der jährlichen Werte für Blei im Grobstaubniederschlag. Seit 2001 weisen die Ergebnisse von RESIVAL regelmässig sehr niedrige Werte auf, ausser in den Jahren 2017 und 2021. Im Jahr 2017 stiegen die Werte im Stadtzentrum und ländlichen Regionen in der Höhe vorübergehend an. In der Höhe war dies der höchste Wert seit Beginn der Messungen. Im Jahr 2021 war in allen Regionen ein Anstieg zu verzeichnen. In Regionen in Industrienähe und in ländlichen Regionen in der Ebene wurde in diesem Jahr der höchste Wert seit 1991 erreicht. 2022 hatte hingegen Rekord-Tiefstwerte gebracht. Im Jahr 2023 stiegen die Werte

wieder etwas an, lagen aber immer noch unter 10 µg/(m²×d) und damit mindestens 90 % unter dem Grenzwert. Die Bleibelastung wird seit 1992 als gering eingestuft. Die bedeutendste Entwicklung bleibt der starke Rückgang des Bleigehalts im Staub, der im Stadtzentrum von 1991 bis 2001 beobachtet wurde (Abbildung 29). Dies hängt damit zusammen, dass seit 1985 die Verwendung von bleifreiem Benzin gefördert wurde, was auch eine notwendige Voraussetzung für den Betrieb von Katalysatoren war, und dass der Bundesrat ab 2000 den Handel mit bleihaltigem Motorenbenzin, dem sogenannten Superbenzin, verbot.

ABBILDUNG 29 – BLEI IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2023, REGIONALE MITTELWERTE

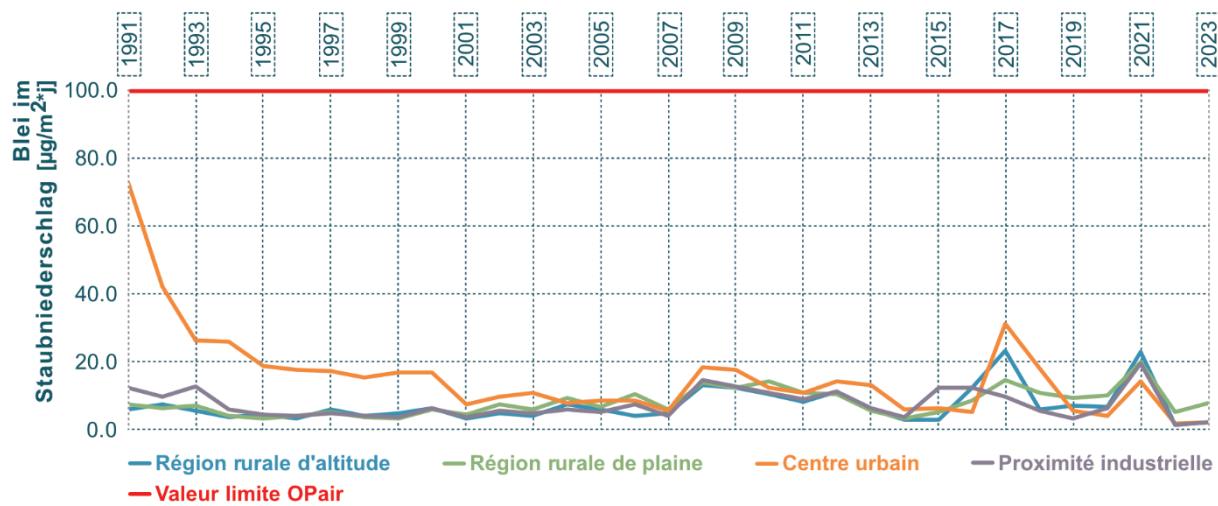
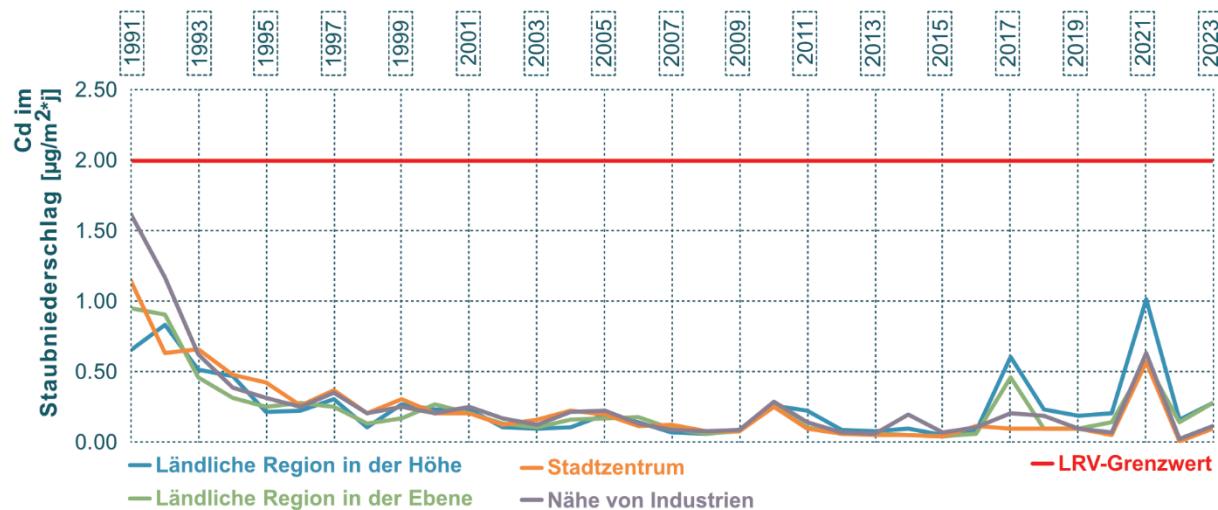


Abbildung 30 zeigt die Entwicklung der jährlichen Werte für Cadmium im Staubniederschlag. Wie bei Blei sind die seit 2001 gemessenen Werte in der Regel sehr niedrig. Die Belastung, die unter 50 % der LRV-Begrenzung von $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ liegt, ist seit 1993 niedrig, ausgenommen das Jahr 2021 in ländlichen Regionen in der Höhe mit dem Ausnahmewert von Les Giettes. Die Ergebnisse von 2015 sind nach wie vor am niedrigsten in ländlichen Regionen. Für 2022 werden die niedrigsten Ergebnisse in Stadtzentren und in der Nähe von Industrien geliefert.

Seit 1991 sind die Cadmiumbelastungen im Staub im Allgemeinen stark zurückgegangen, was vor allem auf die Einführung von Rauchgasreinigungsanlagen, z. B. bei Abfallverbrennungsanlagen, und die Eliminierung von Cadmium aus vielen Produkten zurückzuführen ist. Die relativ hohen Gehalte an der Station Les Giettes sind auf die Rauchfahne zurückzuführen,

die aus der KVA SATOM austritt. Die Cd-Messungen von 2019 (150 mg/h), 2021 (90 mg/h), 2023 (< 60 mg/h) scheinen auf einen Rückgang des Ausstosses dieses Schadstoffs hinzudeuten. Im Durchschnitt der letzten fünf Jahre betrug er zwischen 80 und 100 [mg/h], was bei 8200 Betriebsstunden pro Jahr etwa 740 [g/Jahr] entspricht. Um das Ergebnis von 2023 zu erklären, würde der Sammler in Les Giettes, der fast 650 m höher als die Kaminöffnung der KVA und in 6 km Entfernung liegt, einen Anteil von 3 bis 4 Milliardsteln einsammeln.

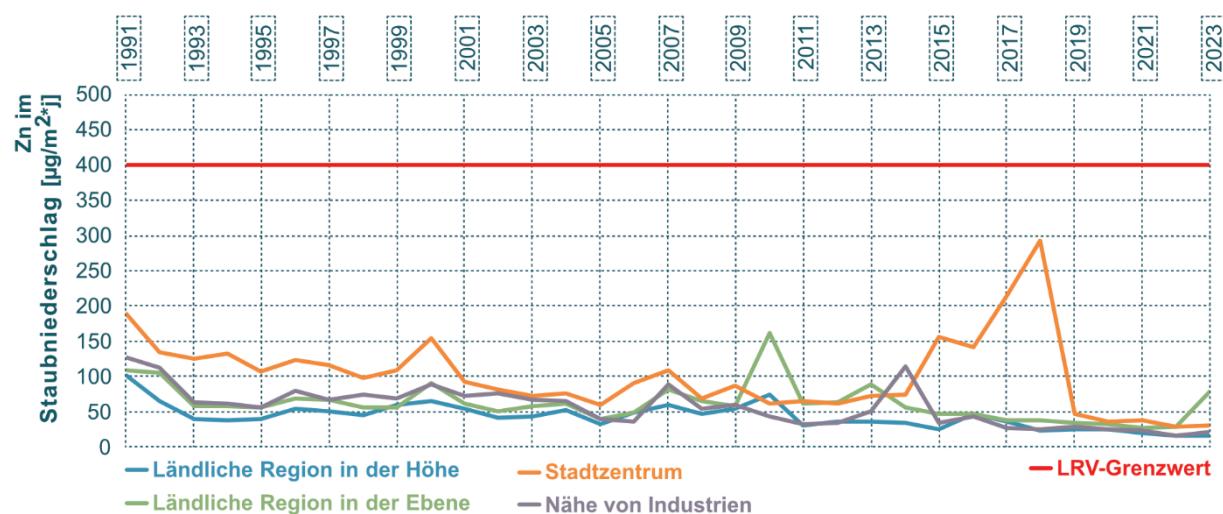
ABBILDUNG 30 – CADMIUM IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2023, REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE



Bis 2014 stagnierten die Werte für Zink, wobei insgesamt ein leichter Rückgang zu verzeichnen war. Dieser Trend setzte sich fort, ausser im Stadtzentrum, wo 2015 ein deutlicher Anstieg einsetzte (Abbildung 31). Er erreichte 2018 mit $293 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ seinen Höhepunkt, der höchste Wert, der seit Beginn der Messungen beobachtet wurde. Nach dem Standortwechsel der Station Sitten im Frühjahr 2014 stiegen die Werte von durchschnittlich $70 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ in den Jahren 2012 bis 2014 auf fast das Vierfache im Jahr 2018. An seinem neuen Standort stand der Sammler an einem Metallzaun. Diese Maschendrahtzäune enthalten typischerweise Zink, das ihre Lebensdauer verlängert. Metallpartikel lösten sich aus dem Zaun, wurden in der Luft aufgewirbelt und fielen wieder in den nahegelegenen Probenahmebehälter zurück. Um diesen spezifischen Einfluss zu vermeiden, wurde der Sammelzylinder vom Drahtgeflecht entfernt, blieb aber in der Nähe der Station. Seitdem ist

ein deutlicher Rückgang der jährlichen Zinkwerte im Stadtzentrum zu beobachten. Sie haben sich den Werten in anderen Regionen angeglichen. Die niedrigsten Werte seit Beginn der Messungen im Jahr 1991 wurden in den letzten drei Jahren beobachtet. In ländlichen Regionen in der Ebene war dies im Jahr 2021 der Fall, im Stadtzentrum und in der Nähe von Industrien 2022 und in ländlichen Regionen in der Ebene im Jahr 2023. Angesichts der toxischen Wirkung von Zn in hohen Konzentrationen und seiner schädlichen Auswirkungen auf Pflanzen, insbesondere auf solche, die der Stadt als Schmuck dienen, ist diese Entwicklung erfreulich. Mit Ausnahme der Jahre 2017 und 2018, die auf die spezifischen Ergebnisse der Station Sitten zurückzuführen sind, waren die Schadstoffwerte für dieses Metall im Staubniederschlag seit Beginn der Messungen im Jahr 1991 niedrig.

ABBILDUNG 31 – ZINK IN $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2023, REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE



11. FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN – VOC

11.1. Steckbrief

Die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) bilden eine grosse Familie von organischen Molekülen, die alle Kohlenstoff enthalten. Die einfachsten sind die Kohlenwasserstoffe, die nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Andere enthalten Sauerstoff (Aldehyde und Ketone), Chlor oder Fluor; wieder andere Halogene, wie das krebsverregende Trichlorethen, das (vermutlich) krebsverregende Perchloroethen oder das F134a (CH_2FCF_3), ein Kühlmittel oder Bestandteil von Isoliermitteln und gemäss Kyoto-Protokoll ein THG.

Diese Moleküle stammen vor allem aus Treib- und Brennstoffen, Lösungsmitteln, Farben, Fleckentfernern, Klebstoffen oder Kosmetika, aber auch aus natürlichen Quellen, wie Wäldern und Wiesen. Im Wallis gehen ca. 82 % der NMVOC-Emissionen, die für 2022 insgesamt 12'766 Tonnen betragen, auf natürliche Quellen zurück (siehe Abb. 32). Andere NMVOC-Quellen, mit einem Anteil von 10 % am jährlichen Ausstoss, sind hauptsächlich Lösungsmittel, die im Haushalt oder beim Bau (namentlich in Kleidungen) verwendet werden.

Natürlich vorkommende VOC sind nicht schädlich, während synthetisch hergestellte VOC manchmal krebsverregende (z. B. Benzol) oder toxische Eigenschaften haben, wobei die Toxizität von Substanz zu Substanz stark variiert. Alle VOC sind an der Ozonbildung beteiligt. Diejenigen mit einer hohen Reaktivität sind für die tageszeitlichen Ozonspitzenwerte in der Nähe der Quellen verantwortlich, während diejenigen mit einer geringeren Reaktivität zur Erhöhung des Hintergrundozons in weiten Gebieten beitragen. VOC sind auch Vorläufer von Feinstaub durch die Bildung von sekundären organischen Aerosolen.

VOC – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK

STADTZENTRUM



mittel

NÄHE VON INDUSTRIEN



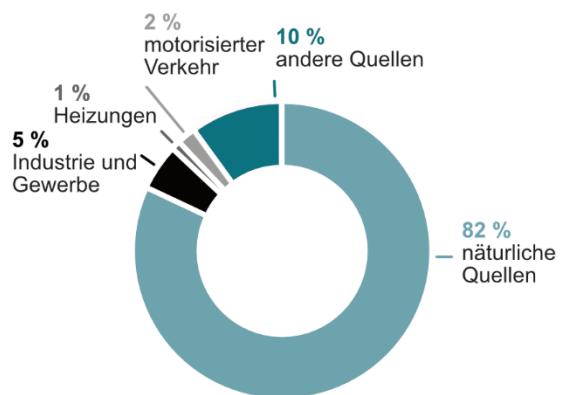
mittel

Die Messung von VOC erfolgt mithilfe hochentwickelter analytischer Geräte. Die Trennung erfolgt durch Gaschromatographie auf Kapillarsäulen und ihre Bestimmung durch Photoionisations (PID)- oder Flammenionisationsdetektoren (FID).



In der Schweiz werden durch das Umfüllen und Lagern von Kohlenwasserstoffen mehrere Dutzend Tonnen Benzol pro Jahr freigesetzt

ABBILDUNG 32 – NMVOC-Emissionen (VOC ausser Methan) im 2022



Andere Quellen: Offroad-Sektor (z. B. Baumaschinen, motorisierte Werkzeuge und Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft, Luft- und Schienenverkehr), Grastrocknung, Feuer im Freien, Feuerwerkskörper und Lösungsmittel, illegale Müllverbrennung.

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero)

BTEX, d. h. Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylool-Isomere, sind aromatische Verbindungen mit einem Benzolring. Sie sind vor allem im Motorenbenzin enthalten. Im Jahr 2000 wurde der Höchstgehalt an Benzol im Benzin von 5 auf 1 % gesenkt. Der Strassenverkehr ist für mehr als 98 % der anthropogenen Benzolemissionen in die Luft verantwortlich.

11.2. Ergebnisse 2023 und Entwicklung der Immissionen

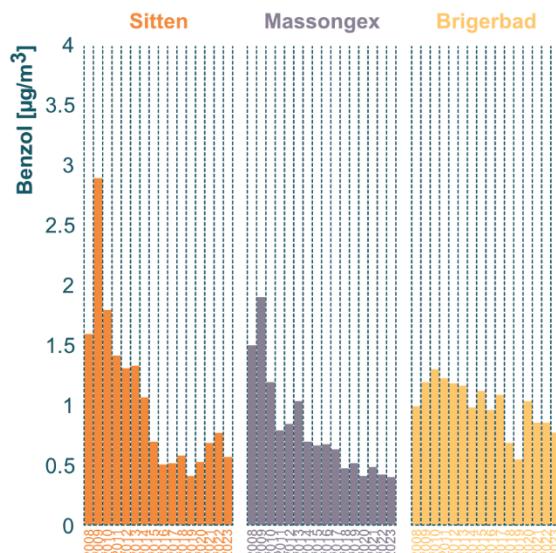
Benzol gehört zu den krebserregenden und genotoxischen Luftschaadstoffen, für die es keinen Schwellenwert gibt, unter welchem keine Gesundheitsgefahr besteht. Die LRV legt keine Immissionsgrenzwerte fest. Es ist der Grundsatz der LRV, dass Emissionen von krebserregenden Stoffen, unabhängig davon, wie hoch ihr schädigende Wirkung ist, soweit zu begrenzen sind, wie das technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Anhang 1 Ziff. 8

LRV). Die Hauptquellen für Benzol sind der Strassenverkehr, die Verbrennungsabgase von Heizungen, die Verdampfung von Erdölprodukten an Tankstellen und in Lagerstätten. Auf eher individueller Ebene wird es durch Tabakrauch freigesetzt. Bis zu 5 % der Benzoolemissionen sind natürlichen Ursprungs. Die Europäische Union hat als jährlichen Richt-Grenzwert 5 µg/m³ festgesetzt (Richtlinie 2000/69/EG). Der Referenzwert der WHO (RL) liegt bei 1.7 µg/m³ im Jahresdurchschnitt.

TABELLE 9 – BENZOL UND TOLUOL, ERGEBNISSE 2023

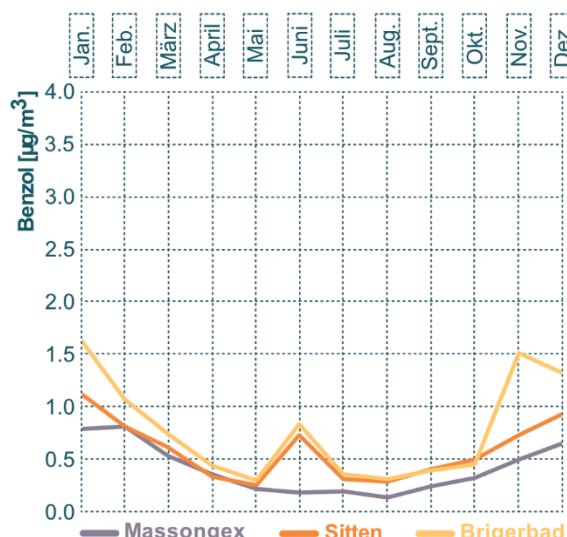
Regionen	Stationen	Benzol		Toluol	
		Jahresmittel [µg/m ³]	Tageshöchstwert [µg/m ³]	Jahresmittel [µg/m ³]	Tageshöchstwert [µg/m ³]
STADTZENTRUM	Sion	0.58	2.0	2.3	8.5
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	0.40	1.6	2.0	1.1
	Brigerbad	0.77	21	2.8	10
	Baltschieder	1.3	22	3.9	47

ABBILDUNG 33 – BENZOL, JAHRESMITTEL



Die vom Resival in Sitten, Massongex und Brigerbad gemessenen Benzolwerte, die in Tabelle 9 wiedergegeben werden, liegen weit unter dem Grenzwert der Europäischen Union. Sie liegen auch klar unter dem RL-Wert der WHO. Eine Ausnahme bildet die mobile Station in Baltschieder. Sie ist vorübergehend in Betrieb, um die Luftqualität in der Ebene in der Region Visp besser zu charakterisieren. Obwohl sie mit den gleichen Analysemitteln wie die Resival-Stationen ausgestattet ist, liefert sie deutlich andere Ergebnisse für VOC. Im Jahr 2022 wurde der RL-Wert der WHO in Baltschieder knapp überschritten. 2023

ABBILDUNG 34 – BENZOL, MONATSMITTEL 2023

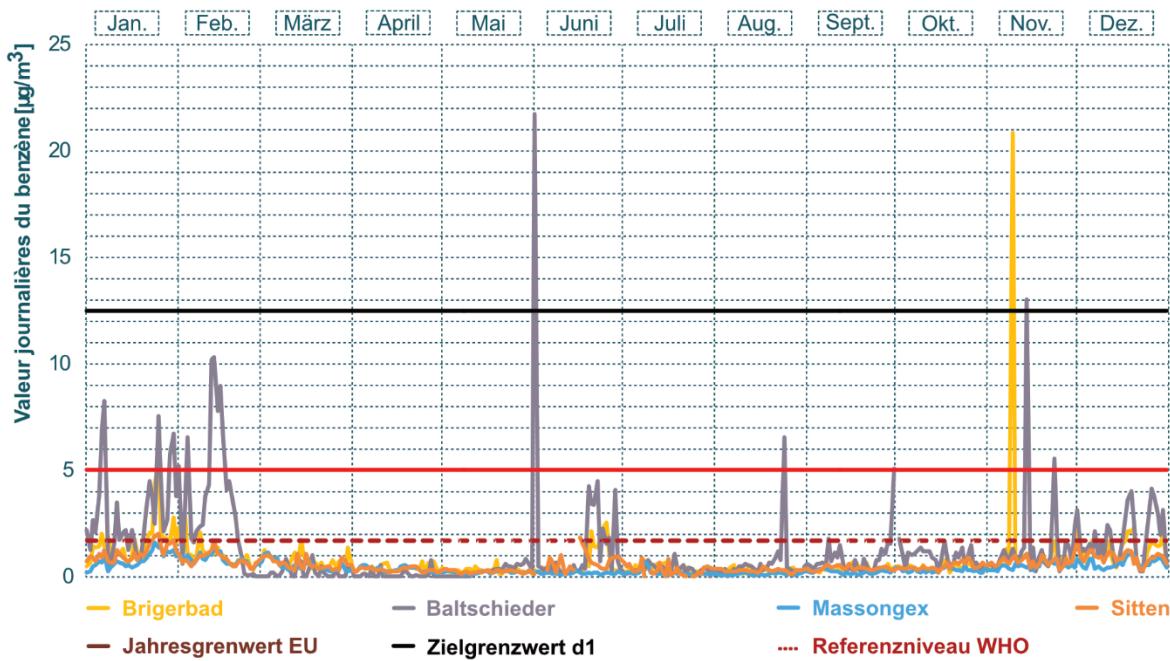


wurde er wieder eingehalten. Gemäss seiner Definition lag das Risiko wegen des Benzolgehalts in der Luft an diesem Messort an Krebs zu erkranken, vor zwei Jahren bei über 1 Fall von 100'000 Personen. Im darauffolgenden Jahr war es wieder niedriger. An den anderen Orten ist das Risiko niedriger, d.h. in der Regel sind im Wallis weniger als 3.5 Krebsfälle pro Jahr auf Benzol zurückzuführen, bei rund 350'000 Einwohnern im Kanton. Der Westen der Ortschaft Visp ist dieser Belastung stärker ausgesetzt. Abbildung 33 zeigt die Entwicklung in den letzten 15 Jahren. Seit Beginn der Messungen im Jahr 2008 haben

die jährlichen Benzolwerte in Sitten und Massongex einen deutlichen Abwärtstrend gezeigt. In der Hauptstadt Sitten ist seit 2019 wieder ein geringfügiger Anstieg zu beobachten. Die Station in Massongex verzeichnete 2023 mit $0.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den tiefsten Wert seit Messbeginn. In Brigerbad nähert sich der Jahreswert dem für 2019 gültigen Tiefstwert von $0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an. Er bleibt aber wie in den Folgejahren deutlich darüber. Während im Unterwallis die Luft von 2008 bis 2010 eine anhaltende Qualitätsverbesserung in Bezug auf die Benzolbelastung erfährt, ist diese im Oberwallis kaum vorhanden. Die tiefsten Monatswerte sind im Sommerhalbjahr zu finden (Abbildung 34). Der Anstieg im Juni ist auf 4 Tage mit RL-Überschreitungen in Brigerbad und 1 Tag in Sitten zurückzuführen, während sie von April bis September in der Regel ausbleiben. In der kalten Jahreszeit mit ihren Kaltluftseen sind die Schadstoffe aufgrund der meist weniger starken Luftumwälzung konzentrierter. Die Herbstspitze in Brigerbad ist auf den 9. November zurückzuführen, als ein Tagesmittelwert von $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ beobachtet wurde.

