



LUFTQUALITÄT IM WALLIS

■ BERICHT 2022



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

Wenn man das Blau des Himmels auf dem Deckblatt dieses Berichts betrachtet, könnte man meinen, dass wir uns um die Luftqualität in unserem Kanton keine ernsthaften Sorgen machen müssen. Und es stimmt auch, dass sich die Situation seit den 1980er Jahren, und vor allem in den letzten zwanzig Jahren, massgeblich verbessert hat. In vielen Bereichen wurde enorme Arbeit geleistet, um die Ursachen für die starke Luftverschmutzung zu verringern, die früher viel häufiger mit blossen Auge zu erkennen war als heute. Was man vergisst, weil man es nicht mehr sieht, ist, dass die Atmosphäre nach wie vor Beeinträchtigungen ausgesetzt ist, die schädliche Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit und unsere Ökosysteme haben können.

Eine beruhigende Feststellung dieses Berichts 2022: der Trend zur Verbesserung der Luftqualität hält gesamthaft und langfristig an. Konkret, und um nur einige Beispiele zu nennen: Die Begrenzung für Feinstaub PM10 wird seit 2014 deutlich eingehalten, beim Stickstoffdioxid ist von 2006 bis 2022 ein allgemeiner Rückgang um 47 % zu verzeichnen und die 2022 für Sitten und Saxon für diesen Schadstoff verzeichneten Werte waren sogar die tiefsten seit dem Messbeginn 1990.

Andere, weniger erfreuliche Indikatoren erinnern uns jedoch daran, dass es noch einige Herausforderungen gibt:

- Der Wiederanstieg der Überschreitungen der Stundengrenzwerte für Ozon, der durch ein trockenes und warmes Jahr ausgelöst wurde.

- Der Anstieg der Feinstaubwerte setzte sich 2022 fort, was mit den schweren Saharasand- Ereignissen zusammenhängt. Der Jahreswert für PM2.5 lag in ländlichen Regionen in der Ebene leicht über dem gesetzlich festgelegten Grenzwert.
- Der Ammoniakgehalt in der Region Sitten überschritt den für Ökosysteme zulässigen Toleranzbereich. Diese Situation war seit 2016 nicht mehr aufgetreten. Das über mehrere Monate hinweg trockene Wetter ist eine der wahrscheinlichsten Ursachen für diesen Anstieg.

Haben Sie gemerkt, was diesen drei Fällen gemein ist? Es ist nichts anderes als der Einfluss des Wetters, das vom Klimawandel geprägt ist. Dieses Thema ist heute allgegenwärtig. Und ganz offensichtlich ist es auch aus der Sicht der Luftreinhaltung von zentraler Bedeutung. Der Schutz der Luft, dieses lebenswichtigen Guts, bleibt daher eine anspruchsvolle Aufgabe für meine Dienststelle. Wir müssen ständig neue Umweltparameter berücksichtigen, die ebenso wichtig wie komplex sind.

Ich nehme Tag für Tag das Engagement meiner Teams bei ihrer Überwachungs-, Kontroll-, Informations- und manchmal auch Warnarbeit wahr. Ich danke ihnen dafür, dass sie sich so stark mit dieser Rolle identifizieren, die uns allen zukommt, nämlich den nachfolgenden Generationen die Schlüssel zu einer dauerhaft gesunden Umwelt weiterzureichen.

Christine Genolet-Leubin
Dienstschefin

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT.....	2
DAS WESENTLICHE	6
1. LUFTREINHALTUNG UND PRÄVENTIONSMASSNAHMEN.....	7
2. FAKTOR WETTER UND LUFTVERSCHMUTZUNG	9
2.1. Das Wetter im jahresverlauf 2022.....	11
3. RESIVAL.....	14
4. OZON – O ₃	15
4.1. Steckbrief.....	15
4.2. Ergebnisse 2022.....	16
4.3. Entwicklung der Immissionen.....	18
4.4. AOT 40.....	20
5. FEINSTAUB – PM ₁₀	21
5.1. Steckbrief.....	21
5.2. Ergebnisse 2022.....	22
5.3. Entwicklung der Immissionen.....	23
6. FEINSTAUB – PM _{2.5}	28
6.1. Steckbrief.....	28
6.2. Ergebnisse 2022.....	29
6.3. Entwicklung der Immissionen.....	30
7. ELEMENTARER KOHLENSTOFF (RUSS)	31
8. STICKSTOFFDIOXID – NO ₂	33
8.1. Steckbrief.....	33
8.2. Ergebnisse 2022.....	34
8.3. Entwicklung der Immissionen.....	35
9. AMMONIAK – NH ₃	38
9.1. Steckbrief.....	38
9.2. Ergebnisse 2022.....	39
9.3. Entwicklung der Immissionen.....	40
9.4. Immissionsstatus.....	41
10. GROBSTAUBNIEDERSCHLAG	44
10.1. Steckbrief.....	44
10.2. Ergebnisse 2022.....	45
10.3. Entwicklung der Immissionen.....	45
11. FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN – VOC	49
11.1. Steckbrief.....	49
11.2. Ergebnisse 2022 und Entwicklung der Immissionen.....	50
11.3. Krebserrregende VOCs im Wallis.....	55
LITERATUR.....	57
ABKÜRZUNGEN, EINHEITEN UND SYMBOLE	58
ANHÄNGE.....	61