Im Jahr 2023 gab es an den Stationen im Unterwallis keine Benzol-Tageswerte, die den europäischen Jahresgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten (Tabelle 9). An den beiden Stationen im Oberwallis gab es hingegen 2 solche Tage in Brigerbad (25. Januar, 9. November) und 17 Tage in Baltschieder (5 im Januar, 7 im Februar, 1. Juni, 24. August, 30. September, 2 im November) (Abbildung 35). Diese Tage werden als kritisch bezeichnet, da die Immissionswerte zu einer Überschreitung der Begrenzung führen, wenn sie über einen längeren Zeitraum anhalten. Der RL-Wert der WHO für den Jahresdurchschnitt wurde 2023 an 73 Tagen in Baltschieder, an 26 Tagen in Brigerbad und an 5 Tagen in Sitten überschritten. Die beiden Stationen im Oberwallis in der Nähe von Visp mit seiner chemischen Industrie und seinem dichten Strassenverkehr hatten 2023 19 Mal gleichzeitig tägliche Überschreitungen des RL-Wertes zu verzeichnen, hauptsächlich im Januar, Februar und Dezember. Ansonsten sind die Benzolspitzenwerte über das Jahr verteilt uneinheitlich, wie Abbildung 35 an den beiden Stationen im Oberwallis zeigt.

ABBILDUNG 35 – TAGESWERTE VON BENZOL IM JAHR 2023 BEI DEN 4 STATIONEN IN DER EBENE



Der Tageszielwert von $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der gemäss der DUW nicht überschritten werden darf, wurde in Brigerbad einmal am 9. November und in Baltschieder zweimal am 1. Juni und 14. November überschritten. Eine eingehende Studie anhand der Immissionsdaten in Stundenwerten der Jahre 2018 und 2019 in Brigerbad, ergänzt durch die Daten von Baltschieder im Jahr 2019, untersuchte mögliche Zusammenhänge zwischen dem Ausstoss gröserer Industrieanlagen in Visp und den Ergebnissen dieser beiden Messstationen. Sie kam zu dem Schluss, dass es in der Regel keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den

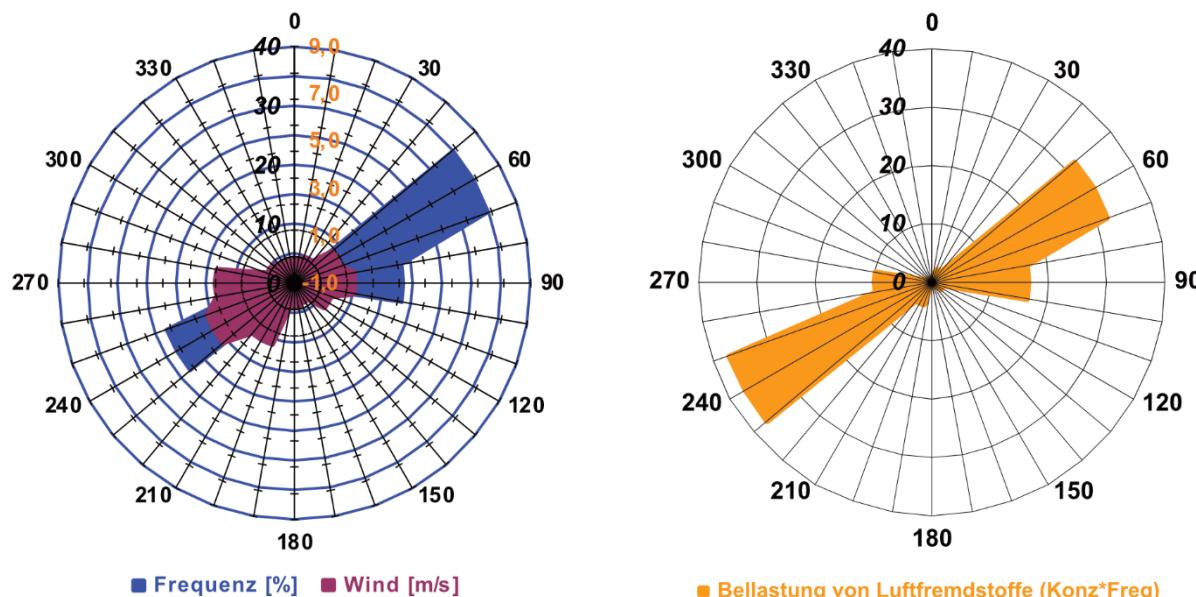
Emissionen der Grossindustrie und den registrierten Immissionen gibt. Eine Ausnahme hob sich jedoch von dieser Feststellung ab, bei der eine Korrelation bei einem eintägigen Vorfall im Februar 2019 identifiziert wurde. Im Jahr 2023 wurde im Informationsaustausch mit der Industrie insbesondere die Spitze am 9. November in Brigerbad diskutiert. Es konnte ein Zusammenhang zwischen dem beobachteten Benzolanstieg und Reinigungsarbeiten an einer ziemlich nahegelegenen Industrieanlage hergestellt werden. Es wurden Massnahmen vereinbart, um zu

verhindern, dass sich Lösungsmittel während Reinigungsprozesses verflüchtigen.

Abbildung 36 zeigt, dass es im Jahr 2023 abgesehen von Intervallen mit sehr schwachem oder keinem Wind (<0,5 m/s) viel häufiger aus Osten wehte. In der lokalen Meteorologie kommt es regelmässig zu Föhneereignissen, die durch die Kanalisation der Luft im Haupttal zu Ostwind in der Ebene führen. Thermische Winde, die ausserhalb des Winters auftreten, wehen normalerweise vom späten Nachmittag bis zum Mittag des nächsten Tages aus dem Osten und fliessen von den Gipfeln in die Ebene hinab. Am Messort Brigerbad ist Verschmutzung allergrössten Teils bei Ostwind festzustellen. Dort befinden sich

Tankanlagen, eine Abfallverbrennungsanlage und der regionale Strassenverkehr von Brig. Von Emissionen aus Visp und seiner Industrie wird die Station öfters abgeschirmt, da der Wind sie von der Station wegträgt Dennoch stammen die meisten Benzolbelastungen im Jahr 2023 aus dem Westsektor. Die durchschnittliche Konzentration des Schadstoffs war im südwestlichen Sektor von Visp 1.7-mal höher als im nordöstlichen Sektor von Brig. Die geringere Eintragshäufigkeit wird durch einen höheren Benzolgehalt kompensiert, dies erklärt die Umkehr der vorherrschenden Amplituden zwischen der Windrose und den Schadstoffbelastungen in Abbildung 36.

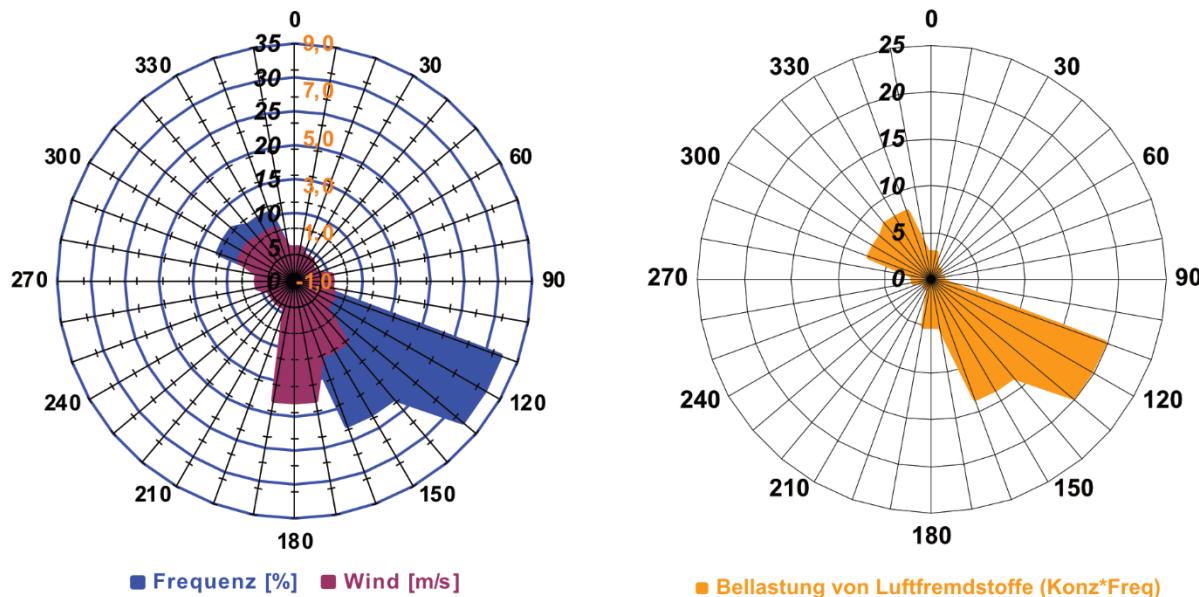
ABBILDUNG 36 – BENZOL -IMMISSIONEN AN DER STATION BRIGERBAD IM JAHR 2023 (90° = OST, 270° = WEST)



Die Station Massongex in der Nähe des Chemiestandorts im Norden liegt ebenfalls weniger häufig im Wind der industriellen Quellen, deren Verschmutzung sie ausgesetzt ist. Die Windrose für diese Station (Abbildung 37) zeigt, dass es häufiger aus dem Südsektor wehte, wenn Benzolbelastungen ausserhalb der unbedeutenden Windintervalle bestimmt wurden. Die Windhäufigkeit aus dem Nordwestsektor betrug etwa 23 % gegenüber 55 % aus dem Südostsektor. In der Windrose beträgt die grösste durchschnittliche Windgeschwindigkeit 4.6 m/s (16.6 km/h). Sie kommt genau aus Süden (180°) und weht nur 8 % der Zeit. Es handelt sich um einen sehr lokalen Wind, der 300 bis 400 m oberhalb der Messstation vom Plateau von Vérossaz herunterkommt und wie La Rogneuse, ein kleiner Nebenfluss der Rhone, ins Tal fliesst. Die Messstation Massongex befindet sich ebenfalls in einem ausgesprochenen Föhntal.

Der Föhn durchzieht es von Süden nach Norden. Also ist es hauptsächlich die Verschmutzung im Gebiet ohne Grossindustrie, die beschrieben wird. Daselbe gilt für die Bergwinde, die durch den Gravitationsauftrieb in Richtung See gleiten. Umgekehrt lenken die Talwinde die industrielle Verschmutzung in Richtung der Station. Sie werden durch die Erwärmung des Bodens verursacht, der einer beträchtlichen Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Die Luftpertikel, die mit dem Boden in Berührung kommen, dehnen sich aus und werden leichter, was sie dazu veranlasst, an den Hängen aufzusteigen. Im Laufe eines Jahres sind Winde von aufsteigenden Hängen seltener als Winde von absteigenden Hängen. Die Windrose in Abbildung 37 verdeutlicht dies. Da die Benzolgehalte zwischen den Einzugsgebieten nur geringfügig variieren, ähnelt die Grafik, die die Benzolbelastung darstellt, der Windrose.

ABBILDUNG 37 – BENZOL-IMMISSIONEN AN DER STATION MASSONGEX IM JAHR 2023 (0° = NORD, 180° = SÜD)

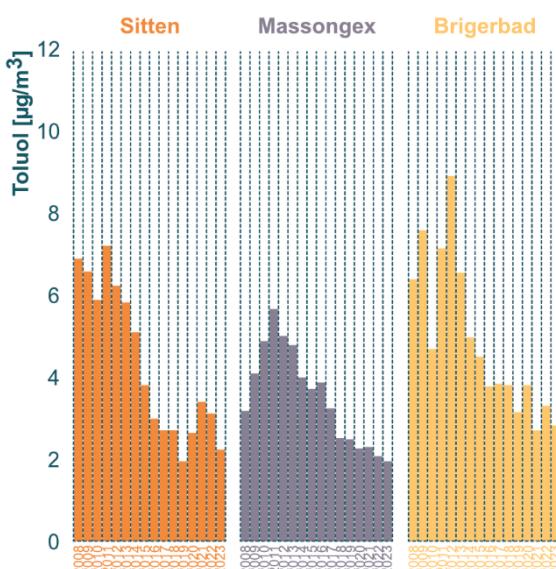


Benzol als Lösungsmittel wurde in der Industrie und ihren Produkten seit Jahren weitgehend abgeschafft. Daher deuten die Benzolbelastungsgraphen in den Abbildungen 36 und 37 darauf hin, dass der Strassenverkehr die Hauptursache sein dürfte.

Für Toluol-Immissionen wurde kein Grenzwert festgelegt. Die Ergebnisse für 2023 gibt Tab. 9 wieder. Die Jahreswerte für 2023 gehören zu den tiefsten seit Messbeginn. In Massongex ist es sogar der niedrigste Stand seit 2008. In Brigerbad konsolidiert sich die allgemeine Senkung der Werte, die 2016 einsetzte. Im Allgemeinen ist der langjährige Mittelwert

im Zeitraum 2008-2015 an den drei Walliser Stationen etwa doppelt so hoch wie im Zeitraum 2016-2023 (Abbildung 38). Der Trend zu einer Abnahme hält in den letzten acht Jahren an, ausser in Sitten, wo die Schwankungen zwischen den Jahren keine klare Abwärtsrichtung zeigen. Wie bei Benzol zeigt Abbildung 39, dass die monatlichen Toluol-Konzentrationen in der kalten Jahreszeit im ersten und vierten Quartal am höchsten sind, wenn die Luftmassen ruhiger und für die Schadstoffausbreitung durch thermische Turbulenzen weniger günstig sind.

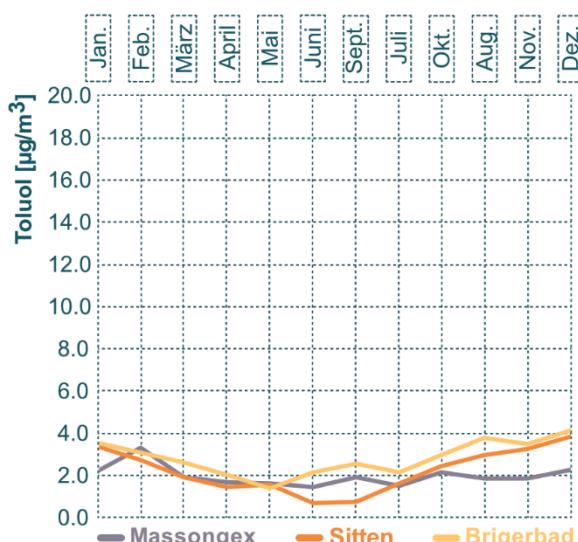
ABBILDUNG 38 – TOLUOL, JAHRESMITTEL



Die anerkannten Quellen für Toluol sind der Strassenverkehr, Industrie und Gewerbe sowie die Haushalte. Der Jahresmittelwert von Toluol in Baltschieder ist um 40 % höher als in Brigerbad. Der Tageshöchstwert ist fast fünfmal so hoch (Tabelle 9). Die Tatsache, dass die Station westlich von Visp häufiger im Wind der von der Ortschaft und ihren Industrien ausgestossenen Verschmutzung liegt als die östlich gelegene Station Brigerbad, trägt zur Erklärung dieser Beobachtung bei. Der Tagesspitzenwert von 47 µg/m³ ist dennoch aussergewöhnlich. Er trat am 1. Juni auf und begleitete den in Abbildung 35 gezeigten Benzolwert. An diesem Donnerstag trat ein allgemeiner Anstieg der BTEX auf. Dies galt spezifisch für die mobile Station, denn 4 km weiter östlich in Brigerbad waren die Werte zu diesem Zeitpunkt niedrig oder lagen nahe am Jahresmittelwert. Die Wetterbedingungen waren nicht besonders günstig für eine Akkumulation der Verschmutzung. Alles deutet darauf hin, dass eine intensive und ziemlich nahe gelegene Quelle, die wahrscheinlich mit dem Verkehr oder Strassenarbeiten zusammenhing, vorübergehend aktiviert wurde. Während des restlichen Jahres lagen alle Tageswerte für Toluol in Baltschieder unter 20 µg/m³.

Unter den BTEX ist Toluol die Verbindung mit den höchsten Massenkonzentrationen. Danach folgen die Werte für Benzol. Die Ethylbenzol-Werte für 2023 reichen von 0.21 bis 0.53 µg/m³. In Bezug auf die Emissionen befindet sich Toluol zusammen mit Xylenen in der LRV-Klasse 2 für organische Stoffe, Ethylbenzol in der Klasse 1. Die Emissionen in Klasse 1 sind stärker begrenzt, da sie Stoffe enthält, bei denen der begründete Verdacht besteht, dass sie krebserregend sind. Dies ist bei Toluol und Xylenen nicht der Fall, im Gegensatz zu Benzol, das nachweislich krebserregende Eigenschaften hat.

ABBILDUNG 39 – TOLUOL, MONATSMITTELWERTE 2023



VOC mit sehr grosser Reaktivität, wie die natürlichen Verbindungen Isopren, α -Pinen und Limonen, sind verantwortlich für kurzzeitige Ozonspitzen in der Nähe ihrer Quellen. Das grosse Übergewicht der natürlichen Quellen im Wallis (Abb. 32) begünstigt diese Prozesse. VOC mit schwächerer Reaktivität, wie das Benzol, das Toluol, das Ethanol und das Methan, tragen hingegen zur grossflächigen Erhöhung des Anteils an Hintergrundozon bei. In diesem Sinne ist eine Reduzierung aller VOC vorteilhaft für die Verringerung der Ozonbelastung, wenn auch auf unterschiedlichen Zeitskalen und unter Berücksichtigung der natürlichen Emissionen. Um die durch menschliche Aktivitäten verursachten Freisetzung zu minimieren, ist die Anwendung der Verordnung über die Lenkungsabgabe auf VOC (VOCV) zusammen mit den Emissionskontrollen auf der Grundlage der LRV-Begrenzungen eine wichtige Massnahme.

Auch Methan (CH_4) ist eine VOC. Gemäss dem Emissionskataster nach Art. 21 des kantonalen Umweltschutzgesetzes von 2010 betragen die jährlichen Emissionsmengen seit 2005 rund 6760 t/Jahr. Dabei ist zu beachten, dass diese Emissionen zwischen der Version des Katasters vor 2021 (v.2.2.8) und den nachfolgenden Versionen (v.2.2.9.13 und v.2.2.9.18) ziemlich drastisch nach unten korrigiert wurden. Zum Vergleich: Die Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen ohne Methan (NMVOC) werden für das Jahr 2022 auf fast 12'766 Tonnen festgelegt. Obwohl CH_4 an der Ozonproduktion beteiligt ist, ist es vor allem wegen seiner anhaltenden Wirkung als Treibhausgas (THG) besorgniserregend. Seine Verweildauer in der Atmosphäre beträgt 12 Jahre. CH_4 , Kohlendioxid (CO_2) und Distickstoffmonoxid (N_2O) machten 2020 etwa 96 % der THG-Emissionen aus. Der Rest stammt aus synthetischen Gasen wie Fluorkohlenwasserstoffen (HFC), perfluorierten Kohlenwasserstoffen (PFC) und Schwefelhexafluorid (SF_6).

Letzteres hat eine Verweildauer von 3200 Jahren in der Luft und ein 22'800-mal höheres Treibhauspotential pro Molekül als CO₂. Der Ausstoss von Fluor und seinen Verbindungen ist in der LRV begrenzt, wenn auch hauptsächlich in Form von Fluorwasserstoffsäure. Die wichtigsten THG sind in der LRV weder bei den Emissionen noch bei den Immissionen begrenzt, was vor allem auf ihre geringe Ökotoxizität in den Konzentrationen, die wir einatmen, zurückzuführen ist. Zum Beispiel stellt CO₂ unterhalb von 1000 ppm keine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar (Norm SN546382/1). Seine Konzentrationen in der Atmosphäre liegen derzeit bei etwa 420 ppm. Im Jahr 2000 lag der Wert bei 370 ppm. Bei diesem Tempo wird der CO₂-Gehalt im Jahr 2100 bei 620 ppm liegen, wenn der Anstieg anhält. Angesichts einer Verweildauer in der Atmosphäre von 100 bis 150 Jahren würden die Auswirkungen eines solchen Niveaus eine grosse Herausforderung in Bezug auf die globale Erwärmung und ihre spezifischen Folgen darstellen.

Die unterschiedlichen Strategien zur Verringerung der Emissionen von Luftschatdstoffen und Treibhausgasen tragen der Tatsache Rechnung, dass Treibhausgase im Gegensatz zu den durch die LRV geregelten Schadstoffen sehr lange Verweildauern in der Atmosphäre, eine ausgedehnte räumliche Verteilung über den Globus und Auswirkungen unterschiedlicher Art aufweisen. Die Auswirkungen von sommerlichen Hitzewellen auf die Ozonkonzentrationen, von Trockenperioden oder intensiven Niederschlägen auf den Staubgehalt in der Luft, insbesondere auf den Feinstaubgehalt, die durch die Klimaerwärmung begünstigt werden, sind Beispiele für die Wechselwirkungen zwischen der Luftverschmutzung und den Wetterbedingungen, die durch den Klimawandel beeinflusst werden. Die Massnahmen, die zu seiner Mässigung ergriffen werden, haben einige positive Auswirkungen auf die Luftqualität. Durch die Verringerung von Extremereignissen aufgrund des Klimawandels dienen sie vor allem dazu, starke und plötzliche Schwankungen der Luftverschmutzung zu vermeiden. Dadurch werden die schädlichen Auswirkungen der Luftverschmutzung nachhaltiger verhindert.

11.3. Krebserregende VOCs im Wallis

Seit 2019 befindet sich eine mobile Messstation in der Talebene im Oberwallis, in Baltschieder westlich von Visp. Ihre Jahresergebnisse für die gängigen Schadstoffe liegen nahe an denen der Station Brigerbad. Die VOC-spezifischen Werte weisen jedoch regelmässig grosse Unterschiede auf. Die Positionierung der beiden Stationen in der Hauptachse des durch das Tal kanalisierten Windes, die eine westlich, die andere östlich von Visp, hat den Vorteil, dass man die Verschmutzung aus diesem Siedlungsraum unabhängig von der Windrichtung kontinuierlich messen kann. Bei ruhiger Luft messen beide Stationen ähnliche Schadstoffwerte, solange die spezifischen Quellen in der Umgebung der einen Station nicht aktiv werden. Beide Stationen sind mit GC-FID-Analysatoren für die Bestimmung von VOC, insbesondere BTEX, ausgestattet. Das Gerät in Brigerbad verfügt zusätzlich über ein spezielles Modul zur Messung von hochflüchtigen VOC, wie 1,3-Butadien und Vinylchlorid, zwei Stoffe, die in der LRV als krebserregend (Klasse 3) eingestuft sind.

Die LRV listet in Anhang 1 Ziff. 8 über krebserregende Stoffe fünf Verbindungen auf, die Analysatoren erkennen können: Benzol, Trichlorethylen (TRI), Vinylchlorid (VC), 1,4-Dichlorobenzol (1,4-DCB), 1,3-Butadien (1,3-BuD). Die Bestimmung des TRI ist mit dem bestehenden System jedoch nicht möglich, da diese Substanz nicht von Iso-Oktan unterschieden werden kann. Dieser Schadstoff, der auch als 2,2,4-Trimethylpentan (TMP) bezeichnet wird, stammt hauptsächlich aus dem Strassenverkehr. Von den 4

ausgewählten krebserregenden VOC – Benzol, CV, 1,4-DCB, 1,3-BuD – ist keine vollständig vor Ko-Eluierungen geschützt, da sich der VOC-Mix in der Umgebungsluft mit der Zeit verändert. Eine zusätzliche Bestimmung durch Massenspektrometrie würde die Diagnose verbessern, aber der Stand der Technik ist noch nicht reif, um sie in die Resival-Standards aufzunehmen. Im Jahr 2024 wird eine Kampagne bei den drei Stationen in Industrienähe durchgeführt, um Doppelbestimmungen mithilfe von Passivsammlern durchzuführen. Sie wird eine bessere Überprüfung auf mögliche verdeckte Ko-Elutionen und auf VOC-Quantifizierungen mittels GC-FID gewährleisten. Andernfalls sollten die Ergebnisse für diese Verbindungen mit Vorsicht beurteilt werden. Für CV, 1,4-DCB und 1,3-BuD betragen die Jahresmittelwerte 2023 in Brigerbad 1.6, 0.10 bzw. 1.4 µg/m³, während der Jahresmittelwert für 1,4-DCB in Baltschieder 0.24 µg/m³ beträgt. Diese Werte liegen weit unter dem EU-Grenzwert von 5 µg/m³ für eine Öko-Toxikologie, die mit der von Benzol vergleichbar ist. Dagegen liegt der jährliche CV-Wert in Brigerbad nahe am RL-Wert der WHO von 1.7 µg/m³.

Angesichts der ähnlichen Toxizität der untersuchten krebserregenden VOC schlägt die DUW eine tägliche Begrenzung ihrer kumulativen Konzentration vor. Sie wurde auf 12.5 µg/m³ geschätzt und stellt einen Zielwert dar, der nicht überschritten werden sollte. In dieser Hinsicht zeigt Abbildung 40 unten die Ergebnisse für 2023 an den beiden Stationen in Industrienähe in der Ebene im Oberwallis. Der Tageshöchstwert wird

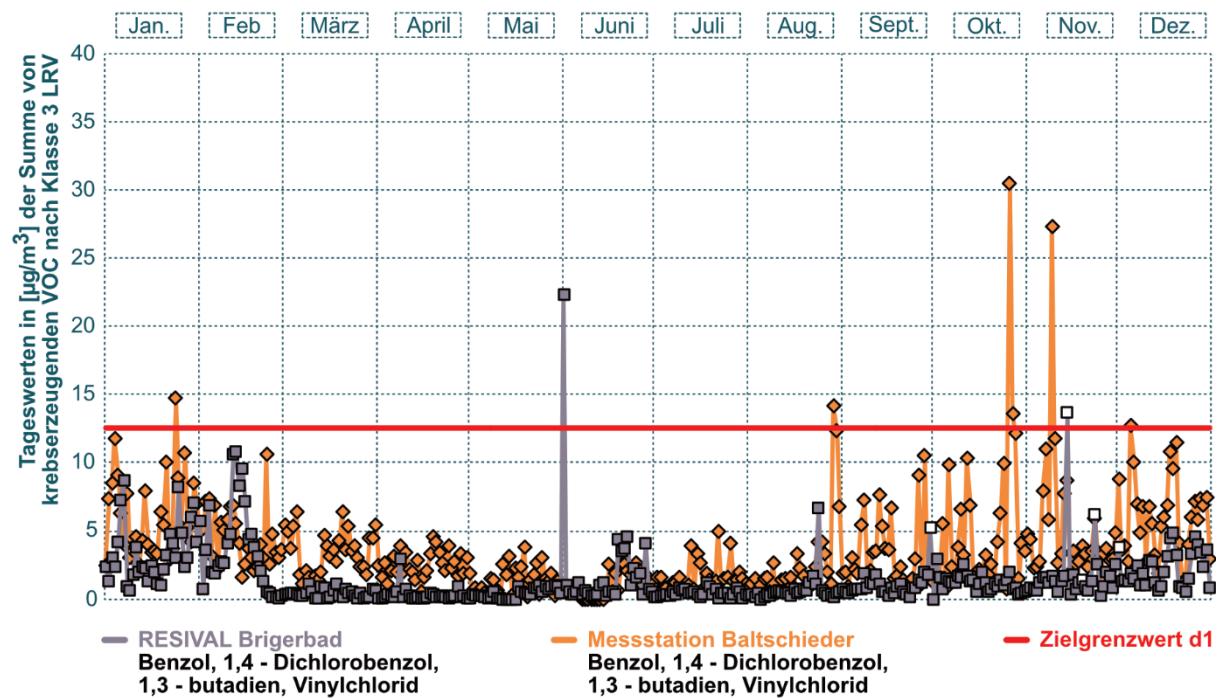
achtmal im Jahr überschritten, sechsmal in Brigerbad und zweimal in Baltschieder. Der Beitrag der verschiedenen krebserregenden VOC zum Gesamtwert ist von Mal zu Mal sehr unterschiedlich. In Brigerbad war CV am 24. Januar mit 58 Massenprozent der Gesamtkonzentration dominierend. Es ist auch am 5. Dezember mit 81 % der Gesamtkonzentration vorherrschend. Am 9. November dominierte Benzol mit 76 %, während 1,3-BuD am 29. August 96 % der Gesamtmasse-konzentration ausmachte. Bei den beiden Überschreitungen im Oktober machen CV und 1,3-BuD zusammen mehr als 95 Massenprozent der Gesamtkonzentration aus.

An der Station Baltschieder sind die beiden jährlichen Überschreitungen des kritischen Wertes von $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hingegen auf Benzol zurückzuführen, das mehr als 95 % der maximalen Massenkonzentration ausmacht. Tatsächlich ist der Anteil von 1,4-DCB sowohl in Brigerbad als auch in Baltschieder immer sehr gering und übersteigt bei VOC-Spitzenwerten,

die den Zielwert überschreiten, nie 5 % der Gesamtmenge.

Im Jahresschnitt wird die Summe der Konzentrationen krebserregender VOC als gesundheitsgefährdend eingestuft, wenn der RL-Wert der WHO von $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für VOC mit benzoläquivalenter Toxizität überschritten wird. Im Jahr 2023 ist dies in Brigerbad der Fall mit einem Durchschnittswert für diese VOC (Σ Benzol, 1,4-DCB, CV, 1,3-BuD) von $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, was 2.1-mal höher als der RL-Grenzwert ist. In Baltschieder spiegelt der Jahresmittelwert von $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ vor allem den von Benzol wider, da CV und 1,3-BuD nicht bestimmt wurden. Eine CV-Schätzung zeigt jedoch, dass der RL-Jahresgrenzwert auch in Baltschieder überschritten würde, nämlich um das 1.6-fache, wenn diese VOC hinzugefügt würde. Nach den Standards der WHO könnten ein bis zwei Krebs-erkrankungen pro Jahr in der Talebene des Oberwallis durch die Immissionen von krebserregenden VOC verursacht werden.

ABBILDUNG 40 – IMMISSIONEN VON KREBSERREGENDEN VOC IN DER EBENE DES OBERWALLIS IM JAHR 2023



LITERATUR

- [1] BAFU 2023 | Umwelt-Zustand: Luftqualität 2022. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). Bundesamt für Umwelt, Bern. www.bafu.admin.ch/uz-2316-d, 29 S.
- [2] Empa, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik, 8600 Dübendorf, Juli 2023: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe im PM10 an ausgewählten Stationen des NABEL sowie der Kantone, Messbericht 2022. A. Fischer und C. Hüglin.
- [3] Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL), 2013: Feinstaub in der Schweiz 2013. Bern, 63 S.
- [4] Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL), 2023: Die neuen WHO-Luftqualitätsrichtwerte 2021 und ihre Bedeutung für die Schweizer Luftreinhalte-Verordnung. Bern, 120 S.
- [5] BAFU 2010: Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1990–2035. Aktualisierung 2010. Bundesamt für Umwelt, Bern, Umwelt-Wissen Nr. 1021: 130 S.
- [6] FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG, Rapperswil, Mai 2023, 86 S.: Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2022. Messbericht. Seitler E., Meier M.
- [7] Forschungsstelle für Umweltbeobachtung (FUB), Rapperswil, Januar 2021, 131 S.: Atmosphärische Stickstoff-Deposition in der Schweiz 2000 bis 2019. Seitler E., Meier M., Ehrenmann Z.
- [8] BAFU 2020: Übermässigkeit von Stickstoff-Einträgen und Ammoniak-Immissionen. Bewertung anhand von Critical Loads und Critical Levels insbesondere im Hinblick auf einen kantonalen Massnahmenplan Luftreinhaltung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2003: 23 S.

ABKÜRZUNGEN, EINHEITEN UND SYMBOLE

AGVS	Auto Gewerbe Verband Schweiz (www.agvs-upsa.ch)
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BC	Black carbon. Er wird optisch durch seine Lichtabsorption definiert. Er enthält vor allem EK und besteht nebenbei aus schwerer organischer Materie
BFS	Bundesamt für Statistik
BTEX	Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol (aromatische flüchtige organische Verbindungen)
Cadero	Westschweizer Luftemissionskataster (Genf, Waadt, Wallis)
Cd	Cadmium
Cercl'Air	Schweizerische Gesellschaft der Lufthygiene-Fachleute (https://cerclair.ch)
CH ₄	Methan
ChemRRV	Verordnung zur Reduktion von Risiken beim Umgang mit besonders gefährlichen Stoffen, Zubereitungen und Gegenständen oder Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (SR 814.81)
CLN	Critical loads for nitrogen (critical loads für Stickstoffeinträge)
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
DFE	Departement für Finanzen und Energie (Staat Wallis)
DMRU	Departement für Mobilität, Raumentwicklung und Umwelt (Staat Wallis)
DEWK	Dienststelle für Energie und Wasserkraft (www.vs.ch/de/web/sefh)
DFM	Dienststelle für Mobilität (www.vs.ch/de/web/sdm)
DPM	Dienststelle für Personalmanagement (www.vs.ch/de/web/srh)
DSUS	Dienststelle für Strassenverkehr und Schifffahrt (www.vs.ch/de/web/scn)
DUW	Dienststelle für Umwelt (www.vs.ch/de/web/sen)
DVSV	Dienststelle für Verbraucherschutz und Veterinärwesen (www.vs.ch/de/web/scav)
DWFL	Dienststelle für Wald, Flussbau und Landschaft (www.vs.ch/de/web/sfcep)
DWTI	Dienststelle für Wirtschaft, Tourismus und Innovation (www.vs.ch/de/web/seti)
EGW	Emissionsgrenzwert
EK	Elementarer Kohlenstoff, Graphit. Er wird chemisch definiert.
EKL	Eidgenössische Kommission für Lufthygiene
EMPA	Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (www.empa.ch)
EUA	Europäische Umweltagentur. E: EEA - European Environment Agency
FDDM	Stiftung für die nachhaltige Entwicklung der Bergregionen (www.fddm.ch)

FW	Fernwärme
H ₂	Molekularer Wasserstoff
HBEFA	Das Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (E: Handbook Emission Factors for Road Transport - HBEFA)
IARC	International Agency for Research on cancer. D: Internationale Agentur für Krebsforschung (eine Agentur der WHO)
IGW	Immissionsgrenzwert
KKRL	Kantonale Kommission für die Reinhaltung der Luft (Kanton Wallis)
KVA	Kehrichtverbrennungsanlage, Anlage zur thermischen Verwertung von Abfällen
kW	Kilowatt (103 Watt, Einheit der Energieleistung in [J/s] im SI)
kWh	Kilowattstunde (Einheit der Energie, im SI in [J] ausgedrückte Grösse; ein Generator mit 1 kW (1000 W), der eine Stunde lang kontinuierlich läuft, liefert 1 kWh Energie oder 3.6 MJ (1000 [J/s] × 3600 [s] = 3.6 [MJ]).
LBI	Langzeit Luftbelastungs-Index. Schweizer Meldesystem, das die Auswirkungen auf die Gesundheit berücksichtigt. In der Cerc'Air-Empfehlung Nr. 27b wird es detailliert beschrieben.
LRV	Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (SR 814.318.142.1)
µg/m ³	Mikrogramm pro Kubikmeter. Diese Konzentration ist die absolute Anzahl von Molekülen in einem Kubikmeter unter Berücksichtigung ihres spezifischen Gewichts. Die Konzentration ändert sich mit der Höhe, da sich die Luft ausdehnt oder komprimiert.
mg/m ³	Milligramm pro Kubikmeter (absolute Anzahl von Molekülen in einem Kubikmeter unter Berücksichtigung ihrer spezifischen Masse)
µg/(m ² × d)	Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag (manchmal abgekürzt als ug/(m ² ×Tag))
mg/(m ² × d)	Milligramm pro Quadratmeter und Tag (manchmal abgekürzt als mg/(m ² × Tag))
M ü. M.	Meter über Meer, Höhe in Metern über dem Meeresspiegel
MW	Megawatt (106 Watt, Einheit der Energieleistung in [J/s] im SI)
MWh	Megawattstunde (Energieeinheit, im SI in [J] ausgedrückte Grösse; 1 MWh = 3.6 GJ)
NABEL	Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (www.empa.ch/web/s503/nabel)
NH ₃	Ammoniak
NMVOC	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (VOC ohne Methan)
N ₂ O	Lachgas, Distickstoffmonoxid,
NO	Stickstoffmonoxid (1 ppb entspricht 1.25 µg/m ³ bei 293.15 K (20°C) und 1013.25 hPa (mbar))
NO ₂	Stickstoffdioxid (1 ppb entspricht 1.91 µg/m ³ bei 293.15 K (20°C) und 1013.25 hPa (mbar))
NO _x	Stickoxide (NO + NO ₂)
O ₃	Ozon (1 ppb entspricht 2 µg/m ³ bei 293.15 K (20°C) und 1013.25 hPa (mbar))
PAK	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (manchmal auch als Polybenzole bezeichnet)
Pb	Blei
PF	Partikelfilter
PM	Gesamter Staub
PM _{2.5}	Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser von bis zu 2.5 Mikrometern (µm oder um)

PM10	Feinstaub mit einem aerodynamischen Durchmesser von bis zu 10 Mikrometern (μm oder um)
ppb	Ein Teil pro Milliarde. So ausgedrückt ist eine Konzentration relativ zu einer Milliarde Moleküle unabhängig vom Volumen, das sie einnehmen. Die Konzentration ist invariant mit der Höhe.
ppm	Ein Teil pro Million. So ausgedrückt ist eine Konzentration relativ zu einer Million Moleküle unabhängig von dem Volumen, das sie einnehmen.
PSI	Paul Scherrer Institut (https://www.psi.ch)
QMS	Qualitätsmanagementsystem
RL	Reference level (Referenzwert). Die WHO definiert ihn als den Wert, über dem das Risiko, bei einer Person mit einer Standard-Lebenserwartung an Krebs zu erkranken, das tolerierte Risiko einer Person von 100'000 übersteigt.
SAS	Schweizerische Akkreditierungsstelle (www.sas.admin.ch/sas)
SDE	Sand dust event (englischer Begriff, im umgangssprachlichen Deutsch: Saharastaub-Ereignisse)
SI	Internationales Einheitensystem
SNL	Sektion Umweltbelastungen und Labor (in DUW integriert)
SO ₂	Schwefeldioxid
SRF	Schweizer Radio und Fernsehen (öffentlich-rechtliches Unternehmen, www.srf.ch)
SVK	Schweizerischer Verband für Kältetechnik (www.svk-asf-atf.ch)
Swiss TPH	Schweizerisches Tropen- und Public Health-Institut (Swiss Tropical and Public Health Institute (www.swisstph.ch))
TCS	Touring Club Schweiz (www.tcs.ch)
THG	Treibhausgase (hauptsächlich CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)
USG	Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (SR 814.01)
VKTS	Verein Kontrollstelle Textilreinigung Schweiz (textilpflege.ch)
VOC	Flüchtige organische Verbindungen
VOCV	Verordnung über die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen vom 12. November 1997 (SR 814.018)
WBV	Walliser Baumeisterverband (www.ave-wbv.ch)
WHO	Weltgesundheitsorganisation. E: World Health Organisation (WHO)
WKMV	Walliser Kaminfegermeister Verband
WMO	Weltorganisation für Meteorologie. E: World Meteorological Organization (WMO)
Zn	Zink

ANHÄNGE

- ANHANG 1 Kantonaler Massnahmenplan zur Luftreinhaltung (Plan VS LRV)
- ANHANG 2 RESIVAL, Allgemeines
- ANHANG 3 RESIVAL, Ergebnisse nach Stationen
- ANHANG 4 RESIVAL, Piktogramme zur Luftqualität
- ANHANG 5 Luftqualität und Präventionsmassnahmen

A1: Kantonaler Massnahmenplan zur Luftreinhaltung (LRV-Plan)



Die jährliche Überprüfung der Massnahmen des kantonalen Luftreinhalteplans wird in einem beiliegenden Bericht veröffentlicht. Die Bilanz für das Jahr 2023 ist auf der Website der Dienststelle für Umwelt verfügbar.

Seit 2014 werden die wichtigsten Ziele des kantonalen LRV-Plans für die PM10- und NO₂-Werte in der Walliser Umgebungsluft erreicht. Die Einhaltung der geltenden LRV-Begrenzungen hat sich in den letzten zehn Jahren verstärkt.

Im Jahr 2023 legte die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene jedoch einen Bericht vor, in dem sie empfahl, die neuen, 2021 von der WHO herausgegebenen Leitlinien in die LRV zu übernehmen. Diese sind wesentlich strenger als die vorherigen von 2005, welche die Grundlage für die meisten der vorliegenden Begrenzungen (IGW) bilden, die in Anhang 7 der LRV enthalten sind. Das BAFU plant, den Empfehlungen der EKL zu folgen und bis 2030 neue IGW einzuführen, die die WHO-Standards weitgehend übernehmen. Die Beurteilung der Luftqualität wird sich dann im Vergleich zu den heutigen LRV-Grenzwerten grundlegend ändern, insbesondere bei Feinstaub PM10 und PM2.5 sowie bei NO₂. Nach jetzigem Stand der Dinge erfüllen diese Schadstoffe im Wallis, zumindest in der Talebene, die neuen WHO-Standards nicht.