ABBILDUNGEN

ABBILDUNG 1 - Die Resival-Messstationen	14
ABBILDUNG 2 - O ₃ , Überschreitungen der Stundennorm nach Konzentrationsklassen	17
ABBILDUNG 3 - O ₃ , Anzahl Stunden >120 µg/m ³	17
ABBILDUNG 4 - O ₃ , monatliche 98-Perzentile	17
ABBILDUNG 5 - O ₃ , Anzahl Stunden über 120 µg/m ³ , regionaler Höchstwert	19
ABBILDUNG 6 - O ₃ , Anzahl Tage mit Stunden >120 µg/m ³ , regionale Mittelwerte	19
ABBILDUNG 7 - O ₃ , maximale Stundenspitzenwerte nach Jahren	19
ABBILDUNG 8 - AOT 40 in den Jahren 1990 bis 2022, regionale Mittelwerte	20
ABBILDUNG 9 - Primäre PM10-Emissionen im Wallis 2021	21
ABBILDUNG 10 - PM10, regionale Jahresmittelwerte von 1999 bis 2022	24
ABBILDUNG 11 - PM10, maximale Anzahl Tage > 50 µg/m ³ , regionale Höchstwerte	25
ABBILDUNG 12 - Blei im PM10 von 2001 bis 2022, regionale Mittelwerte	26
ABBILDUNG 13 - Cadmium im PM10 von 2001 bis 2022, regionale Mittelwerte	26
ABBILDUNG 14 - Ergebnisse 2014 - 2021 für PAK und Benzo(A)pyren an der Nabel-Station in Sitten	27
ABBILDUNG 15 - Primäre PM2.5-Emissionen im Wallis 2021	28
ABBILDUNG 16 - PM2.5-2018-2022, regionale Jahresmittel in µg/m ³	30
ABBILDUNG 17 - EK, Jahresdurchschnittswerte von 2008 bis 2022	31
ABBILDUNG 18 - EK 2022 in Massongex	32
ABBILDUNG 19 - PM10 PM2.5 2022 in Massongex	32
ABBILDUNG 20 - NO _x , Emissionen im Jahr 2021 im Wallis	33
ABBILDUNG 21 - NO ₂ , Tagesmittelwerte in Sitten und Brigerbad in 2022	35
ABBILDUNG 22 – NO ₂ Jahres- und tegionale Durchschnittswerte von 1990 bis 2022	36
ABBILDUNG 23 – NO ₂ , maximale Anzahl der Überschreitungen der Tagesnorm von 2000 bis 2022	37
ABBILDUNG 24 - NH ₃ , Emissionen Wallis 2021	38
ABBILDUNG 25 - Ergebnisse der Kampagne 2022 für gasförmiges Ammoniak im Unterwallis	39
ABBILDUNG 26 - Karte der kritischen Werte für gasförmiges Ammoniak in der Schweiz im Jahr 2020	41
ABBILDUNG 27 - Karte der kritischen Belastungen durch Stickstoffdepositionen in der Schweiz im Jahr 2020	42
ABBILDUNG 28 - Staubbiederschlag von 1991 bis 2022 regionale Mittelwerte	46
ABBILDUNG 29 - Blei im Staubbiederschlag von 1991 bis 2022, regionale Mittelwerte	47
ABBILDUNG 30 - Cadmium im Staubbiederschlag von 1991 bis 2022, regionale Durchschnittswerte	47
ABBILDUNG 31 - Zink in µg/(m ² ×d) im Staubbiederschlag von 1991 bis 2022, regionale Durchschnittswerte	48
ABBILDUNG 32 - NMVOC-Emissionen (VOC ausser Methan) im 2021	49
ABBILDUNG 33 - Benzol, Jahresmittel	50
ABBILDUNG 34 - Benzol, Monatsmittel 2022	50
ABBILDUNG 35 - Tageswerte von Benzol im Jahr 2022 bei den 4 Stationen in der Ebene	52
ABBILDUNG 36 – Benzol-Immissionen an der Station Brigerbad im Jahr 2022 (90° = Ost, 270° = West)	52
ABBILDUNG 37 - Benzol-Immissionen An Der Station Massongex Im Jahr 2022 (0° = Nord, 180° = Süd)	53
ABBILDUNG 38 - Toluol, Monatsmittelwerte 2022	54
ABBILDUNG 39- Toluol, Jahresmittel	54
ABBILDUNG 40 - Immissionen von krebserregenden VOCs in der Ebene des Oberwallis im Jahr 2022	56

TABELLEN

TABELLE 1 – Auswirkung der Massnahmen auf die wichtigsten Luftschadstoffe	8
TABELLE 2 – Meteorologische Werte für Sitten*	11
TABELLE 3 – O ₃ , Ergebnisse 2022	16
TABELLE 4 – PM ₁₀ , Ergebnisse 2022	22
TABELLE 5 – PM _{2.5} , Ergebnisse 2022	29
TABELLE 6 – Elementarer kohlenstoff (EK), Ergebnisse 2022	31
TABELLE 7 – NO ₂ , Ergebnisse 2022	34
TABELLE 8 – Grobstaubniederschlag und Metallgehalt , im Jahresdurchschnitt 2022	45
TABELLE 9 – Benzol und Toluol, Ergebnisse 2022	50

DAS WESENTLICHE

Ozon (O₃): Die Ozonverschmutzung schadet lebenden Organismen und schädigt inertes Material. Die Ozonbelastung wird hauptsächlich durch die Anzahl der Überschreitungen der Stundengrenzwerte ausgedrückt. Alle Grenzwerte werden überschritten und sind nicht konform mit der Luftreinhalteverordnung (LRV). Seit dem Jahr 2000 stagnieren die zu hohen Konzentrationen mit einigen markanten Anstiegen in den Jahren 2003, 2015, 2018 und 2022. In diesen Jahren gab es Hitzewellen und starke Sonneneinstrahlung. Diese Wetterbedingungen begünstigen eine anhaltende Produktion dieses sekundären Schadstoffs, der in der Luft aus Vorläufergasen und mithilfe der Sonneneinstrahlung gebildet wird. Die Station Sittten verzeichnete die höchste Anzahl an Überschreitungen seit 1990.

Stickstoffdioxid (NO₂): Die Jahresmittelwerte sind von 2006 bis 2022 schrittweise gesunken. Daraus ergibt sich eine allgemeine Senkung um 47 %. Die Werte von 2022 in Sittten und Saxon sind die niedrigsten seit Beginn der Messungen im Jahr 1990. Nach 2013 wird der Jahresgrenzwert von 30 µg/m³ an den Resival-Stationen eingehalten. An der Bundesstation Nabel in Sittten aéroport-A9 ist er es seit 2019. NO₂ ist die direkte Vorstufe von O₃ in der Luft, die wir einatmen. NO_x (NO+NO₂) ist auch an der Versauerung des Regens, der Eutrophierung und der Bildung von Feinstaub beteiligt.

Feinstaub (PM10, PM2.5): PM10 und seine feinere Fraktion PM2.5 sind die Schadstoffe mit den grössten Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit. Die Jahresdurchschnittswerte für PM10 sind von 2006 bis 2019 stetig gesunken. Daraus ergibt sich eine allgemeine Senkung um 50 %. Seit 2014 wird die Jahresbegrenzung deutlich eingehalten. Von 2020 bis 2022 führten starke Einbrüche von Saharasaand, die durch die globale Erwärmung begünstigt wurden, zu einem Wiederanstieg der Werte und zu Überschreitungen der Tagesbegrenzung. Die Jahreswerte für PM2.5 sind kritischer. In ländlichen Gebieten überschreiten sie die LRV-Grenzwerte, in Sitten nähern sie sich diesen an.

Staubniederschlag: Nach einer einzelnen Jahresüberschreitung im Jahr 2019 in der ländlichen Talregion werden die LRV-Standards für die Luftqualität wieder eingehalten

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					

Die obige Tabelle (Anhang 4 erklärt die Piktogramme) zeigt, dass abgesehen von Ozon im ganzen Kanton und Feinstaub PM2.5 in ländlichen Gebieten der Ebene und in städtischen Zentren die langfristigen LRV-Grenzwerte im Jahresmittel eingehalten werden. Sie werden festgelegt, um die Auswirkungen regelmässiger Belastungen gegenüber einer ausgeprägten Luftverschmutzung zu verhindern. Deren Gesundheits- und Umweltschäden sind grösser als bei selteneren und kürzeren Expositionen.