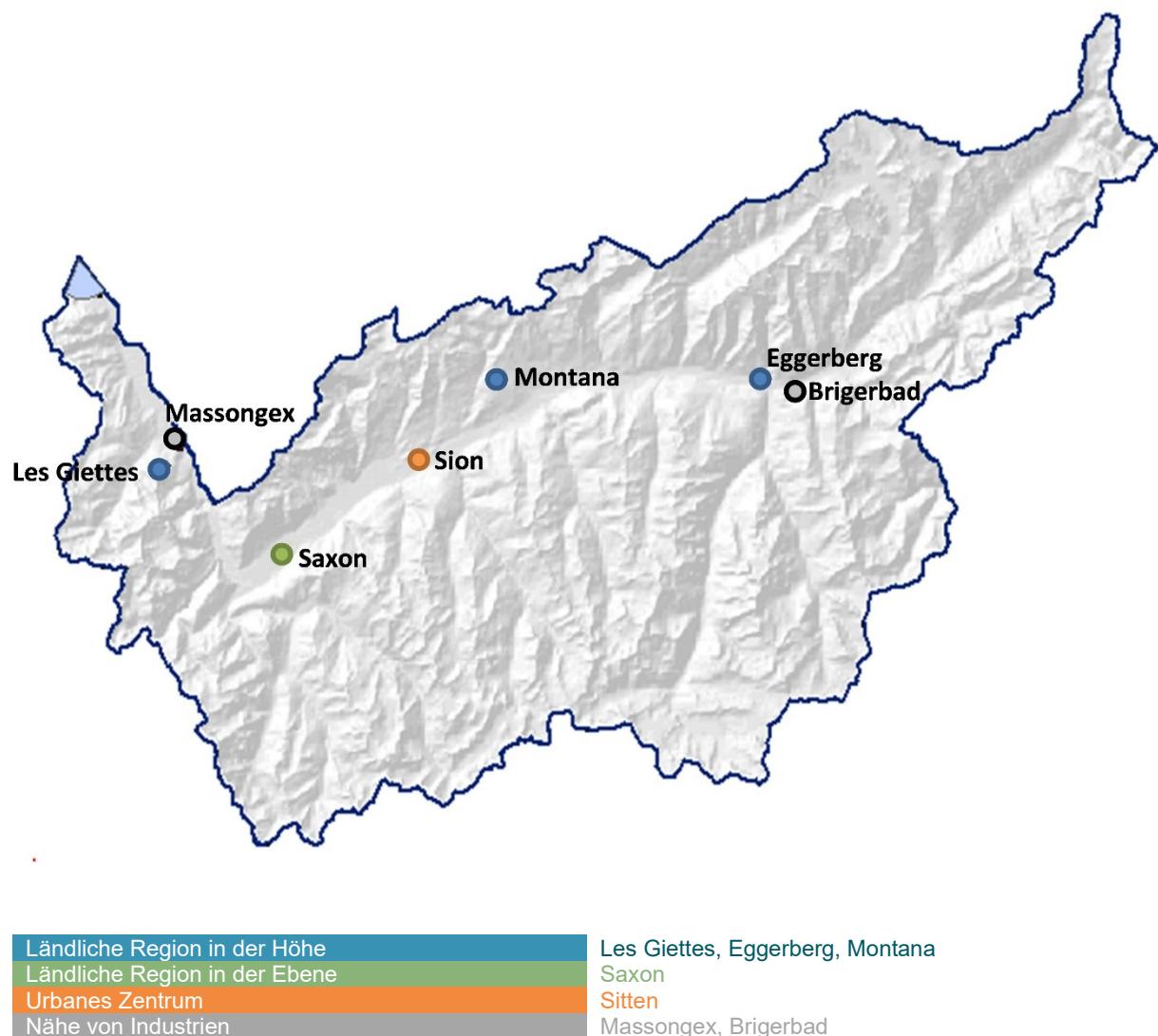
A2: RESIVAL: Allgemeines



© Chab Lathion

Die Messstationen des RESIVAL

ABBILDUNG 41 – LAGE DER MESSSTATIONEN DES MESSNETZES RESIVAL



LRV-Grenzwerte

TABELLE 10 – LRV-GRENZWERTE

Substanzen	Immissionsgrenzwert	Statistische Definitionen
Stickstoffdioxid (NO_2)	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	95 % der Halbstundenmittelwerte eines Jahres $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Durchschnitt pro 24 Stunden; darf auf keinen Fall mehr als einmal pro Jahr überschritten werden
Ozon (O_3)	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	98 % der Halbstundenmittelwerte eines Monats $\leq 100 \mu\text{g}/\text{m}^3$
	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Stundenmittelwert; darf auf keinen Fall mehr als einmal pro Jahr überschritten werden
Feinstaub (PM10)	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24-Stunden-Mittelwert; darf nicht öfter als 3 Mal pro Jahr überschritten werden
Feinstaub (PM2.5)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Blei (Pb) im Feinstaub (PM10)	500 ng/ m^3	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Cadmium (Cd) im Feinstaub (PM10)	1.5 ng/ m^3	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Staubniederschlag (insgesamt)	200 mg/($\text{m}^2 \times \text{d}$)	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Blei (Pb) im Staubniederschlag	100 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Cadmium (Cd) im Staubniederschlag	2 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Zink (Zn) im Staubniederschlag	400 $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)

Die Grenzwerte für SO_2 und CO sind in dieser Tabelle nicht mehr aufgeführt, da diese Schadstoffe ab 2019 nicht mehr von RESIVAL gemessen werden. Sie sind jedoch weiterhin im Anhang 7 LRV aufgeführt.

Messunsicherheit

Bei den Immissionsgrenzwerten wird die Messunsicherheit berücksichtigt. Für den Vergleich der erhobenen Messwerte mit den Immissionsgrenzwerten der LRV gilt:

$x \leq \text{IGW}$: der Immissionsgrenzwert wird eingehalten.

$x > \text{IGW}$: der Immissionsgrenzwert wird überschritten.

wobei:

x : gemessener Immissionswert (z.B. Jahresmittelwert in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

IGW: Grenzwert gemäss LRV

Die Immissionsmessungen richten sich nach den Messempfehlungen des BAFU. In Übereinstimmung mit den Bestimmungen dieser Empfehlungen ist die Messunsicherheit bei den Jahresmittelwerten nicht grösser als $\pm 10\%$ und bei den Tageswerten nicht grösser als $\pm 15\%$. Diese Intervalle werden eingehalten, solange sich die Messmethoden strikt an die normativen Anforderungen halten, die auf experimentellen Validierungen basieren. Das Reserval-Netzwerk wendet diese Praxis an. Systematische Fehler werden durch häufige Kalibrierungsprüfungen und Korrekturen der beobachteten Abweichungen behoben.

Analytisches Programm

TABELLE 11 – ANALYSE-PROGRAMM RESIVAL

Einstellungen	Les Giettes	Massongex	Saxon	Sitten	Eggerberg	Brigerbad	Montana
Stickoxide NO, NO₂ (NO_x)	X	X	X	X	X	X	X
Ozon O₃	X	X	X	X	X	X	X
VOC / BTEX	-	X	-	X	-	X	-
Schwebestaub PM10, einschliesslich Metalle (Pb, Cd)	X	X	X	X	X	X	X
Schwebestaub PM2.5	X	X	X	X	X	X	X
Staubniederschlag, einschliesslich Metalle (Pb, Cd, Zn)	X	X	X	X	X	X	X
Russ (EK), und organischer Kohlenstoff (CO)	-	X	-	-	-	-	-
Meteorologische Parameter	X	X	X	X	X	X	X

X: Analysierter Parameter ;

- : Parameter nicht analysiert.

2018 wurde an der Station Massongex eine neue Messmethode für elementaren Kohlenstoff eingeführt, bei der auch der organische Kohlenstoff ermittelt wird. Organischer Kohlenstoff ist ein Bestandteil des Feinstaubes PM2.5 und PM10. Seit 2023 wird der Feinstaub mit Hilfe von kontinuierlichen Analysatoren und HVS an allen ortsfesten Resival-Stationen bestimmt. Jede Station verfügt über zwei HVS-Messgeräte mit Probenahmeköpfen, die spezifisch die PM2.5- oder PM10-Faktion herausfiltern.

Radioaktivitätsmessungen sind Sache des Bundes. Das nationale Messnetz für Radioaktivität (NADAM, www.naz.ch) besteht aus 76 über die ganze Schweiz verteilten Sonden; fünf davon befinden sich im Wallis: in Sitten, Visp, Ulrichen, Zermatt und am Grossen St. Bernhard.

Die mobile Station in Baltschieder misst seit 2019 O₃, NO_x, PM10, VOC, Staubniederschlag und die darin enthaltenen Metalle Cd, Pb und Zn.

Analytische Methoden

TABELLE 12 – IMMISSIONSMESSUNG, ANALYTISCHE METHODEN

Parameter	Messfrequenz	Methoden	Messgerät	Kalibrierungsprüfungen
Stickoxide NO, NO ₂ (NO _x)	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Chemie-Lumineszenz SN EN 14211:2012	Horiba APNA-370	Alle 24 Stunden Verdünnung des Standardgases
Ozon O ₃	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	UV-Absorption SN EN 14625:2012	Environnement O ₃ 42e	Interner Generator + Monatlich Horiba OZGU 370-SE
Flüchtige organische Verbindungen (VOC), BTEX	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Gaschromatografie (GC), PID- oder FID-Detektor (SN EN 14662)	Chromatotec VOC GC 866	Alle 72 Stunden Verdünnung des Standardgases
Feinstaub PM10, PM 2.5	Alle 4 Tage Tagesmittelwerte	Gravimetrie High Volume Sampler SN EN 12341:2014	HVS Digital DHA-80	Jährliche Kontrolle
	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Optische Zählung von Partikeln 180 nm bis 18 µm Entspricht EN 12341	Horiba APDA-372	Monatlich für den Durchfluss und die Größenverteilung der Partikel
Pb und Cd in PM10	Alle 4 Tage Jahresmittelwerte	ICP-MS ISO 17294-2A	-	Externe Analyse
Elementarer Kohlenstoff, Russ (EC in Luftstaub)	Kontinuierlich, ~halb-monatliche Mittelwerte	TSP: APDA-Filter CE: TOT EUSAAR_2A SN EN 16909:2017	Horiba APDA-372	Externe Analyse (CE/CO)
Staubniederschlag	Kontinuierlich Monatliche Mittelwerte	Bergerhoff VDI 4320 Teil 2	Mettler Toledo AX205 DR	Nach jeder Analysenserie
Im Staubniederschlag: Pb - Cd - Zn	Kontinuierlich Jahresmittelwerte	ICP-OES (Zn) / ICP-MS ISO 11885/ ISO 17294-2A	-	Externe Analyse
Lufttemperatur	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Pt 100	FRIEDRICHs 2010	Jährliche Kontrolle
Luftfeuchtigkeit	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Kapazitives Hygrometer	Rotronic hydroclip	Jährliche Kontrolle
Sonneneinstrahlung	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Photovoltaikzelle	K + Z CM5	-
Luftdruck	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Barometer	EDA 310/111	Jährliche Kontrolle
Wind: Stärke und Richtung	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Ultraschallanemometer	METEK	Jährliche Kontrolle

N.B. Die mobile Messstation in Baltschieder ist mit einem kontinuierlichen PM10-Analysator Thermo ESM FH62 I-R und einem Friedrichs Schalen-Anemometer zur Messung der Windgeschwindigkeit ausgestattet.

Qualitätssicherung

TABELLE 13 – NACH DER NORM ISO-17025 AKKREDITIERTE MESSUNGEN

Parameter	Messprinzip	Standard	Datum
Ozon (O₃)	Photometrie im ultravioletten Bereich	EN 14625	06.07.2006
Stickoxide (NO, NO₂)	Chemilumineszenz	EN 14211	06.07.2006
Feinstaub (PM10, PM2.5)	HVS-Gravimetrie (Digitel DA80)	EN 12341 (gleichwertig)	11.11.2008
Feinstaub (PM10)	Beta-Absorption (Betameter)	EN 12341 (gleichwertig)	11.11.2008
Feinstaub (PM10 und PM2.5)	Optische Zählung der Konzentrationen in Partikelanzahl (p/cm ³) ³	EN 12341 (gleichwertig)	11.11.2008

Bis 2019 wurden unsere Immissionsmessungen alle zwei Jahre von einer externen Stelle überprüft. Es wurden Ringversuche unter Leitung des Umwelt- und Gesundheitsschutzamtes der Stadt Zürich (UGZ) und unter Aufsicht des Cercl'Air durchgeführt. An der Ergebnisauswertung war auch das METAS beteiligt. Die Ergebnisse der letzten Kontrolle im Juli 2019 bei der Resival-Station Brigerbad waren vorschriftsgemäss und entsprachen den Anforderungen. Infolge der im März 2020 ausgebrochenen Corona-Pandemie wurde dieses Programm unterbrochen. Die DUW verlangt nach einer Wiederaufnahme für 2024, doch nun ist diese erst für 2025 geplant.

Die Gruppe Luft ist nach der Norm ISO 17025 akkreditiert. Seit 2018 wurden im Labor der Dienststelle für Umwelt Arbeiten zur Anpassung des QMS an die 2017 eingeführte neue Version dieser Norm unternommen. Diese Arbeiten führten insbesondere dazu, für die Sektion Umweltbelastungen und Labor (SUL) eine neue Qualitätspolitik zu deklarieren und ihr Qualitätshandbuch zu aktualisieren. Das im August 2019 von der Schweizerischen Akkreditierungsstelle durchgeföhrte Kontroll-Audit wurde mit Erfolg bestanden. Zu deren Aufgaben gehörte es, die ordnungsgemäss Integration der geänderten Norm zu überprüfen. Im Januar 2021 wurde ein Re-Akkreditierungsaudit durchgeföhr. Auch dieses wurde erfolgreich bestanden und die Akkreditierung für den Zeitraum von Juli 2021 bis Juli 2026 verlängert.

Veröffentlichungen

Die amtliche Publikation der Immissionsergebnisse des RESIVAL erfolgt jedes Jahr mit dem vorliegenden Bericht zur Luftreinhaltung.

Die Daten über die Luftqualität werden auch fortlaufend im Internet publiziert, unter:

- <https://www.vs.ch/de/web/sen/air>.

Neben den Echtzeit-Daten, die auf einer Karte des Kantons Wallis unter «Luftqualität» angezeigt werden, präsentiert die Website auch Grafiken der Daten der drei letzten Tage, der Vorwoche sowie jährliche Statistiken. Mit Hilfe des Datenabfragemoduls erhält man eine Auswahl an Werten aus einer Datenbank ab 1990.

«AirCheck», die Smartphone-App, liefert – insbesondere für das Wallis, aber auch für die übrige Schweiz – jederzeit Angaben zum aktuellen Stand der Luftbelastung. Seit 2013 gibt es Karten für das Wallis, auf denen die Luftqualität bildlich dargestellt und ständig aktualisiert wird. Die App liefert auch Informationen zu Massnahmen und Verhaltensweisen bei Verschmutzungereignissen. Die Links für den kostenlosen Download aus dem App Store, von Google Play und Windows Store befinden sich auf:

- <https://cerclair.ch/aircheck>.

Auf der Website www.transalpair.eu sind die Immissionswerte der zuständigen Stellen in Frankreich (Departements Savoien, Obersavoyen und L'Ain) und Italien (Autonome Region Aostatal) einsehbar. Die Partner aus der Schweiz sind die Kantone Genf, Waadt und Wallis.

Die Daten werden auch an das Bundesamt für Umwelt übermittelt und sind in auf nationaler Ebene aggregierter Form abrufbar unter:

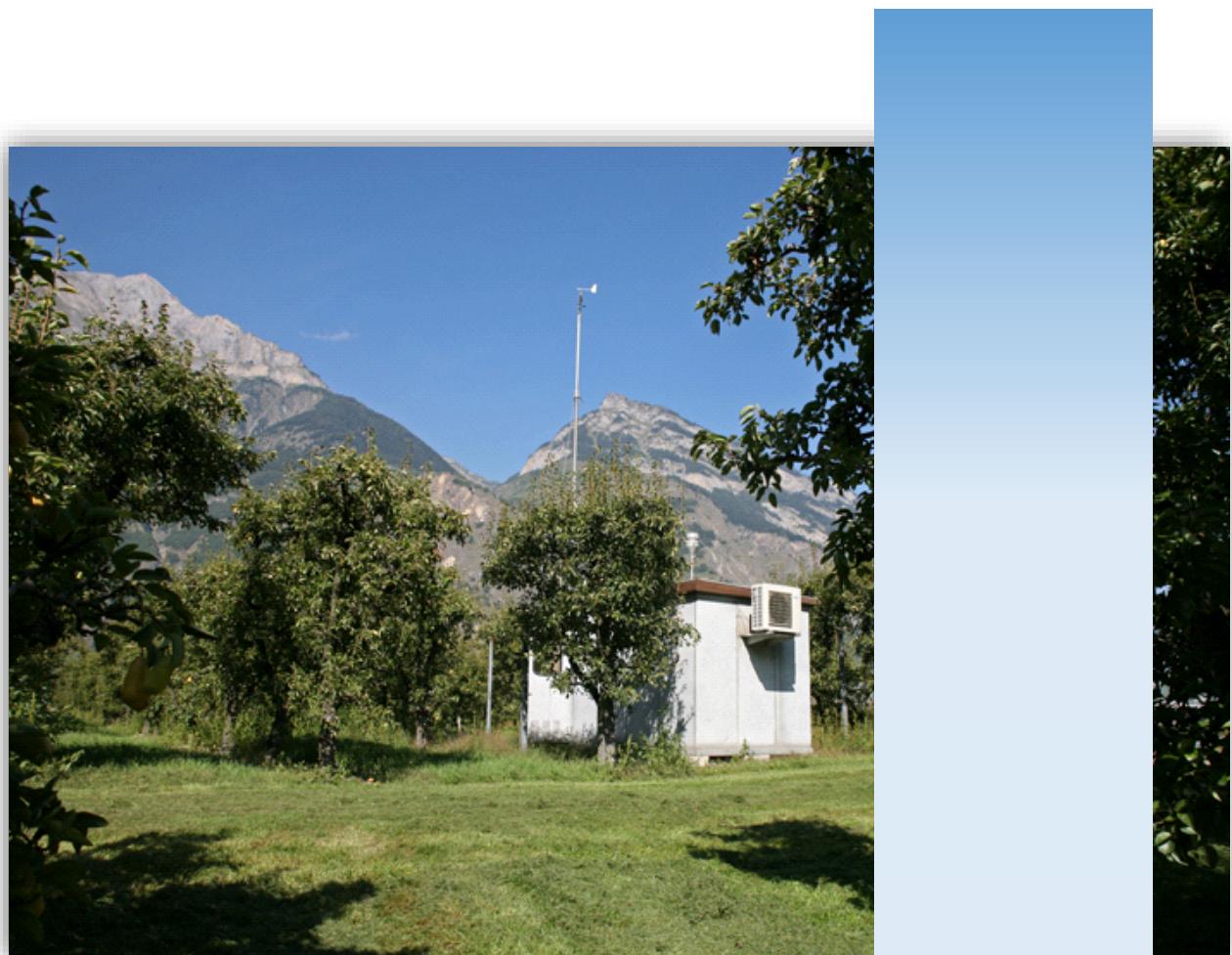
- <https://bafu.meteotest.ch/idb-tabellen/index.php> (stündliche oder tägliche Daten).

Auch das Geoportal des Kantons Wallis enthält interaktive Umweltkarten. Auf einer dieser Karten («RESIVAL und Schadstoffregister») sind die grossen Luftschatstoff-Emissanten des Kantons sowie die sieben ortsfesten RESIVAL-Stationen des kantonalen Messnetzes für die Luftqualität eingezeichnet. Zu finden ist sie auf:

- https://sitonline.vs.ch/environnement/rejets_polluants/de

Die Raffinerie in Collombey ist seit Sommer 2015 stillgelegt und stellt seither keine Luftverschmutzungsquelle mehr dar. Der Rückbau der Raffinerie wurde 2021 aufgenommen.