Seit 2014 werden übermässige Immissionen vermieden, ausser bei O₃ und PM2.5. Dennoch kann es zu weiteren lokalen und punktuellen Belastungen kommen, z. B. durch Rauch aus Holzfeuerungen in bestimmten Stadtteilen. Die eingeleiteten Anstrengungen müssen daher fortgesetzt werden, um der gesamten Walliser Bevölkerung jederzeit und dauerhaft eine optimale Luftqualität zu gewährleisten.

1. LUFTREINHALTUNG UND PRÄVENTIONSMASSNAHMEN

Die Luftverschmutzung ist von lokaler oder allgemeiner Tragweite, je nachdem, ob sie von einzelnen Anlagen oder von einer Ansammlung mehrerer Anlagen und Verkehrsinfrastrukturen verursacht wird. Wenn der ganze Kanton oder ein erheblicher Teil seiner Bevölkerung von übermässigen Immissionen betroffen ist, gilt die Luftreinhalte-Verordnung (SR 814.318.142.1 - LRV) welche verlangt, dass ein Massnahmenplan erstellt und umgesetzt wird. Die Absicht besteht darin, die Verschmutzungswerte zu senken, indem an den Quellen der Luftemissionen angesetzt wird. Der Plan bleibt in Kraft, solange die Grenzwerte von Anhang 7 LRV nicht eingehalten werden. Im Jahr 2009 hat der Kanton Wallis einen solchen Plan verabschiedet. Die Jahreswerte von PM10 und Stickstoffdioxid (NO₂) im Wallis lagen damals über den in der Verordnung erlaubten Höchstwerten. Auch bei 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 Stickoxide NO_x und vor allem durch Feinstaub PM10. Elf Massnahmen zielen hauptsächlich auf die letztgenannte Schadstoffart ab. Denn PM10, einschliesslich der feineren Staubfraktion PM2.5, ist der Schadstoff mit den grössten Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit. Im Jahr 2013 stufte die

Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) die Luftverschmutzung vor allem aufgrund ihrer Anwesenheit als krebserregend ein.

Die Ziele des kantonalen Plans werden seit 2014 für die Jahreswerte von NO₂ und PM10 erreicht. Hingegen kommt es bei Ozon weiterhin zu Überschreitungen der LRV-Grenzwerte. Obwohl diese Verschmutzung in Bezug auf die Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit weniger kritisch ist und sporadisch in Abhängigkeit von den Wetterbedingungen auftritt, stellt sie dennoch eine Nichteinhaltung der LRV dar.

Die neuen Richtlinien, die im Herbst 2021 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) herausgegeben wurden, stellen die Luftqualitätsziele in Frage. Sie berücksichtigen den Wissensstand über die Auswirkungen der Luftverschmutzung, der seit den vorherigen Leitlinien von 2005 gewonnen wurde. Würden die neuen WHO-Grenzwerte in die LRV übernommen, würden die Jahresgrenzwerte für PM2.5 und NO₂ im Kanton im Jahr 2022 überschritten, zusätzlich zu den seit langem bekannten Überschreitungen bei Ozon. Bei Feinstaub PM10 und PM2.5 würden die Überschreitungen weniger von seltenen oder aussergewöhnlichen Wetterereignissen abhängen, wie zum Beispiel den starken Sandstürmen aus der Sahara, die in den ersten Quartalen der Jahre 2020 bis 2022 auftraten.

TABELLE 1 - AUSWIRKUNG DER MASSNAHMEN AUF DIE WICHTIGSTEN LUFTSCHADSTOFFE

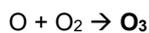
MASSNAHME GEMÄSS KANTONALEM PLAN LRV	LUFTSCHADSTOFFE				
	O ₃	PM10	NO _x	SO ₂	COV
5.1.1. Allgemeine Sensibilisierung und Information		+	+	+	+
5.1.2. Themenpfade, andere Veranstaltungen zum Thema Luft	+	+	+	+	+
5.1.3. Information der Gemeinden über Massnahmen in ihrem Zuständigkeitsbereich	+	+	+	+	+
5.1.4. 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 Steuerleichterungen	+	+	+	+	+
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-Fahrkurs	+	+++	+++		+
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 LUFTVERSCHMUTZUNG

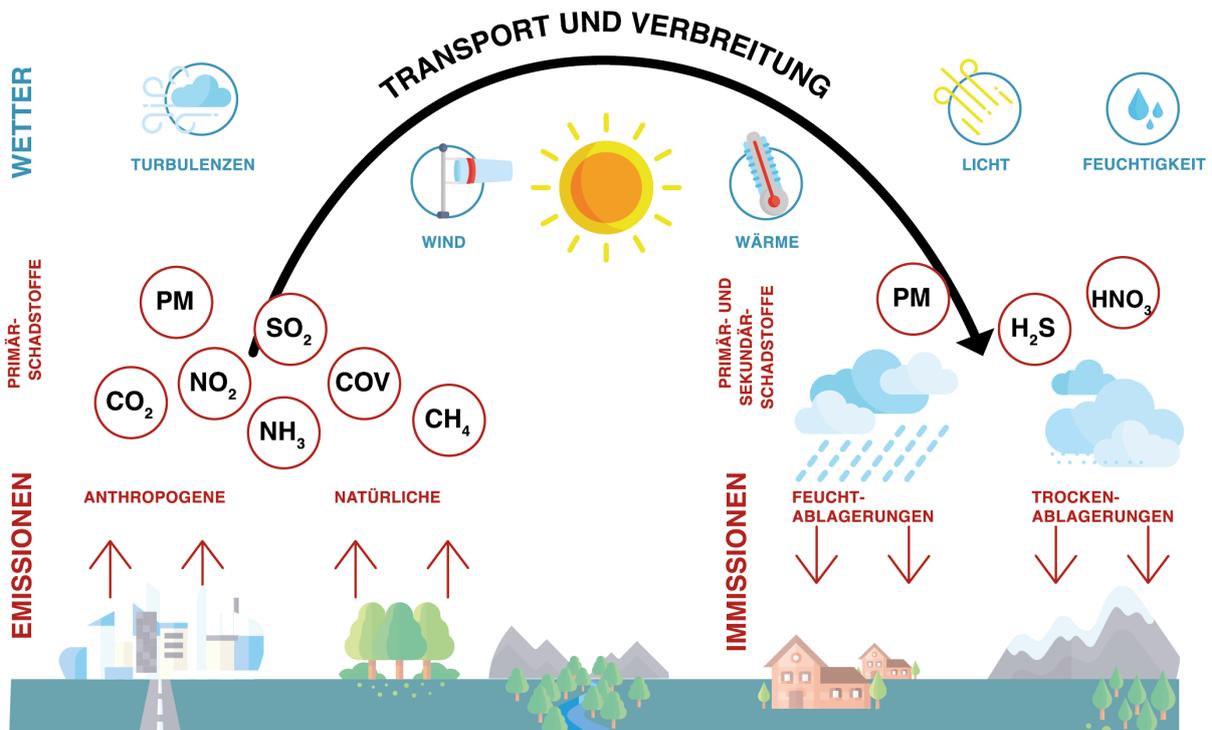
Die anthropogene und natürliche Freisetzung von Luftschadstoffen in die Luft unterliegt einer Vielzahl von Faktoren, die ihre Konzentrationen an den Orten beeinflussen, an denen diese Schadstoffe ihre Wirkung entfalten, d. h. an den Immissionen. Ihr Transport und ihre Ausbreitung hängen von meteorologischen Bedingungen wie Wind, Windstärke und -richtung, Feuchtigkeit und Niederschlag, Lufttemperatur und atmosphärischer Stabilität ab. Andere Faktoren haben einen direkten Einfluss auf die Luftchemie und ihre Umwandlungen. Insbesondere die Sonneneinstrahlung (symbolisiert durch $h\nu$) ist die Ursache für die tageszeitliche Produktion von Ozon (O_3) über die Photolyse von Stickstoffdioxid (NO_2). Die Schlüsselreaktionen hierfür sind :



Die Gesamtreaktion $NO_2 + O_2 \rightarrow NO + O_3$ 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 Ozon zu erzeugen. Diese beiden Schadstoffe werden durch die 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 ($NO + NO_2$) 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 wesentliche Rolle bei dieser Produktion. Bei schönem Wetter und langen Episoden von heißen Sommertagen werden die höchsten O_3 -Werte begünstigt. Dieser Prozess erklärt die seit vielen Jahren wiederholten Überschreitungen der LRV-Grenzwerte. Ozon wird als sekundärer Schadstoff bezeichnet, da es nicht direkt von Quellen am Boden oder während des Fluges emittiert wird. Es wird in der Atmosphäre aus den Vorläufergasen, vor allem NO_x und VOC, gebildet.