A3 – RESIVAL: Ergebnisse nach Messstation



© Chab Lathion

Les Giettes

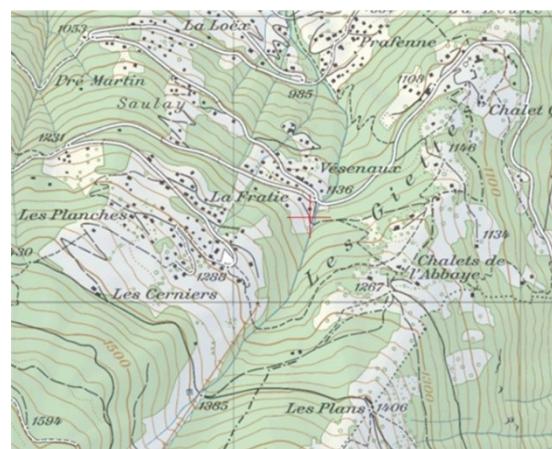
TABELLE 14 – Les Giettes, Standortbeschrieb

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungssituation	Koordinaten MN95 MN03	Höhe [MüM]
Ländliches Gebiet, regionale Hintergrund Luftbelastung	Sehr Gering	erhöht	2'563'266/1'119'299	1'145
Ländliche Zone in der Höhe über 1000 m *	Gering	offen	563 267 / 119 297	
* Beschreibung bis 2021				

ABBILDUNG 42 – LES GIETTES, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© SEN

TABELLE 15 – LES GIETTES, ERGEBNISSE 2023

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	2
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	7
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	12
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	141
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	113
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	137
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	8
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	7
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	47
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	0
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	1.1
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.03
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (LRV)	4
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	14
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	0
Staubniederschlag	Jahresmittelwert	[mg/m ^{2*j}]	200	72
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	100	2.3
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	2	0.65
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	400	15

ABBILDUNG 43 – LES GIETTES, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2023

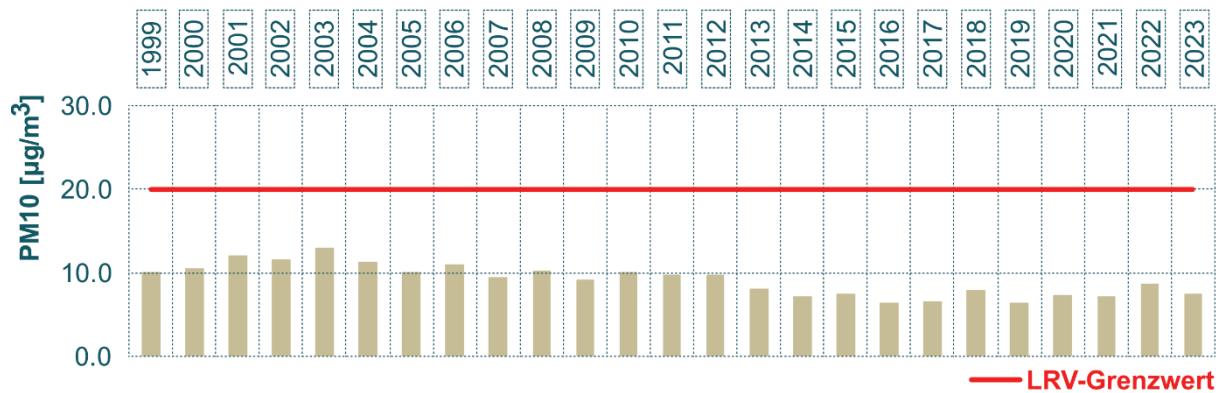


TABELLE 16 – LES GIETTES, MONATLICHE ERGEBNISSE 2023

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoff-dioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	3	3	4	3	3	3	2	2	2	2	2	2
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	64	77	72	72	69	84	65	68	56	50	53	59
	[µg/m³]	Mittl. H. max	97	104	109	117	130	141	134	122	127	91	81	85
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	17	88	4	2	2	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	90	101	102	107	122	137	109	113	107	77	76	79
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	4	5	8	6	9	13	11	10	9	9	3	2
Staub-nie-derschlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	18	29	20	35	52	132	344	62	13	75	66	15
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

ABBILDUNG 44 – LES GIETTES, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2023

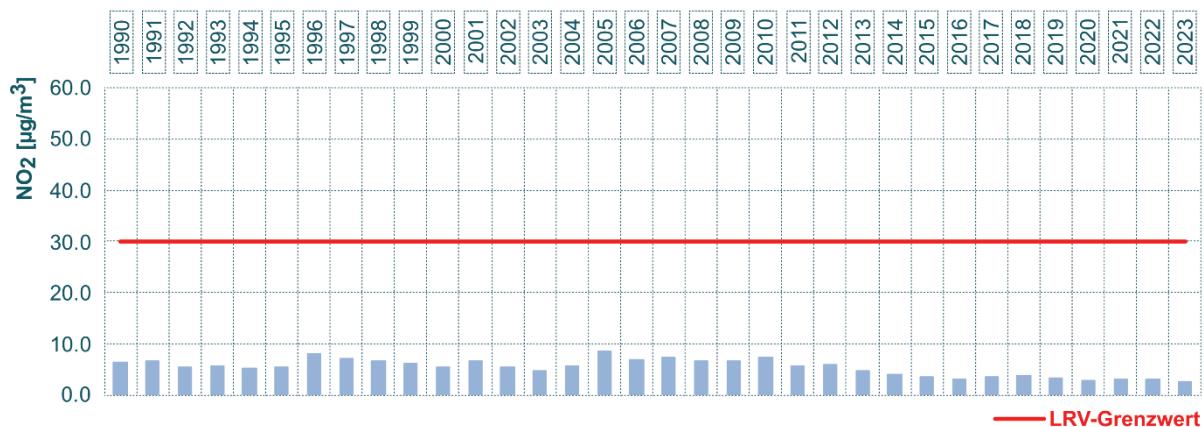
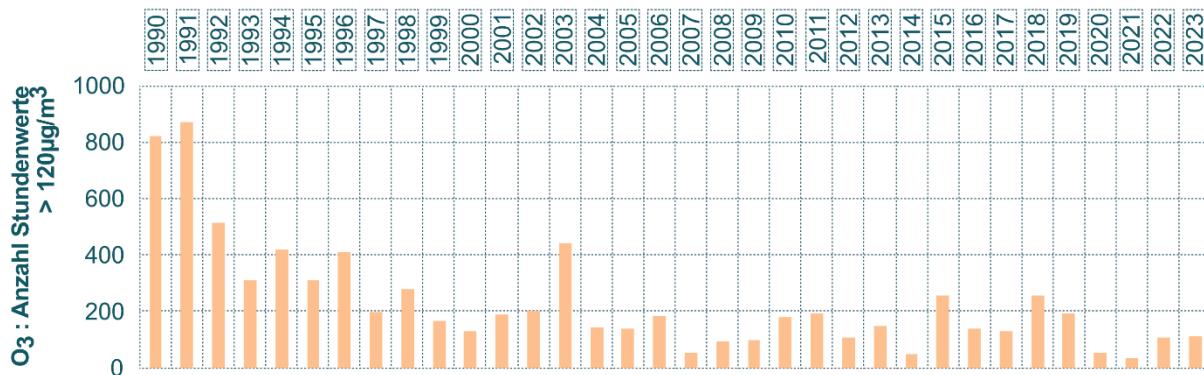


ABBILDUNG 45 – LES GIETTES, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120µg/m³ VON 1990 BIS 2023



Massongex

TABELLE 17 – MASSONGEX, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungssituation	Koordinaten MN95 MN03	Höhe [m.ü.M.]
Ländliches Gebiet, stadtnahe Hintergrund Luftbelastung	Sehr gering	Offen	2'564'941/1'121'275	400
Ländliche Zone, Nähe von Industrien *	Mittel	Offen	564 941 / 121 275	
<i>* Nomenklatur bis 2021</i>				

ABBILDUNG 46 –MASSONGEX, LAGE DES ORTES



© 2006 swisstopo JD06262



© 2006 swisstopo JD06262



© Chab Lathion

TABELLE 18 – MASSONGEX, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2023

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	11
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	29
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	35
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	168
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	237
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	143
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	6
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	15
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	68
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	5
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	1.91
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.05
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	9
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	51
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	8
Staubniederschlag	Jahresmittelwert	[mg/m ^{2*} j]	200	69
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*} j]	100	2.3
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*} j]	2	0.14
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*} j]	400	23

ABBILDUNG 47 – MASSONGEX, JAHRESMITTELWERTE DER PM10 VON 1999 BIS 2023

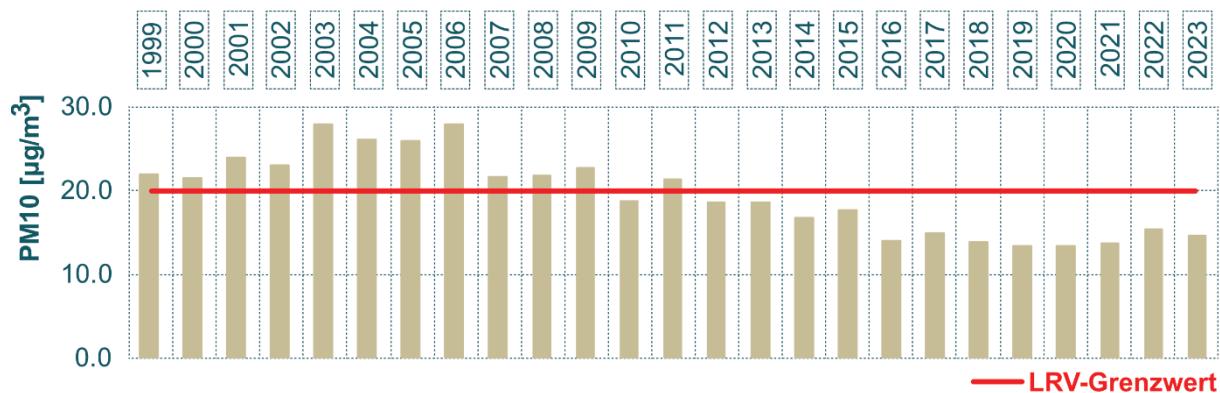


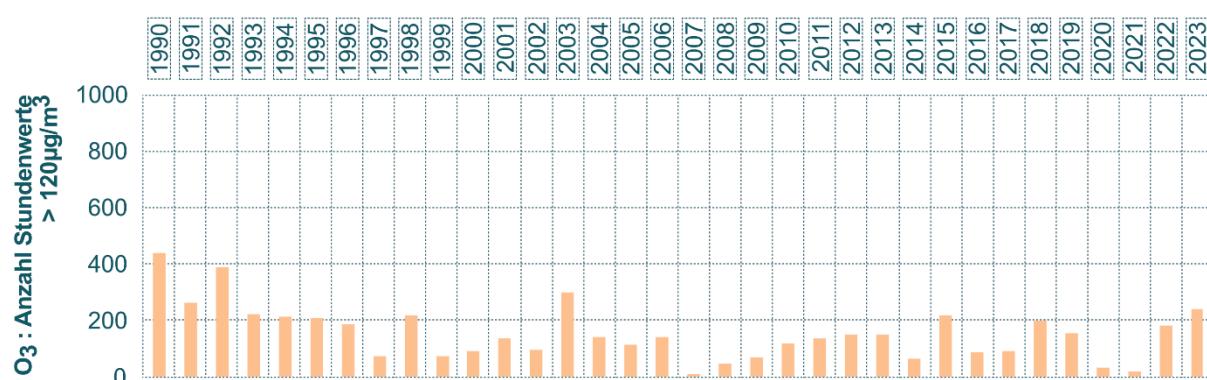
TABELLE 19 – MASSONGEX, ERGEBNISSE 2023 NACH MONATEN

Parameter	Einheiten	Statistik	Monat											
			Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Juni	Jul.	Aou	Sept.	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	17	21	12	9	8	8	6	6	10	10	12	17
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	40	37	55	58	59	84	69	73	59	43	39	32
	[µg/m³]	Mittl. H. max	87	92	110	110	136	147	139	168	145	88	81	80
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	21	129	19	37	31	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	76	77	93	102	125	143	122	134	133	83	74	69
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	13	20	15	9	13	17	15	14	17	15	8	19
Staubniederschlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	49	29	60	48	188	40	108	56	93	36	96	27
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	4	7	2	2	2	1	1	1	2	2	4	5

ABBILDUNG 48 – MASSONGEX, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2023



ABBILDUNG 49 – MASSONGEX, O₃ ANZAHL STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2023



Saxon

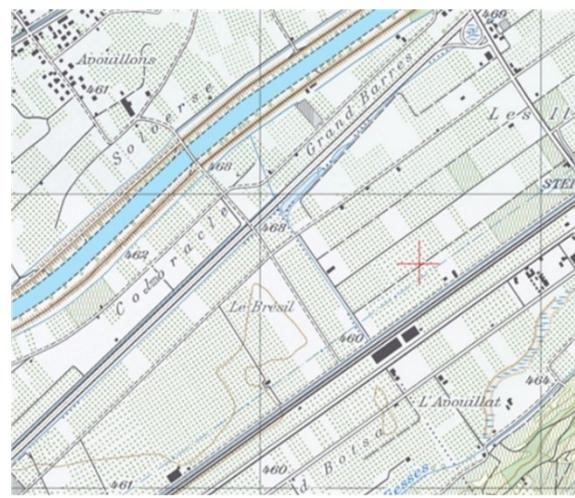
TABELLE 1 – SAXON, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungssituation	Koordinaten MN95 MN03	Höhe [MüM]
Ländliches Gebiet, stadtnahe Hintergrund Luftbelastung	Sehr gering	Offen	2'577'566/1'109'764	460
Ländliche Zone, mit Verkehrsbelastung *	Stark	Keine	577 566 / 109 764	
* Beschreibung bis 2021				

ABBILDUNG 50 – SAXON, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© Chab Lathion

TABELLE 2 – SAXON, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2023

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoff-dioxid (NO_2)	Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	30	13
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	100	40
	Maximaler Tagesmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	80	51
	Tagesmittelwert > 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Tag]	1	0
Ozon (O_3)	Maximaler Stundenmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	120	154
	Stundenmittelwert > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Stunden]	1	281
	Perzentil 98 % monatlich Maximum	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	100	147
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Monat]	0	7
Schwebestaub (PM_{10})	Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	20	13
	Maximaler Tagesmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	50	43
	Tagesmittelwert > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Tag]	3	0
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m^3]	500	1.8
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m^3]	1.5	0.05
Schwebestaub ($\text{PM}_{2.5}$)	Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	10 (OPair)	11
	Maximaler Tagesmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	25 (OMS)	29
	Tagesmittelwert >25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Tag]	3 (OMS)	10
Staubniederschlag	Jahresmittelwert	[$\text{mg}/\text{m}^{2*}\text{j}$]	200	151
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^{2*}\text{j}$]	100	7.9
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^{2*}\text{j}$]	2	0.28
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^{2*}\text{j}$]	400	80

ABBILDUNG 51 – SAXON, JAHRESMITTELWERTE DER PM10 VON 1999 BIS 2023

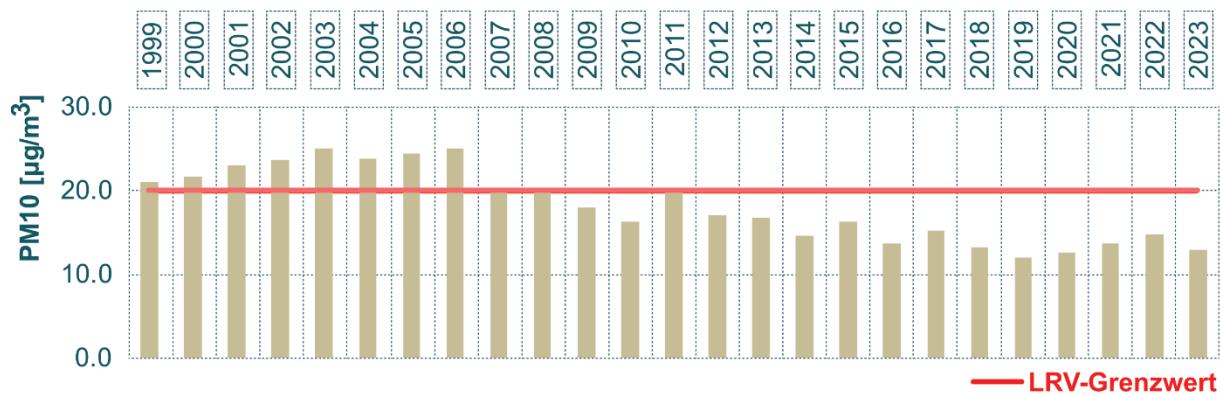


TABELLE 3 – SAXON, ERGEBNISSE 2023 NACH MONATEN

Parameter	Einheiten	Statistik												
		Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Juni	Jul.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov	Dez	
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	26	19	13	7	5	7	7	8	12	16	25	
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	24	41	55	68	71	89	68	66	50	33	29	23
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	79	97	115	114	141	154	136	142	127	96	84	83
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	44	192	10	9	26	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	76	89	104	105	131	147	116	118	124	80	72	74
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	16	16	13	7	11	17	16	12	14	13	7	11
Staubniederschlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	20	7	40	143	193	264	376	161	172	260		24
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	9	8	3	3	2	2	2	3	3	6	6	12

ABBILDUNG 52 – SAXON, STICKSTOFFDIOXID-JAHRESMITTELWERTE VON 1990 BIS 2023

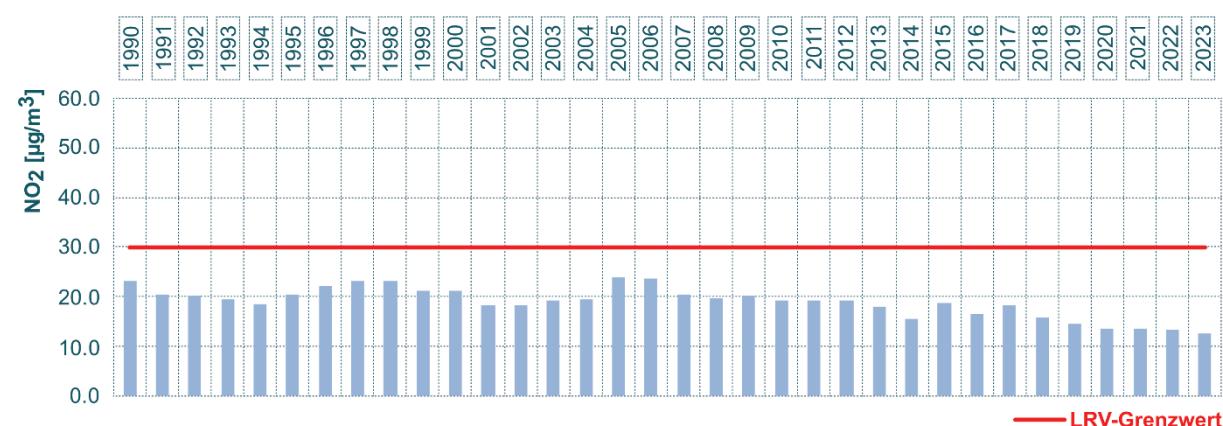


ABBILDUNG 53 – SAXON, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2023

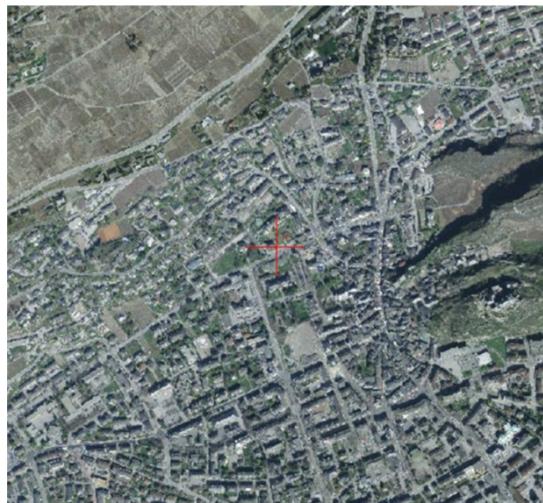


Sitten

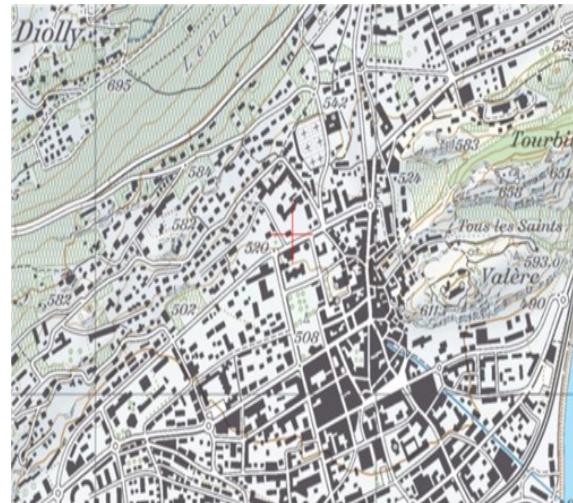
TABELLE 4 – SITTEN, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungs situation	Koordinaten MN95 MN03	Höhe [MüM]
Kleinstädtisch, Verkehrseinfluss	Mittel	einseitig offen	2'593'707 / 1'120'407	525
In der Stadt, mit Verkehrsbelastung *	Sehr stark	Geschlossen	593 702 / 120 409	
* Beschreibung bis 2021				

ABBILDUNG 54 – SITTEN, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© SEN

TABELLE 5 – SITTEN, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2023

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	18
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	46
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	52
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	145
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	128
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	135
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	5
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	13
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	46
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	0
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	2.2
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.07
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	8
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	28
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	4
Staubniederschlag	Jahresmittelwert	[mg/m ^{2*j}]	200	75
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	100	2.3
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	2	0.09
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	400	31

ABBILDUNG 55 – SITTEN, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2023

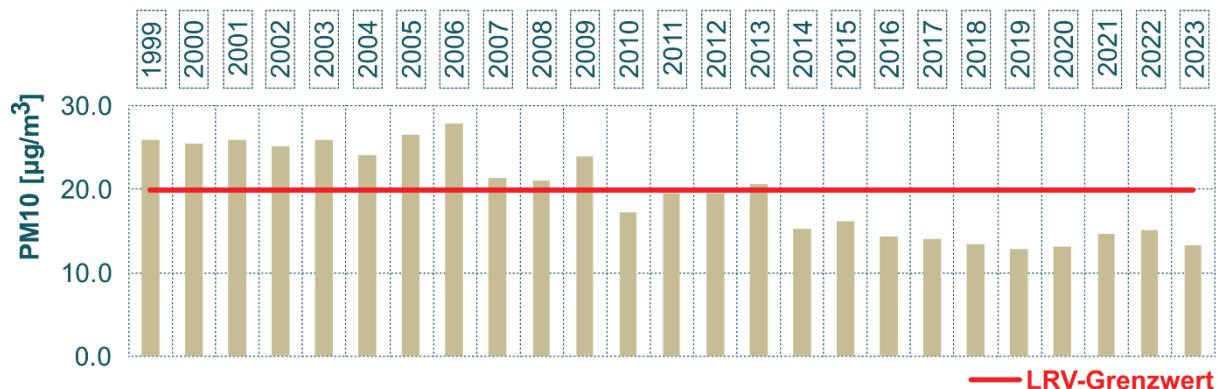


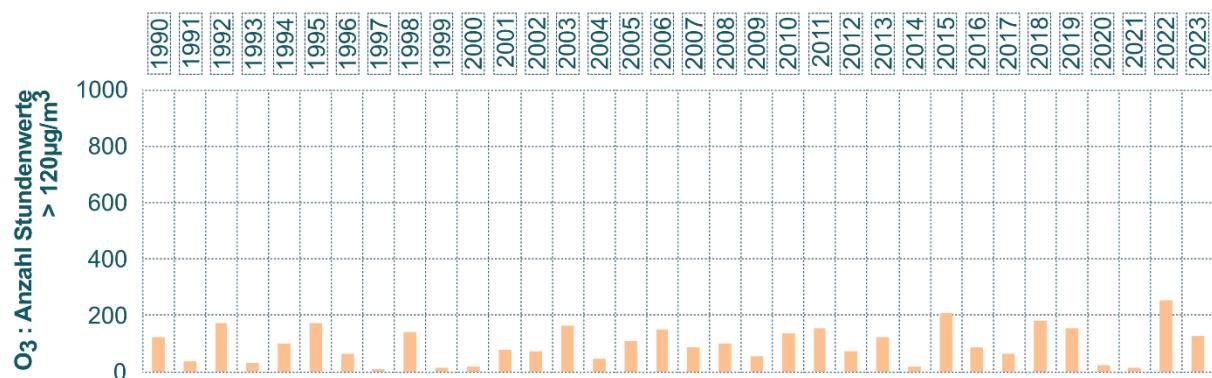
TABELLE 6 – SITTEN, MONATSERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2023

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb.	Mär.	Apr.	Mai	Juni	Jul.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov	Dez
			32	26	17	11	10	10	9	10	13	18	24	32
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	32	26	17	11	10	10	9	10	13	18	24	32
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	24	40	52	51	63	90	72	71	58	36	25	21
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	75	89	101	92	121	145	140	125	124	90	80	80
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	3	101	10	6	8	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	67	82	93	88	116	135	117	117	118	80	68	66
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	17	18	13	8	11	17	15	14	14	15	8	12
Staubniederschlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	100	20	82	129	98	85	163	44	52	51	48	30
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	12	7	4	2	3	2	2	2	3	6	10	15

ABBILDUNG 56 – SITTEN, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2023



ABBILDUNG 57 – SITTEN, O₃ ANZAHL STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2023

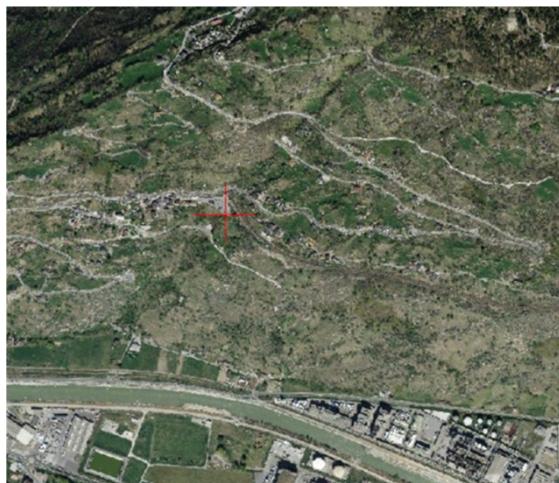


Eggerberg

TABELLE 7 – EGGERBERG, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungs situation	Koordinaten MN95 MN03	Höhe [MÜM]
Ländliches Gebiet, stadtnahe Hintergrund Luftbelastung	Sehr gering	erhöht	2'634'054/1'128'446	840
Ländliche Zone in der Höhe, unter 1000 m *	Gering	Offen	634 047 / 128 450	
* Beschreibung bis 2021				

ABBILDUNG 58 – EGGERBERG, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© Chab Lathion

TABELLE 8 – EGGERBERG, ERGEBNISSE 2023

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoff-dioxid (NO_2)	Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	30	8
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	100	22
	Maximaler Tagesmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	80	35
	Tagesmittelwert > 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Tag]	1	0
Ozon (O_3)	Maximaler Stundenmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	120	148
	Stundenmittelwert > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Stunden]	1	187
	Perzentil 98 % monatlich Maximum	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	100	140
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Tag]	0	7
Schwebestaub (PM_{10})	Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	20	10
	Maximaler Tagesmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	50	47
	Tagesmittelwert > 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Tag]	3	0
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m^3]	500	1.5
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m^3]	1.5	0.04
Schwebestaub ($\text{PM}_{2.5}$)	Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	10 (OPair)	6
	Maximaler Tagesmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	25 (OMS)	18
	Tagesmittelwert > 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	[Tag]	3 (OMS)	0
Staubniederschlag	Jahresmittelwert	[$\text{mg}/\text{m}^{2*}\text{j}$]	200	55
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^{2*}\text{j}$]	100	2.3
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^{2*}\text{j}$]	2	0.09
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[$\mu\text{g}/\text{m}^{2*}\text{j}$]	400	15

ABBILDUNG 59 – EGGERBERG, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2023

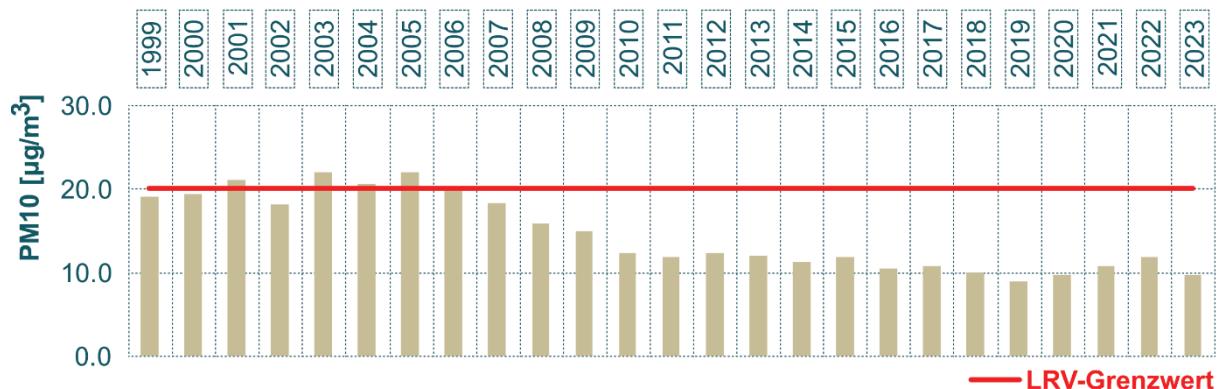


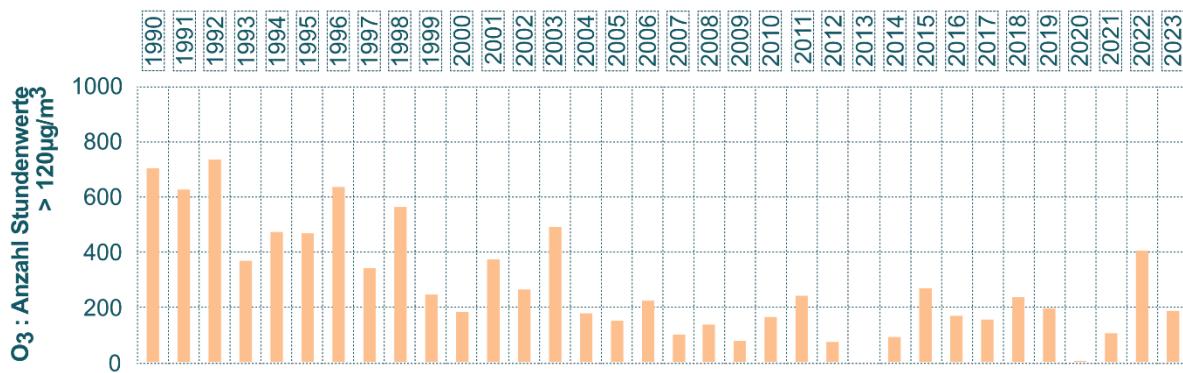
TABELLE 9 – EGGERBERG, MONATLICHE ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2023

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Mai	Juni	Jul.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez
			15	10	10	6	5	5	5	5	5	6	9	11
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	15	10	10	6	5	5	5	5	5	6	9	11
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	52	66	72	80	79	96	79	75	68	58	46	47
	[µg/m³]	Mittl. H. max	90	101	121	132	127	148	134	125	120	97	82	83
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	5	7	20	141	12	2	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	86	97	111	116	123	140	120	112	111	87	76	79
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	11	11	11	5	8	13	15	12	10	11	5	6
Staubniederschlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	13	15	71	0	140	68	82	20	31	36	101	28
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2

ABBILDUNG 60 – EGGERBERG, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2023



ABBILDUNG 61 – EGGERBERG, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2023



Für 2013 sind wegen eines technischen Problems bei der Probenahmeleitung keine Stundenwerte über 120 µg/m³ angegeben. Die Ergebnisse wurden daher für ungültig erklärt.

Brigerbad

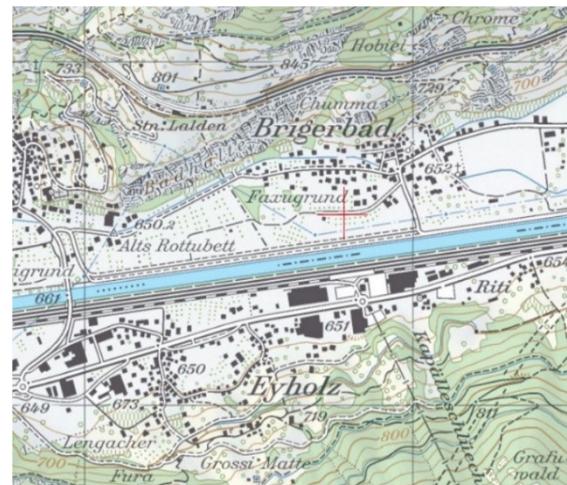
TABELLE 10 – BRIGERBAD, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungs situation	Koordinaten (MN95 / MN03)	Höhe [MüM]
Ländliches Gebiet, stadtnahe Hintergrund Luftbelastung	Sehr gering	Offen	2'636'790/1'127'555	650
Ländliche Zone, Nähe von Industrien *	Mittel	Offen	636 790 / 127 555	
* Beschreibung bis 2021				

ABBILDUNG 62 – BRIGERBAD, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© Chab Lathion

TABELLE 11 – BRIGERBAD, ERGEBNISSE 2023

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	16
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	48
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	59
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	147
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	143
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	136
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	7
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	13
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	54
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	1
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	2.0
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.05
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	8
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	35
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	6
Staubniederschlag	Jahresmittelwert	[mg/m ^{2*} j]	200	69
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*} j]	100	2
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*} j]	2	0.09
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*} j]	400	20

ABBILDUNG 63 – BRIGERBAD, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2023

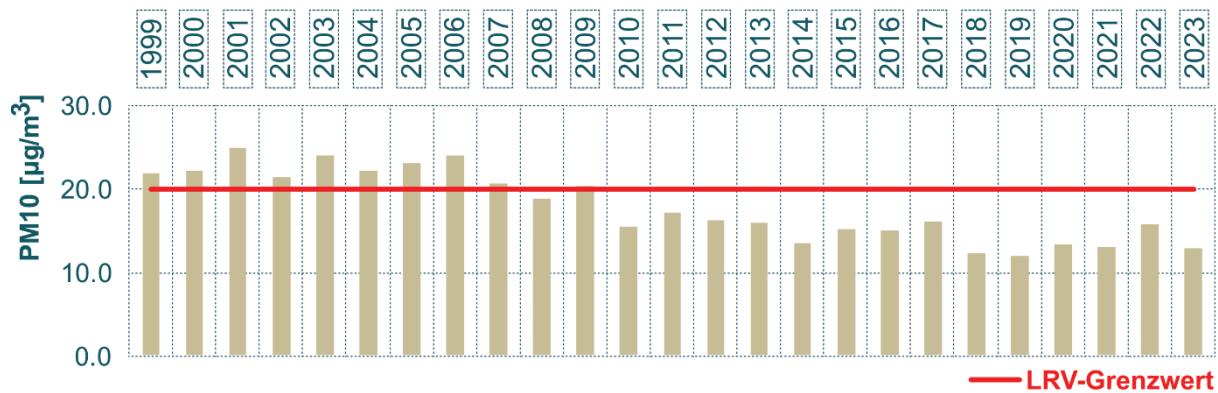


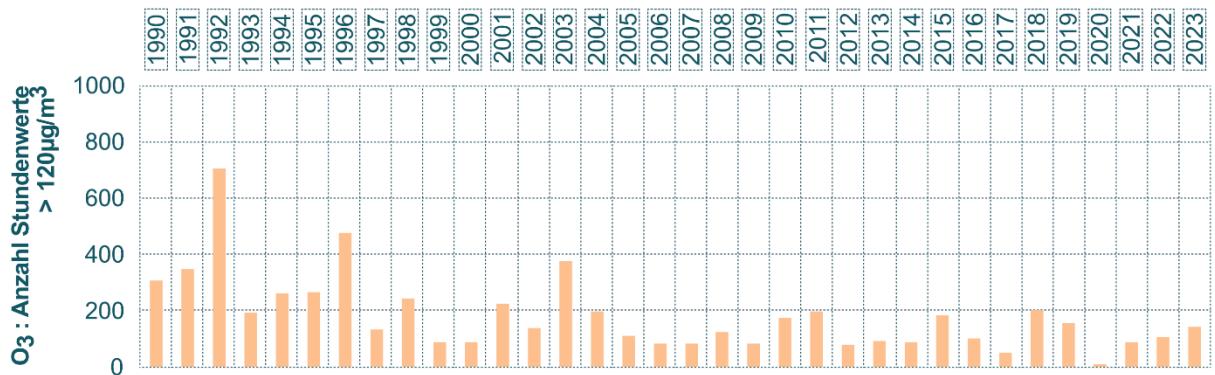
TABELLE 12 – BRIGERBAD, MONATSERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2023

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	29	28	15	10	8	8	8	9	11	14	20	29
	Anzahl	Durchschnitl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	30	36	59	71	72	89	72	64	53	39	30	23
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	78	92	114	126	126	147	125	116	114	87	77	79
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	4	16	117	6	0	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	73	85	107	111	121	136	115	107	103	77	70	73
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	16	16	11	6	8	15	13	13	11	14	8	11
Staubniederschlag	[mg/m ² *t]	Durchschnitt	14	6	68	85	159	53	102	27	27	124	144	25
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	8	10	3	1	1	1	1	1	2	4	7	15

ABBILDUNG 64 – BRIGERBAD, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2023



ABBILDUNG 65 – BRIGERBAD, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2023



Montana

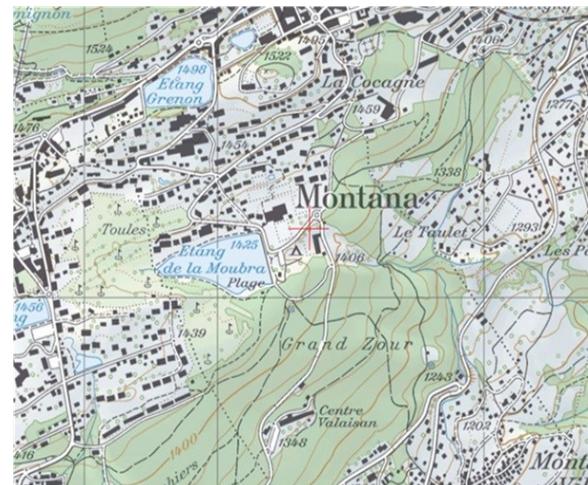
TABELLE 13 – MONTANA, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrs-be-lastung	Ausbreitungs situation	Koordinaten MN95 MN03	Höhe [MüM]
Ländliches Gebiet, regionale Hintergrund Luftbelastung	Sehr gering	erhöht	2'603'380/1'128'208	1'420
Ländliche Zone in der Höhe über 1000 m *	Mittel	Offen	603 346 / 128 235	
* Beschreibung bis 2021				

ABBILDUNG 66 – MONTANA, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© Chab Lathion

TABELLE 14 – MONTANA, ERGEBNISSE 2023

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	8
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	26
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	33
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	147
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	209
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	140
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	7
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	10
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	64
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	2
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	0.9
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.02
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (LRV)	6
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (WHO)	37
	Tagesmittelwert >25 µg/m ³	[Tag]	3 (WHO)	3
Staubne- derschlag	Jahresmittelwert	[mg/m ^{2*j}]	200	68
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	100	2.3
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	2	0.09
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	400	16

ABBILDUNG 67 – MONTANA JAHRESMITTELWERTE PM10 VON 2002 BIS 2023

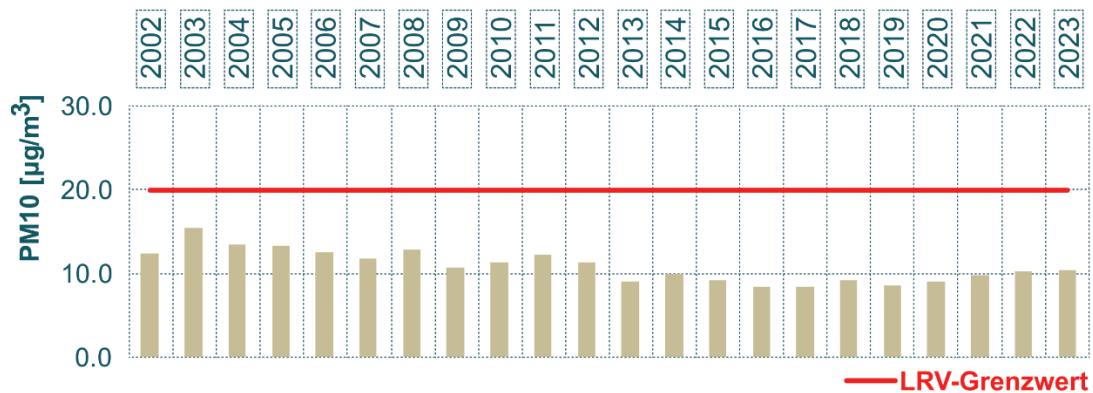


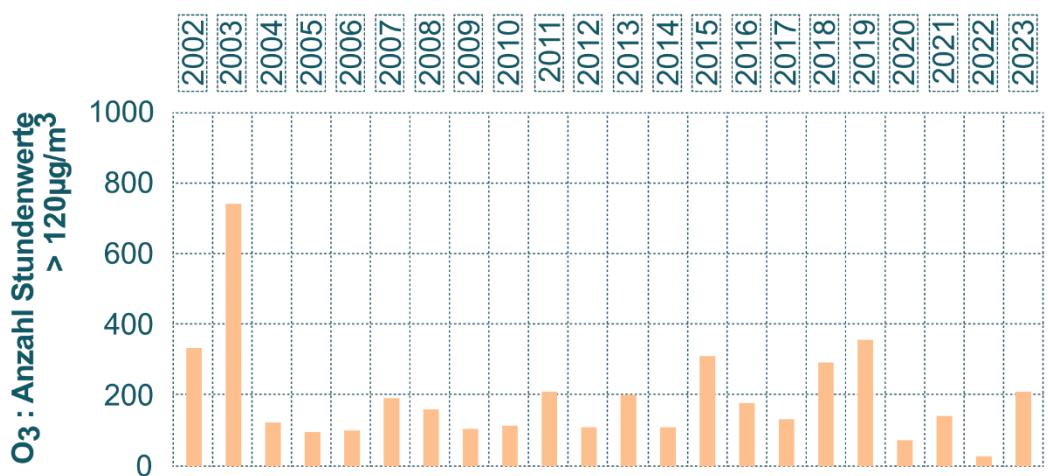
TABELLE 15 – MONTANA, MONATLICHE ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2023

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
			15	14	8	5	5	5	4	5	6	6	9	15
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Mittelwert	15	14	8	5	5	5	4	5	6	6	9	15
	Anzahl	Mittelwert. 24hMw > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Mittelwert	53	54	63	84	86	104	84	81	74	62	59	58
	[µg/m³]	Max. h-Mw.	80	87	107	121	131	147	136	126	125	98	84	88
	Anzahl	Mw. >120	0	0	0	2	31	159	10	3	4	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	77	82	102	115	123	140	118	113	114	89	82	85
PM10	[µg/m³]	Mittelwert	7	10	9	6	10	15	13	15	11	16	10	5
Staubniederschlag	[mg/m ² *j]	Mittelwert	37	40	58	37	110	86	160	71	66	33	91	33
NO	[µg/m³]	Mittelwert	4	3	2	2	2	1	1	1	1	2	3	4

ABBILDUNG 68 – MONTANA, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 2002 BIS 2023



ABBILDUNG 69 – Montana, O₃ Anzahl der Stundenwerte >120μg/m³ von 2002 bis 2023



A4 – RESIVAL, Piktogramme zur Luftqualität

NO₂, PM10, PM2.5, Staubniederschlag (SN), NH₃

		NO ₂ (VLI : 30)	PM10 (VLI : 20)	PM2.5 (VLI : 10)	SN (VLI : 200)	NH ₃ (VLI : 3)
	Jahresmittel	< 0.9 × VLI	< 27	< 18	< 9	< 180
	Jahresmittel	≥ 0.9 × VLI und ≤ 1.1 × VLI	27 bis 33	18 bis 22	9 bis 11	180 bis 220
	Jahresmittel	> 1.1 × VLI	> 33	> 22	> 11	> 220

Anmerkungen: Jahreswerte auf ganze Zahlen gerundet; Immissionsgrenzwerte (IGW) nach Anhang 7 LRV für NO₂, PM10, PM2.5 in µg/m³ und Staubniederschlag (SN) in mg/(m² × d), gemäss Art. 2 Abs. 5 LRV für NH₃ in µg/m³

O₃

	Anzahl Stunden > 120 µg/m ³	und	≤ 1
	Anzahl Monate, in denen 98 % der Halbstundenmittelwerte eines Monats 100 µg/m ³ überschritten haben		0
	Anzahl Stunden > 120 µg/m ³	und	2 à 10
	Anzahl Monate, in denen 98 % der Halbstundenmittelwerte eines Monats 100 µg/m ³ überschritten haben		1 à 2
	Anzahl Stunden > 120 µg/m ³	und	> 10
	Anzahl Monate, in denen 98 % der Halbstundenmittelwerte eines Monats 100 µg/m ³ überschritten haben		> 2

Benzol

	Jahresmittel in µg/m ³ (mindestens 10-mal niedriger als der IGW gemäss Richtlinie 2000/69/EG)	< 0.5
	Jahresmittel in µg/m ³	0.5 à 5
	Jahresmittel in µg/m ³ (über dem IGW gemäss Richtlinie 2000/69/EG)	> 5

N.B. Die Piktogramme beziehen sich auf den Mittelwert aller Messstationen eines Standort-Typs (ländlich in der Höhe, ländlich in der Ebene, Stadtzentrum, Nähe von Industrien). Für Ammoniak beziehen sie sich auf bestimmte Ökosysteme und gelten für höhere Pflanzen.

A5 – Luftqualität und Präventionsmassnahmen

Zweck dieses Anhangs ist es, die Messergebnisse der Luftqualität im Wallis den vom kantonalen Emissionskataster gelieferten Daten gegenüberzustellen, indem ihre Informationen in Beziehung zueinander gesetzt werden. Es werden die Werte seit 2000 berücksichtigt. Mit diesem Ansatz geht man den wesentlichsten Wirkungen nach, die den im Wallis ergriffenen Massnahmen zur Verringerung der Luftverschmutzung zuzuschreiben sind. Dies entspricht Art. 33 LRV, welcher fordert, die Wirksamkeit der Massnahmen zu überprüfen und die Öffentlichkeit darüber zu informieren. Dabei werden die Entwicklungen seit 2009, dem Jahr der Einführung des LRV-Plans, näher betrachtet.

Aktualisierungen von Quelldaten im Emissionskataster bringen manchmal Korrekturen an früheren Versionen mit sich. Ein Beispiel dafür ist der Strassenverkehr. Emissionsfaktoren leiden manchmal unter Ungenauigkeiten. Die im Dieselskandal um das Jahr 2015 aufgedeckten Schwindeleien hatten die Emissionswerte, insbesondere für NO_x, verfälscht. Um diese Fehler so weit wie möglich zu korrigieren, wurde das Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs des Bundes von 2014 bis 2022 viermal nacheinander neu aufgelegt (HBEFA-Versionen 3.2, 3.3, 4.1, 4.2) und das kantonale Kataster jedes Mal entsprechend angepasst. Auch der Offroad-Sektor, die Heizungen und ihre Emissionsfaktoren, die Emissionen von Haushaltslösungsmitteln, Strassen und Gebäuden unterliegen Aktualisierungen, oder kantonale Daten, wie Gemeindefusionen, der Belastungsplan für den Strassenverkehr, die Viehbestandskontingente, die Energieverbrauchsdaten nach Brennstoffart, die Fernheizwerke, die jährlichen Deklarationen zu industriellen Emissionen und sozioökonomische Daten.