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 3.000 m Höhe umgeben ist, die von Seitentälern durchschnitten werden. Diese Erhebungen werden 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 Bouveret. Bei schwachen Winden ist das Wallis ein Schmelztiegel, in dem die Luftverschmutzung vor allem durch die regionalen Schadstoffquellen und die atmosphärische Chemie gesteuert wird. Bei starken Winden kommt es zu erheblichen Einträgen von kontinentalen und transalpinen Schadstoffen. In Fällen mit sehr grosser Reichweite sind sie transkontinental. Dazu gehören Ozon und seine Vorläuferstoffe von jenseits des Atlantiks und Saharasand, der als atmosphärischer Staub aus Nordafrika in grosse Höhen transportiert wird.

Die Walliser Stationen des Resival-Netzwerks qualifizieren die Luftqualität in der atmosphärischen Grenzschicht (AGS). Diese erstreckt sich typischerweise vom Boden bis in eine Höhe von etwa

1'500 m. Darüber liegt die freie Atmosphäre (AL), genauer gesagt die freie Troposphäre, die bis zur Tropopause in einer Höhe von etwa 10.000 bis 12.000 m.ü.M. aufsteigt. In der Luftmasse einer bestimmten Wetterlage ist die Temperatur in der AL nahezu konstant, während sie in der AGS mit dem Tages- und Nachtzyklus deutlich schwankt. Es ist hauptsächlich die Variation des turbulenten Wärmeflusses, der in Bodennähe erzeugt wird, die die grossen täglichen Temperaturänderungen in der Grenzschicht verursacht. Tagsüber wird der Boden durch die Sonneneinstrahlung erwärmt und diese Wärme wird in die AGS zurückgestrahlt. Nachts kühlt sich der Boden ab, indem er Infrarotstrahlung aussendet. Durch den Kontakt mit dem kälteren Relief sinkt die Temperatur der Luft in der unteren Schicht. Die nächtliche Abkühlung ist am grössten in trockenen, klaren und windstillen Nächten, in denen die Bodenstrahlung effektiv abgeleitet wird. Das folgende Bild zeigt die AGS, in der das Resival-Netzwerk die Luftverschmutzung in der Region Mittelwallis misst. Die Schneedecke beginnt bei etwa 1'800 m.ü.M. Die Resival-Stationen messen die Luftqualität unterhalb dieser Höhe.



Die Stabilität der AGS bestimmt stark, ob die Akkumulation von Luftschadstoffen begünstigt wird oder ob im Gegenteil deren Verteilung und Verdünnung vorherrscht. Situationen, die Temperaturinversionen verursachen, erzeugen eine sehr stabile Grenzschicht ab der Inversionsbasis. Ab diesem Punkt nimmt die Temperatur mit der Höhe zu. In einer gewissen Höhe kippt sie dann auf einen gewöhnlichen negativen Gradienten, bei dem die Temperatur mit der Höhe abnimmt. Die stärksten Stabilisierungseffekte treten bei winterlichen Hochdruckeinbrüchen auf, die von Inversionen in den unteren Schichten begleitet werden. Schadstoffe sammeln sich dann leicht in den Kaltluftseen an, und an solchen Tagen werden normalerweise die höchsten Konzentrationen von Luftschadstoffen

beobachtet. Eine Ausnahme bildet das Ozon, dessen Konzentrationen von den oben genannten sommerlichen Bedingungen gesteuert werden. Sie werden jedoch auch durch Hochdruckwetterlagen begünstigt. Diese sind, wie in Tiefdruckzentren, im Vergleich zu den windigen Störungen der Warm- und Kaltfronten relativ wenig dynamisch. Diese ergeben sich aus den allgemeinen Luftmassenströmen von Hoch- zu Tiefdruckgebieten, die durch die Effekte der Erdrotation gekrümmt werden.

Turbulenzen spielen eine wichtige Rolle bei der Vermischung von Luftschadstoffen. Die trockene Luft im Wallis begünstigt stabile Atmosphären. Diese werden durch zwei Arten von Turbulenzen beeinträchtigt: die thermische Turbulenz, die bereits

im Zusammenhang mit dem Wärmefluss vom Boden aus erwähnt wurde, und die dynamische Turbulenz, die mit den Windverhältnissen zusammenhängt. Ihre Auswirkungen bestimmen die Mischungshöhe, d. h. die Höhe, die das Volumen begrenzt, in dem die am Boden emittierten Schadstoffe wirksam aufgewirbelt werden. Die Mischungshöhe ändert sich im Laufe des Tages und kann von 1-200 m bis zu 2.000 m über Grund reichen. Resival-Stationen im Flachland befinden sich ständig in der Mischungshöhe, während Resival-Stationen in höheren Lagen möglicherweise nur episodisch in der Mischungshöhe sind. Wenn dies nicht der Fall ist, sind sie hauptsächlich der Verschmutzung durch den geostrophischen Wind ausgesetzt. Er zirkuliert in der freien Atmosphäre und wird weder durch

Oberflächeneffekte noch durch Turbulenzen in der Mischungsschicht gestört.