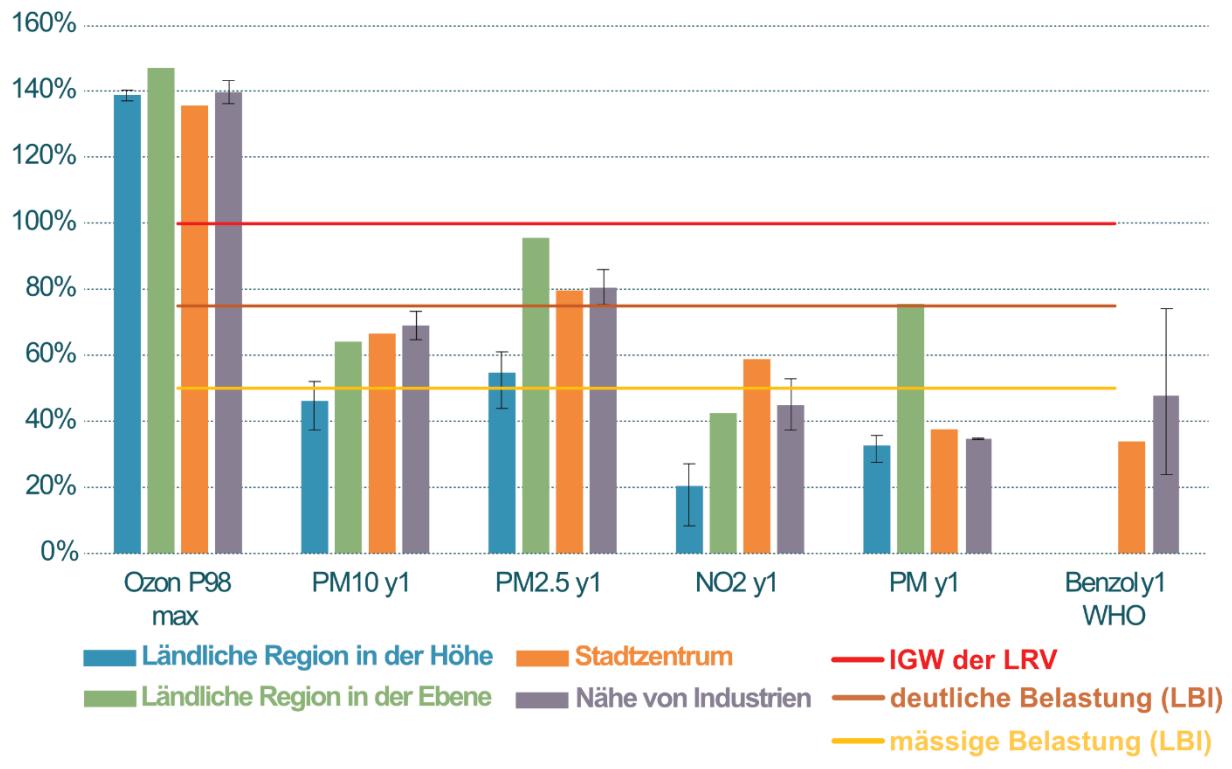
In der Regel wird eine weitgehende Einhaltung der langfristigen LRV-Begrenzungen empfohlen. Dabei handelt es sich um die Grenzwerte im Jahresmittel für Staubniederschlag, Feinstaub PM10 und PM2.5, Stickoxide und Benzol. Für Ozon ist das monatliche 98 %-Perzentil massgebend. Die Schadstoffwerte sollten mindestens ein Drittel unter diesen Begrenzungen liegen. Abbildung 70 zeigt die Situation für das Jahr 2023. Die Balken für die ländlichen Regionen in der Höhe und die Regionen in Industrienähe stehen für die Tiefst- und Höchstwerte, die an den drei bzw. zwei sie repräsentierenden Stationen gemessen wurden. Im Falle von Benzol gibt es drei Stationen in Industrienähe: Massongex, Brigerbad und

Baltschieder. Das Ziel wäre es, dass alle Ergebnisse deutlich unterhalb der Schwelle einer signifikanten Verschmutzung gemäss den Indikatoren für die Langzeit-Belastung (LBI) liegen. Im Jahr 2021 lagen die Werte für Feinstaub PM10, Stickstoffdioxid (NO₂), Staubniederschlag (PM) und Benzol auf dieser Linie. Im Jahr 2022 traf dies nur noch auf die NO₂- und Benzolwerte zu, und beim Benzol nur auf dessen Mittelwerte. 2023 waren es die PM10-, NO₂- und Benzolwerte, die das Ziel gut erreichten. Die Auswaschung aus der Luft – «rain-out, wash-out» – durch Niederschlag ist ein äusserst wirksamer Prozess zur Verringerung der Luftverschmutzung. 2021 und in geringerem Masse auch 2023 war dieser Prozess ausgiebig am Werk und begünstigte so eine bessere Einhaltung der Luftqualität. Die Trockenperioden im März und von Mai bis August 2022 wirkten dem jedoch entgegen.

Jahreswerte zwischen dem LRV-Grenzwert und 25 % darunter stellen eine signifikante Luftverschmutzung dar. Solche Werte sind den Schwankungen des Wetters von Jahr zu Jahr ausgesetzt und vermögen das Wohl von Mensch und Umwelt im Sinne der Grundsätze des Umweltrechts nicht dauerhaft zu garantieren. Im Jahr 2023 war im Wallis die Feinstaubbelastung PM2.5 von dieser Art. Für die anderen Werte war die Belastung gering bis mässig, ausser für Ozon, das wie immer in allen Regionen eine deutliche Überschreitung der LRV-Begrenzung (P98) zeigte (Abbildung 70). Dies stellte von März bis September eine übermässige, für Mensch und Natur schädliche Belastung dar.

Durch die neuen WHO-Leitlinien vom Herbst 2021 werden die in der Luftverschmutzung tolerierbaren Werte grundlegend in Frage gestellt. Der Bericht der EKL von 2023 [4] macht deutlich, dass die in der Schweiz geltenden Immissionsgrenzwerte nicht mehr den Anforderungen des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG) entsprechen, wonach die Luftqualität die Ökosysteme sowie die Gesundheit der Bevölkerung, einschliesslich besonders empfindlicher Personengruppen wie Kinder, Kranke, ältere Menschen und schwangere Frauen, nicht beeinträchtigen darf. Die EKL befürwortet daher, die meisten der von der WHO vorgeschlagenen neuen Luftqualitätsniveaus in der LRV zu verankern, damit die IGW tatsächlich dem im USG geforderten Schutz entsprechen.

ABBILDUNG 70 – GEGENÜBERSTELLUNG DER IMMISSIONSWERTE IM WALLIS 2023 MIT DEN WICHTIGSTEN LRV-BEGRENZUNGEN



Die folgenden Abbildungen 71 bis 75 halten die relativen Beiträge der Bereiche mit Verschmutzungsquellen fest, gemäss den Daten des Emissionskatalogs. Sie zeichnen deren zeitliche Entwicklung nach,

unter Berücksichtigung der Veränderungen auf technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Ebene.

Feinstaubbelastung PM10

Die folgende Abbildung 71 zeigt die Entwicklung der jährlichen Emissionsmengen von primärem PM10 von 2000 bis 2022. Dazu wurden die Ergebnisse der Jahresmittelwerte der Freiluftmessungen des gesamten PM10, d. h. dessen primärer und sekundärer Anteile, für jede Standorttyp-Region überlagert. Bis 2005 war bei den Immissionen eine Stagnation zu beobachten, während die Emissionen von primärem PM10 um rund 25 % zurückgingen. Der Rückgang der Emissionsmengen um 30 % im Jahr 2022 gegenüber 2005 spiegelt den entsprechenden Rückgang der PM10-Gesamtgewichte in der Luft um 45 % nur teilweise wider. Bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen hat also ein stärkerer Rückgang der sekundären PM10-Konzentrationen zusätzlich zu den primären PM10-Konzentrationen zum Gesamtrückgang beigetragen. Dieser grösse Beitrag ist auf den starken Rückgang der Emissionen von sekundären PM10-Vorläufersubstanzen, vor allem NO_x und SO₂, von 2005 bis 2022 zurückzuführen. Aus diesen entstehen Nitrate und Sulfate, die im Winter rund 40 % und im Sommer rund 20 % der Gesamt-PM10-Komponenten ausmachen.

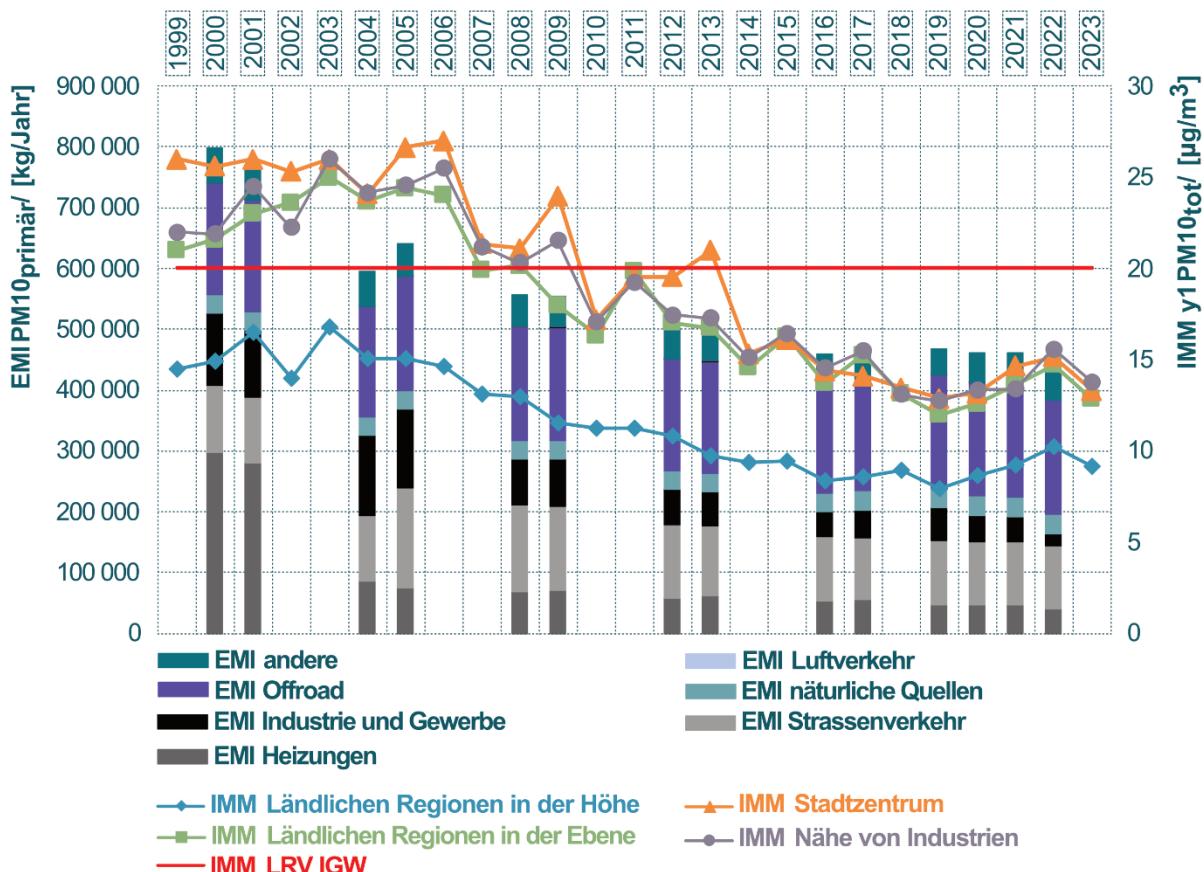
Seit Inkrafttreten des kantonalen LRV-Plans 2009 setzen sich die rückläufigen Entwicklungen, die zwischen 2005 und 2010 begannen, bis 2019 in einem recht regelmässigen Tempo fort. Die seit 2007 in der LRV eingeführten neuen Begrenzungen für Staubemissionen aus Industrie- und Heizungsanlagen sowie für Maschinen, die Russ ausscheiden, sind die wichtigsten präventiven Massnahmen, die unter Berücksichtigung des Stands der Technik eingeführt wurden. Ihre Anwendung durch den Kanton hat die seither beobachteten Entwicklungen bei PM10 kanalisiert, aufrechterhalten und gelenkt. Der kantonale Beschluss von 2007 über das Abfallverbrennen im Freien ist ein spezifischer Beitrag zur festgestellten Verbesserung.

Von 2019 bis 2022 stiegen die PM10-Werte wieder an. Diese Beobachtung sollte nicht so interpretiert werden, dass die Präventionsmassnahmen zur Verringerung des Feinstaubausstosses in die Luft ausgeschöpft wären. Tatsächlich gab es in den drei Jahren von 2020 bis 2022 Episoden mit starken Sahara-sand-Einbrüchen. Diese waren teilweise massiv, wie

im Februar und März 2021. Die Jahresmittelwerte wurden durch diese punktuellen Einträge deutlich beeinflusst. Das Jahr 2023 war nicht frei von bedeutenden transkontinentalen Feinstaubeinträgen bis ins Wallis – Saharasand, Waldbrandpartikel aus Kanada –, doch waren die Intensitäten geringer. Die Analyse

der DUW zeigt, dass die PM10-Jahreswerte in der Ebene ohne grössere interkontinentale Feinstaubeinbrüche im Jahr 2023 um 0.7 bis 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ geringer ausgefallen wären. Am stärksten betroffen waren die Mittelwerte der Stationen in der Höhe, die mit diesen Einflüssen um +11 bis +15 % anstiegen.

ABBILDUNG 71 – PM10, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 1999 BIS 2023



Feinstaubbelastung PM2.5

Die folgende Abbildung 72 zeigt die Entwicklung der jährlichen Emissionsmengen von primärem PM2.5 von 2012 bis 2022 gemäss Kataster. Die Ergebnisse der Jahresmittelwerte der Freiluftmessungen von Gesamt-PM2.5, d. h. der primäre und der sekundäre Anteil, wurden für jede der Standorttyp-Regionen ab dem Beginn der Messungen im Jahr 2018 hinzugefügt. Das Auftreten eines Beitrags von etwa 10 % aus dem Bereich der Industrie im Jahr 2022 ist keine wirkliche Neuheit an der Quelle der Luftemissionen. Es spiegelt die Berücksichtigung dieses Bereichs im Kataster seit diesem Jahr wider. Es handelt sich um eine Schätzung, welche die DUW auf der Grundlage der von den grossen Walliser Unternehmen erhalten-

nen jährlichen Emissionserklärungen erstellt. Begründet ist sie in die Realität vor Ort, wo in der Industrie immer noch grosse Ölkkessel in Betrieb sind und verschiedene Grossöfen in der Chemie oder Metallindustrie Verbrennungsstaub ausstossen. Abgesehen von dieser methodischen Neuerung stagnieren die Emissionswerte von 2018 bis 2022. Seit 2018 folgen die PM2.5-Immissionen einer ähnlichen Entwicklung wie die PM10-Immissionen. Aus Abbildung 72 ist jedoch ersichtlich, dass die Werte in den Regionen in der Ebene viel näher an der Jahresbegrenzung liegen als bei PM10. Im Hinblick auf die neuen WHO-Leitlinien (2021) überschreitet PM10 den vorgeschlagenen Grenzwert von 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ kaum, während PM2.5 deutlich über dem empfohlenen Grenzwert

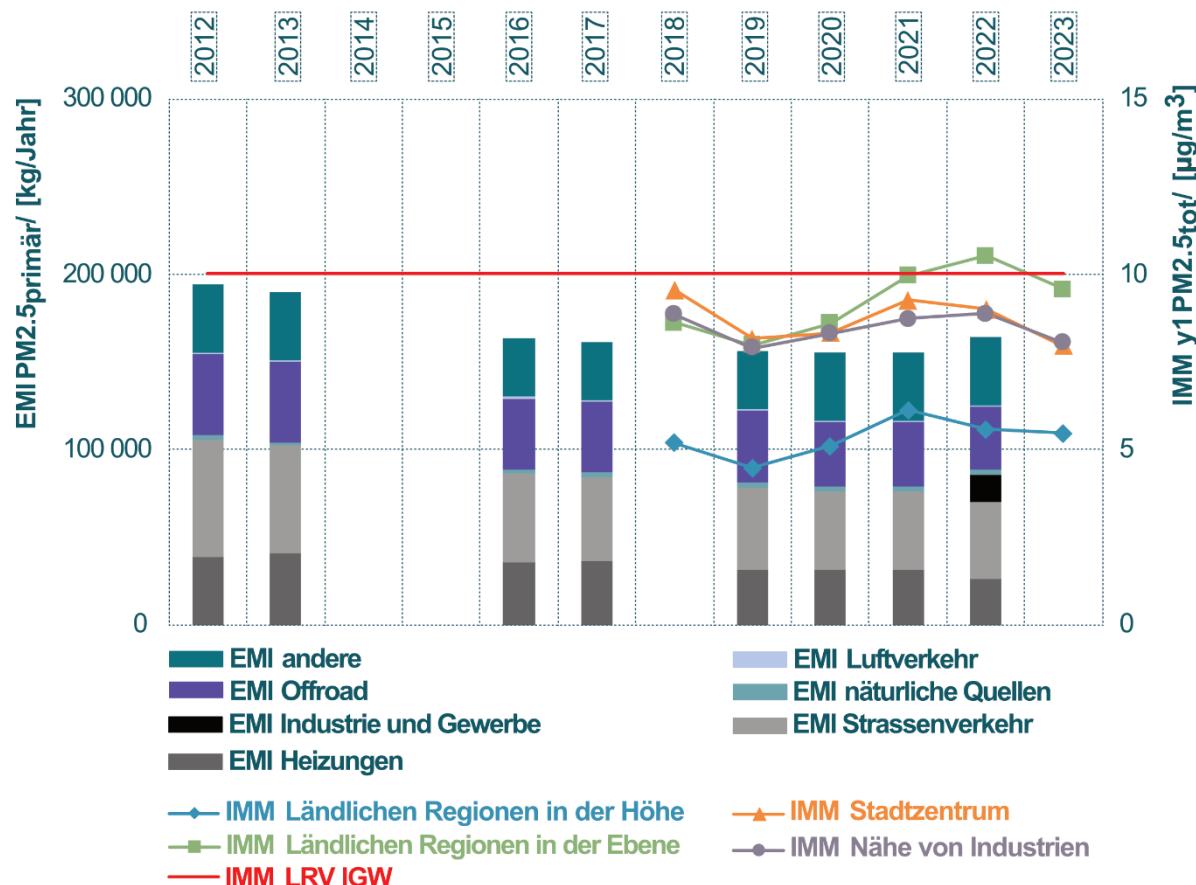
von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegt, selbst in Regionen in der Höhe. Diese Beobachtung verdeutlicht, wie drastisch sich die Einschätzung der Luftqualität ändern würde, wenn die neuen WHO-Standards sofort übernommen würden. Das BAFU schätzt, dass diese Werte innerhalb von etwa 10 bis 15 Jahren erreichbar sind, wenn die Bemühungen zur weiteren Reduzierung des Feinstaubausstosses an den Quellen, vor allem bei Holzfeuerungsanlagen und Verbrennungsmotoren, fortgesetzt werden.

Die Schwankungen der PM_{2.5}-Immissionen von Jahr zu Jahr sind im Stadtzentrum und in der Nähe von Industrien von geringerem Ausmass als in ländlichen Regionen. Wenn man davon ausgeht, dass dies eine allgemeine Grundsituation in der Ebene darstellt, ist dieser Unterschied erstaunlich. Für die Region Saxon sind recht spezifische Werte wahrscheinlich, die möglicherweise mit relativ nahe gelegenen Partikelquellen zusammenhängen und von Jahr zu Jahr signifikant variieren. Sie könnten insbesondere von der Verwendung von Frostschutzkerzen und landwirtschaftlichen Traktoren herrühren. Die in ländlichen

Regionen in der Höhe beobachteten Schwankungen scheinen dagegen stärker von Saharastaub-Ereignisse und weit entfernten Partikeleinträgen von Waldbränden beeinflusst zu werden.

Seit 2009 stammen die grössten Rückgänge beim primären PM_{2.5} laut Kataster aus den Bereichen Strassenverkehr, Off-Road und Heizungen. Der Rückgang der Emissionen um 41 % im Jahr 2022 im Vergleich zu 2009 im Bereich der Heizungen ist auf optimierte oder eliminierte Feuerungen zurückzuführen. Der Grossteil der Rückgänge der PM_{2.5}-Emissionen aus dem Strassenverkehr und dem Offroad-Bereich um 48 bzw. 38 % im Jahr 2022 gegenüber 2009 ist auf einen deutlichen Rückgang der Verbrennungspartikel in diesen Bereichen zurückzuführen. Partikelfilter in den Auspuffrohren von Dieselmotoren tragen wesentlich zu dieser Entwicklung bei. Da Dieselruss krebsfördernd ist, hat diese Verbesserung erhebliche Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit.