Um die kombinierten Auswirkungen der Freisetzung von Schadstoffen in die Luft, der meteorologischen Faktoren und der physikalischen Chemie der Atmosphäre zu quantifizieren, sind Systeme erforderlich, die auf leistungsstarken Computerrressourcen 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
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
Sonnenscheindauer [h]	2427	2212	2067	2022	2249	2086	2231	2271	2174	2279	2181	2400
Niederschläge [mm]	485	615	568	530	500	587	567	633	608	545	696	486

* 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 2022

2.1.1. ÜBER DAS GANZE JAHR

Laut dem Klimabulletin von MeteoSchweiz für das Jahr 2022 wies die Jahresdurchschnittstemperatur von 7.4°C in der Schweiz eine positive Abweichung von 1.6°C von der Norm 1991-2020 (30-jähriges Mittel) auf. Dies ist der höchste Wert seit Beginn der Messungen im Jahr 1864. Die sieben wärmsten Jahre wurden nach 2010 verzeichnet. Nach einer relativen Pause im Jahr 2021 hat das Phänomen der globalen Erwärmung wieder ein bisher ungekanntes Ausmass angenommen. Es ist das zweite seiner Art in den letzten 30 Jahren. Die Schweiz erlebte den ersten Hitzeschub in den 90er Jahren. Von der vorindustriellen Periode 1871-1900 bis zur jüngsten von 1993 bis 2022 stieg die Jahrestemperatur in der gesamten Schweiz um durchschnittlich 2 °C an. Ein weiteres Highlight des Jahres 2022 war die Trockenheit, die zunächst im März und dann von Mai bis Juli insbesondere im Wallis herrschte. Die

Trockenheit trug nicht zur Verringerung der Luftverschmutzung durch feuchte Ablagerung oder Auswaschungseffekte bei.

In Sitten betragen die Niederschläge im Jahr 2022 jedoch 84 % des Durchschnitts der letzten 11 Jahre. Bei einem weniger weitreichenden Rückblick als dem 30-jährigen Standard von MeteoSchweiz lag die Temperatur in der Walliser Hauptstadt in diesem Jahr bei 107 % und die Sonnenscheindauer bei 109 % des Durchschnitts von 2012-2022. Diese Jahreswerte sind hinsichtlich ihres allgemeinen Einflusses auf die Luftverschmutzung im Zusammenhang mit atmosphärischen Turbulenzen nahe am Üblichen. Die Durchschnittstemperatur in Sitten in einem Kalenderjahr liegt zwischen 4 und 6°C über dem nationalen Wert. Dieser Unterschied wird durch seine geografische Lage bedingt.

2.1.2. VON JANUAR BIS MÄRZ

Der Februar war der mildeste Monat des Winters. Nur der Januar lag etwas unter dem Normalwert. Im März lagen die Niederschläge im ganzen Wallis weit unter dem Normalwert, während die Sonnenscheindauer die Norm 1991-2020 deutlich übertraf. In diesem Monat wurde in drei Episoden, vom 15. bis 20., am 25. und 26. sowie am 29. und 30. März, Staub aus der Sahara in die Schweiz transportiert. Sie führten am 16., 17., 18., 29. und 30. März zu täglichen Anstiegen der Feinstaubkonzentrationen, welche die LRV-Begrenzung für PM10 überschritten. Am 17., 18. und 29. März wurde in Montana und im Oberwallis lokal der Grenzwert von $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten, während am 17. und 18. März an den Stationen Brigerbad und Eggerberg der Grenzwert von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten wurde. An der eidgenössischen Hochgebirgsstation Jungfrauoch auf 3'580 m ü. M. wurde der höchste Tagesmittelwert am 16. März mit $113 \mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 gemessen. An den darauffolgenden Tagen sank der Wert allmählich wieder auf ein normales Niveau unter $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am 21. März. Am 25., 26., 29. und 30. März stieg sie wieder über diese Schwelle an, mit einem Maximum von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am Dienstag, den 29. März. In Bezug auf mässige bis starke thermische Inversionen in der Romandie, einschliesslich des Wallis, zählen die Aufzeichnungen von MeteoSchweiz für 2022 15 Tage im Januar (1, 2, 11-19, 24-28), 3 Tage im

Februar (3, 9, 10) und 12 Tage im März (1-2, 4-5, 7-11, 16-17, 19). Im Januar, Februar und in der ersten Märzhälfte führten diese Episoden nicht zu einer übermässigen Verschmutzung bei der täglichen PM10-Begrenzung. Die drei Tage mit mässigen Inversionen vom 16. bis 19. März fielen mit den höchsten Werten zusammen, die in diesem Monat sowohl von Resival als auch an der Station Jungfrauoch gemessen wurden. Sie stehen im Zusammenhang mit der ersten Episode starker Sahara-Sandeinbrüche. Die antizyklonalen Wetterbedingungen und die Subsidenz begünstigten ihre Persistenz über mehrere Tage. Die Monate Februar und März gelten als die Monate mit dem höchsten Saharastaubeintrag, obwohl sie auch zu anderen Jahreszeiten vorkommen können.