ABBILDUNG 72 – PM_{2.5}, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 2012 BIS 2023

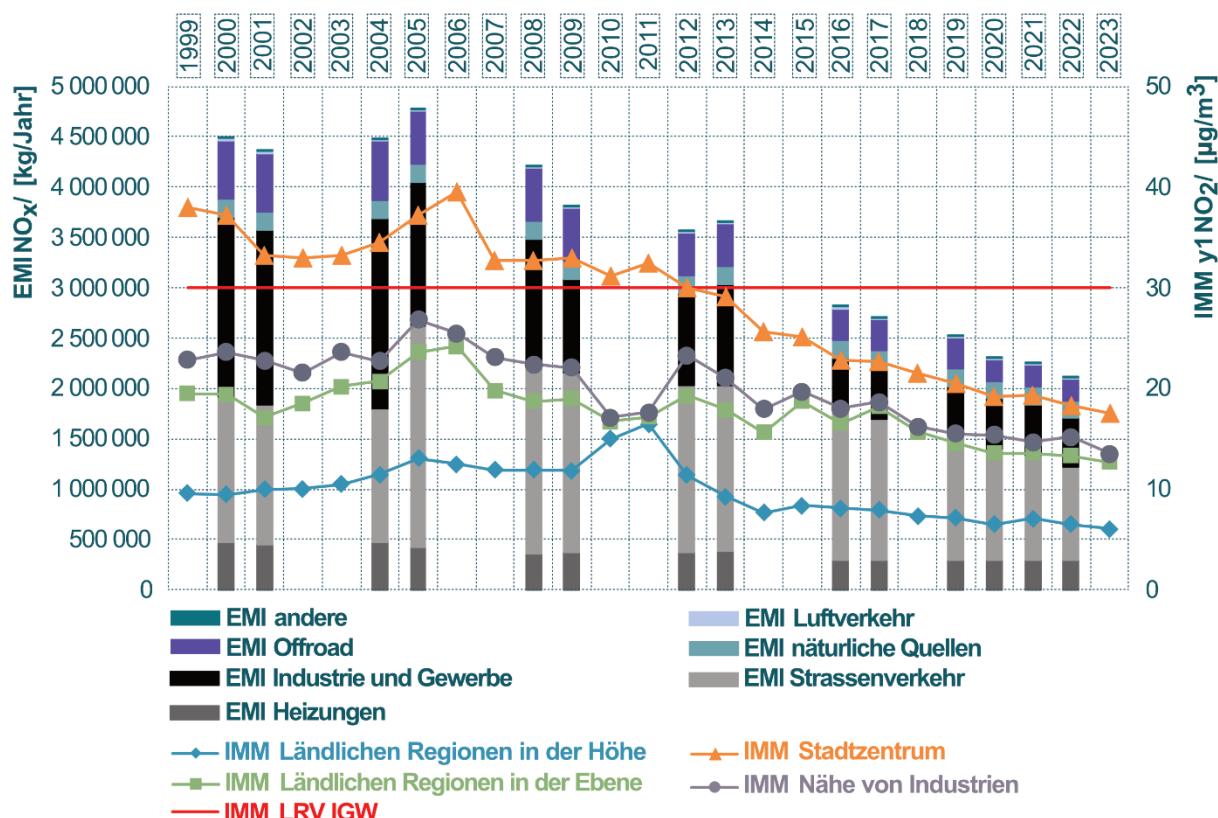


Stickstoffdioxidbelastung (NO_2) laut Quellen von Stickoxide (NO_x)

Abb. 73 zeigt die Entwicklung von 2000 bis 2022 der jährlich ausgestossenen NO_x -Mengen, sowie die entsprechenden Messergebnisse für das Stickstoffdioxid (NO_2) in der Luft im Jahresmittel und für den jeweiligen Standort-Typ. Betreffend den Beitrag der NO_x -Emissionen zur Feinstaub-Bildung ist zu sagen, dass die PM10-Gesamtmenge im Winter zu rund 30 % aus Nitraten besteht, im Sommer sind es etwa 5 %. Ein deutlicher Rückgang der emittierten Mengen des Vorläufergases verringert den PM10-Gehalt deutlich. Dieser Effekt ist im Winter stärker ausgeprägt, der angesichts des allgemein höheren Feinstaubgehalts in der Atmosphäre auch die kritischste Jahreszeit ist, zumindest für regionale Beiträge und solche, die nicht von landwirtschaftlichen Aktivitäten herrühren.

Abb. 73 zeigt die ungefähre Stagnation der NO_2 -Niveaus in der Luft, die gut mit dem von 1999 bis 2006 ziemlich konstanten NO_x -Ausstoss übereinstimmen. Danach gehen die Werte zurück, sowohl bei den Emissionen mit einem Rückgang um 56 % im Jahr 2022 gegenüber 2005 als auch bei den Immissionen mit einem Rückgang um fast 50 % in allen Regionen. Der Rückgang der NO_x -Werte wird, in der Reihenfolge ihrer Bedeutung, von den Rückgängen der Emissionsmengen aus den Bereichen Straßenverkehr, Industrie, Offroad und Heizungen bestimmt. Die jeweiligen Rückgänge betragen 58 % (-1283 t), 66% (-944 t), 58 % (-304 t) und 29 % (-119 t) im Jahr 2022 gegenüber 2005. Die Stilllegung der Raffinerie in Collombey im Jahr 2015 führte zu einem starken Einbruch der Emissionen im Bereich der Industrie um etwa 500 Tonnen/Jahr.

ABBILDUNG 73 – NO_x , Entwicklung der Belastungsniveaus von 1999 bis 2023



Der Rückgang der NO_2 -Werte im Stadtzentrum war im Vergleich zu den anderen Stationen etwas verzögert, da er erst 2012 deutlich einsetzte, nach einer markanten Zunahme von 2004 bis 2006. Seit 2013 liegen die Jahreswerte unter den LRV-Grenzwerten. Der Abstand hat sich bis 2022 vergrössert, um schlüssig einen mässigen Verschmutzungsgrad zu gewährleisten. In den ländlichen Regionen in der

Höhe wurde innerhalb von 4 Jahren von 2011 bis 2014 ein deutlicher Rückgang der Immissionen erreicht. Die seit 2017 erreichten relativ stabilen NO_2 -Konzentrationen sind im Durchschnitt 37 % niedriger als in den Jahren 2000 bis 2006 (-4.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). In den Höhenlagen ist somit eine deutliche Hintergrundverbesserung zu beobachten. Dies ist auch in der Ebene

der Fall. Der prozentuale Rückgang der Hintergrundbelastung in der Höhe ist stärker ausgeprägt als in der Ebene in der Region Saxon, die einen Rückgang von 29 % im gleichen langjährigen Mittel aufweist. In Bezug auf die Konzentrationen ist der Rückgang in Saxon mit $6.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ weniger über den Zeitraum 2017-2023 im Vergleich zu 2000-2006 jedoch stärker ausgeprägt. Die Rückgänge dieser Walliser Emissionen im Hintergrund ist hauptsächlich darauf zurückzuführen, dass Walliser Emissionen aus Heizungen, Industrie und Strassenverkehr durch Sanierungen, Optimierungen oder Eliminierungen beseitigt werden.

Im Jahresbericht heisst es, dass der bemerkenswerte Rückgang der städtischen NO_2 -Immissionswerte in Sitten seit 2011 um 46 % bis 2023 in erster Linie auf den Strassenverkehr, dann auf den Offroad-Bereich und schliesslich auf Heizungen zurückzuführen ist. Die Rückgänge an der NABEL-Station bei Sitten Flughafen-A9 verdeutlichen den starken Rückgang der NO_2 -Immissionen an Orten, die einem anhaltenden Verkehr ausgesetzt sind. Hier beträgt der Rückgang im Jahr 2023 36 % im Vergleich zu 2011. Das bedeutet, dass etwa 80 % des Rückgangs der NO_2 -Immissionen an der Resival-Station im Stadtzentrum von Sitten durch geringere Auswirkungen

des Strassenverkehrs erklärt werden können. Zu bemerken ist, dass der Anteil von NO_2 am NO_x an der NABEL-Station allmählich zunimmt. Er stieg von 41 % im langjährigen Mittel 1999-2001 auf 55 % für den Zeitraum 2021-2023. Die Abnahmerate von NO in der Luft an der NABEL-Station ist deutlich grösser als die von NO_2 . Die entsprechenden Rückgänge der Konzentrationen in ppb sind im Zeitraum von 1999 bis 2023 ziemlich gleichmässig. Es handelt sich hierbei um einen stabilen Trend. Das in den Abgasen von Verbrennungsmotoren vorherrschende Stickstoffmonoxid wird nach und nach in geringeren Mengen freigesetzt. Der Anteil dieses primären Schadstoffs verringert sich zugunsten des sekundären Schadstoffs Stickstoffdioxid, der auch aus grösseren Quellen stammt.

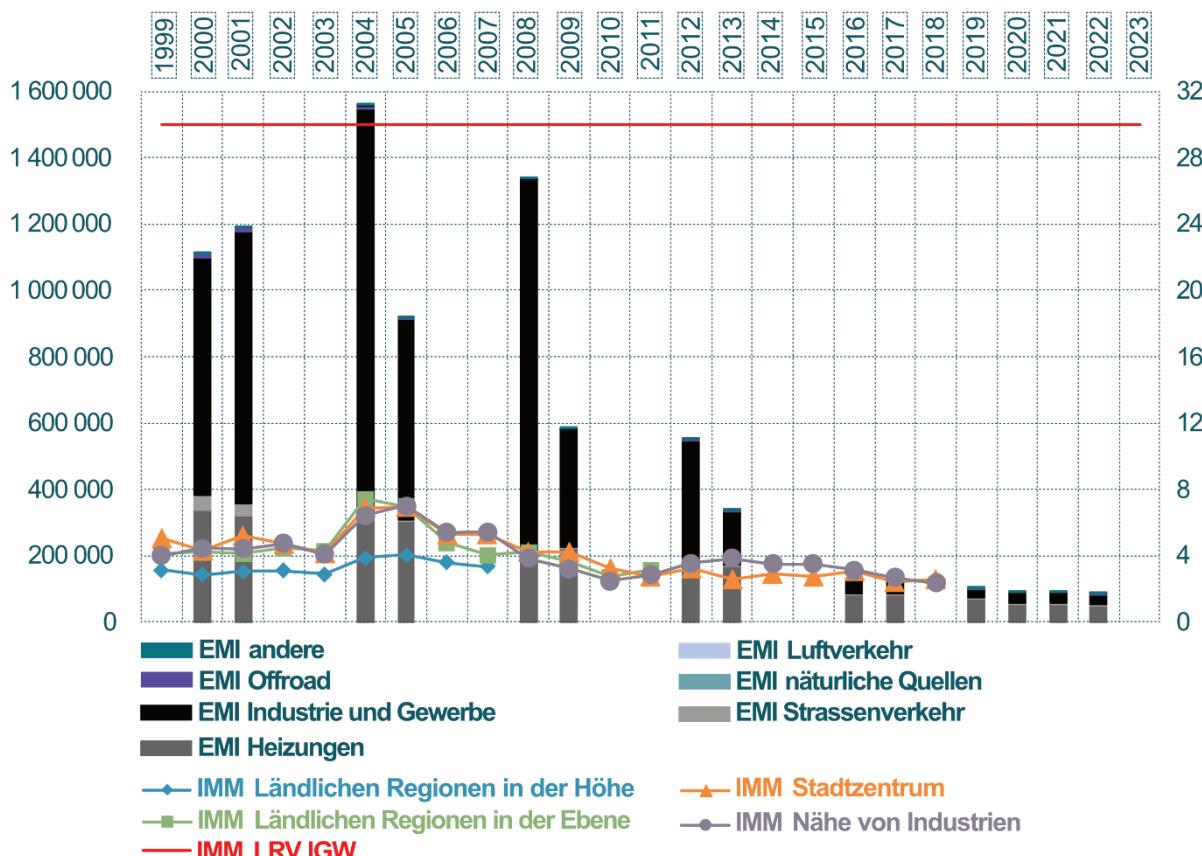
Neben den Emissionen aus Heizkesseln sind die NO_x -Emissionen aus kraftstoffbetriebenen Motoren des Strassenverkehrs die Quellen, bei denen bis 2040 die grössten Rückgänge erzielt werden müssen, damit die von der WHO für 2021 vorgeschlagene jährliche NO_2 -Begrenzung von $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehalten werden kann. Dieser Wert ist dreimal niedriger als die derzeitige LRV-Begrenzung von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Abbildung 73 zeigt, dass derzeit nur die ländlichen Regionen in der Höhe eine Luftqualität aufweisen, die dieser neuen WHO-Empfehlung entspricht.

Schwefeldioxidbelastung (SO_2)

Abbildung 74 zeigt die Entwicklung der jährlichen Emissionsmengen von SO_2 von 2000 bis 2022 sowie die Immissionen dieses Schadstoffs als Jahresmittelwerte nach Standorttyp bis 2018, dem letzten Messjahr von RESIVAL. SO_2 als primärer Schadstoff wird in sekundäre Schadstoffe wie Sulfate in PM10 umgewandelt. Sie machen in allen Jahreszeiten zwischen 5 und 15 % der Masse des gesamten PM10 aus.

Die Stilllegung der Raffinerie in Collombey im April 2015 führte zu einem starken Einbruch der Emissionen im Bereich der Industrie um etwa 130 Tonnen/Jahr 2016 gegenüber 2014.

Die LRV hat den Schwefelgehalt in Benzin und Diesel schrittweise reguliert. Ab 2000 lag die Begrenzung noch bei 150 mg/kg bzw. 350 mg/kg. Dann wurde sie ab 2005 auf 50 mg/kg für beide Kraftstoffe gesenkt. Im Jahr 2009 senkte die LRV den Grenzwert schliesslich auf die aktuellen 10 mg/kg.

ABBILDUNG 74 – SO₂, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 1999 BIS 2022

Bei den Brennstoffen wurde der maximal zulässige Schwefelgehalt für Heizöl "extra leicht" im Jahr 2009 von 0.2 %-Masse auf 0.1 %-Masse gesenkt. Im Jahr 2018 wurde dann die Verpflichtung in die Verordnung aufgenommen, ab Juni 2023 in Anlagen mit einer Heizleistung von weniger als 5 MW nur noch Heizöl

«extra leicht Öko» zu verwenden. Diese umweltfreundlichere Qualität zeichnet sich durch einen niedrigen Schwefelgehalt von maximal 0.005 Massenprozent aus. Sie liegt 95 % unter dem Höchstgehalt des Heizöls «Euro extra leicht», das auch als Euro-Heizöl bezeichnet wird.

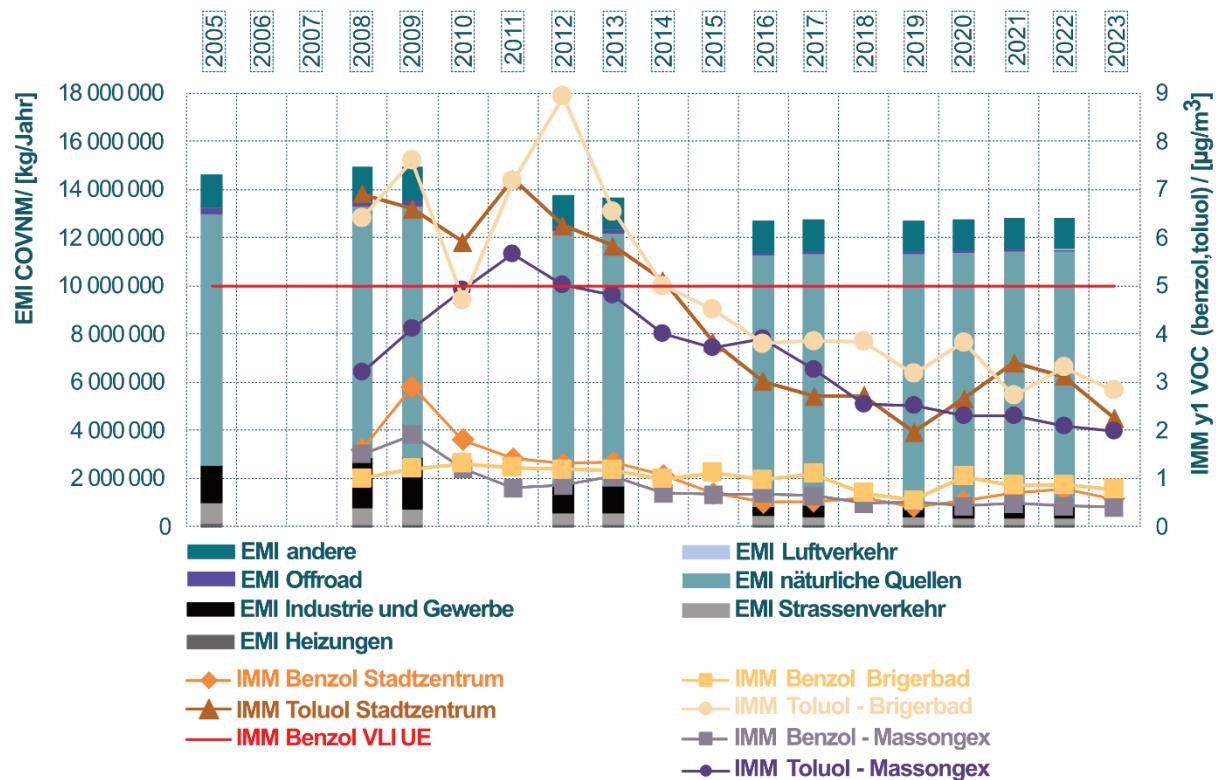
Verschmutzung durch flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Nachfolgende Abb. 75 zeigt die Entwicklung der jährlich ausgestossenen Mengen NMVOC (VOC ohne Methan) von 2005 bis 2022 sowie die Messergebnisse der Jahresmittel bis 2023 für die beiden wichtigsten VOC an den Standort-Typen im Wallis: das Benzol und das Toluol.

Die Gesamtmenge der emittierten NMVOC ist im Jahr 2022 im Vergleich zu 2005 bzw. 2009 um 13 % bzw. 14 % gesunken. Derzeit machen die natürlichen Emissionen 82 % der emittierten Mengen aus. Von 2009 bis 2022 sind die NMVOC-Emissionen im Bereich der Industrie um 72 % (-1496 t) und im Bereich

des Strassenverkehrs um 54 % gesunken (-341 t). Im Offroad-Bereich betrug der Rückgang 67 % (-166 t). Dies sind die Hauptbeiträge zum Gesamtrückgang von 14 %. Die Urbanisierung der Rhoneebene und die Zunahme der Siedlungs- und Infrastrukturflächen um mehr als 50 % in den letzten 30 Jahren könnten zu einer Verringerung der natürlichen Emissionen beitragen. Kompensationsstrategien können dem jedoch entgegenwirken. Um die natürlichen Ressourcen zu schonen und um der Holzenergie eine gute Zukunft zu sichern, ist diese Art von Massnahmen zu begrüßen.

ABBILDUNG 75 – NMVOC, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 2005 BIS 2023



Im Wallis hat die Stilllegung der Raffinerie im April 2015 dazu geführt, dass die VOC-Emissionen im industriellen Bereich um fast 560 Tonnen pro Jahr gesunken sind. Das ist viel, wenn man bedenkt, dass diese Tonnage gesundheitsschädliche VOC wie Benzol enthält. Es ist wenig (4.4 %) im Vergleich zu den Gesamtemissionen im Jahr 2022, die hauptsächlich durch die Vegetation verursacht werden. Zu beachten ist, dass Waldbrände zu den Emissionsquellen von krebserregendem Benzol zählen, das im Verbrennungsprozess entsteht. Sie werden durch stärkere Trockenperioden begünstigt, und der unverbrannte Teil des Feinstaubs wird in grossen Mengen freigesetzt.

Die rückläufigen Entwicklungen im mehrjährigen Mittel zwischen den ersten fünf Jahren (2008-2012) und den letzten fünf Jahren (2019-2023) sind an den drei Stationen für Benzol und Toluol ungefähr gleich (Abbildung 75). Eine Station sticht jedoch bei Benzol deutlich hervor: Brigerbad, wo dieser Schadstoff zwischen den beiden Zeiträumen um 31 % zurückging. An zwei anderen Stationen, Sitten und Massongex, betrug der Rückgang 67 % bzw. 64 %. Der Jahreswert in Brigerbad war jedoch in den Jahren 2008 und 2009 deutlich niedriger, was den Unterschied abschwächt. Sitten ist der Ort mit den grössten Verbesserungen, mit einem Rückgang von 67 % bei Benzol und 59 % bei Toluol. Einerseits ist der Strassenver-

kehr in der Umgebung der Station Stadtzentrum stärker als in der Nähe der Industrie. Andererseits gibt es für die Emissionen in der Stadt keine sehr hohen Fabrikamine, die für eine stark verdünnte Luftverschmutzung im Freien sorgen und die Luft so weit wie möglich von der unmittelbaren Umgebung entfernt verteilen. Daher hat die Station im Stadtzentrum in den letzten zehn Jahren erhebliche Verbesserungen bei den Benzol- und Toluolemissionen aus dem Strassenverkehr und den lokalen Aktivitäten von Haushalten und Unternehmen erzielt. Die Rückgänge der Toluol-Immissionen zwischen den Zeiträumen 2008-2012 und 2019-2023, die zwischen 51 und 59 % liegen, sind jedoch ähnlich wie bei den drei Walliser Stationen. Es handelt sich hierbei um eine recht bemerkenswerte Gesamtentwicklung. Da Benzol eine längere Lebensdauer in der Atmosphäre hat als Toluol, sollte seine räumliche Homogenisierung gefördert werden. Dennoch weist das Oberwallis einige Besonderheiten auf. Die lokalen Verschmutzungsquellen, die Lage in einem engen Tal und die Stabilität der Kaltluftseen, über die der Wind bei Föhneignissen zwischen Brig und Raron manchmal hinwegfegt, tragen dazu bei, dass sich das Oberwallis von anderen Regionen abhebt.

Für die Industrieanlagen sind die Daten des Swiss PRTR eine ergänzende Quelle zu den Informationen, die auf den vom Kanton erhaltenen Emissionserklärungen nach Art. 12 LRV basieren. Im Jahr 2024 wird

eine neue Internetanwendung (SwissPRTR 5.0) die vorherige Version aus dem Jahr 2007 ersetzen. Derzeit sind 19 Grossunternehmen mit Sitz im Wallis im nationalen Register eingetragen, wobei die für dieses System geltenden Auswahlkriterien berücksichtigt wurden. Sie sind in drei Bereichen tätig: chemische Industrie, Abfallverbrennung und Metallverarbeitung. Die öffentlichen Daten nach 2021 werden bis Ende 2024 auf www.swissprtr.admin.ch zugänglich sein.

Die DUW erhält Erklärungen von einer breiteren Basis, die 55 grosse Unternehmen umfasst, die 2023 ihre Emissionserklärungen für das Jahr 2022 eingereicht haben. Hinzu kommen 13 grosse Fernheizkraftwerke, deren Kessel ganz oder teilweise mit Holz befeuert werden. Sie erzeugten im Jahr 2022 536 Tonnen NMVOC, die in die Luft ausgestossen wurden. Diese Menge wird dem Bereich Industrie des Walliser Katasters zugewiesen.