Infolge der seit dem Winter anhaltenden Trockenheit kam es in den Kantonen Bern, Tessin und Wallis zu Waldbränden. In seiner Ausgabe vom 28. März 2022 kommentierte der Nouvelliste den grossen Waldbrand vom vergangenen Wochenende, der zwischen Hohtenn bei Steg und der Bahnlinie der BLS sechs Hektar Wald vernichtete. Rund 90 Feuerwehrleute waren im Einsatz, die von drei Helikoptern unterstützt wurden. Am 26. und 27. März wurden jedoch keine Überschreitungen der LRV-Grenzwerte für Feinstaub festgestellt

2.1.3. VON APRIL BIS JUNI

Die Monate Mai und Juni waren im Wallis wärmer als normal. Am Standort Grächen wurde im Mai eine Temperatur gemessen, die 3.1°C über der Norm 1991-2020 lag. In der Schweiz war dieser Monat extrem mild und im Landesdurchschnitt der zweitwärmste seit Beginn der Messungen im Jahr 1864. Die erste von drei sommerlichen Hitzewellen in der Schweiz begann Mitte Juni. Sie trat bemerkenswert früh auf, war aber in ihrem Ausmass nicht aussergewöhnlich. Die Region um Sitten war mit über 36°C eine der am stärksten betroffenen Regionen.

In Bezug auf die Niederschläge war der Mai im Flachland des Wallis weitgehend niederschlagsarm, während die Sonnenscheindauer im ganzen Kanton deutlich über der Norm lag. Im Mai wie auch im März lagen die Niederschläge in der Westschweiz und im Wallis oft 30 % unter der Norm 1991-2020.

Seit April haben die starken Einbrüche von Saharasand bis auf eine kurze Episode in der zweiten Junihälfte aufgehört. Der Tagesgrenzwert für

PM10 wurde am 21. Juni an den Resival-Stationen Saxon und Brigerbad überschritten. Die eidgenössische Station auf dem Jungfrauoch verzeichnete zu diesem Zeitpunkt $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Ankunft des meteorologischen Frühlings im März setzte zudem die saisonale Ozonproduktion in Gang. Der Grenzwert von 50 ppb ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ normalisiert) auf den monatlichen 98 %-Perzentilen wurde von März bis August in allen Walliser Regionen überschritten, ausser im April im Stadtzentrum von Sitten. In der Hauptstadt gab es in diesem Monat 7 Regentage, und die Niederschläge, der Sonnenschein und die Temperaturen waren im Normbereich. Die Stundenbegrenzung von 60 ppb ($120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ normalisiert) wurde lokal bereits im März überschritten. Im Mai war sie in allen Regionen des Wallis erreicht. Diese Situation hielt bis August an. Ab Mitte Juni traten in Les Giettes, Massongex, Saxon und Eggerberg Stundenwerte von über $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (70 ppb) auf. Diese markanten Spitzenwerte traten in den folgenden zwei Monaten lokal wieder auf.

2.1.4. VON JULI BIS SEPTEMBER

Im nationalen Durchschnitt lag die Sommertemperatur um 2.3°C über den Normwerten der Periode zwischen 1991-2020. Nur der historische Hitzesommer 2003 war mit +3°C über der Norm noch wärmer. Im Gegensatz dazu brachte der Hitzesommer 2022 die Nullgradgrenze über der Schweiz auf eine Rekordhöhe von 5'184 m.ü.M., die am 25. Juli erreicht wurde. Gegen Mitte Juli wurde die Schweiz von einer zweiten Hitzewelle heimgesucht. Die Tageshöchsttemperaturen erreichten im Wallis 33 bis 35°C, lokal sogar noch mehr. Die dritte Hitzewelle setzte Anfang August ein.

Im Zusammenhang mit diesen Episoden wurde die Stundenbegrenzung für Ozon vom 13. bis 25. Juli und vom 1. bis 17. August lokal überschritten, wobei die höchsten Konzentrationen am 20. Juli, sowie am 9., 11. und 12. August erreicht wurden. An den letzten beiden Tagen beobachteten alle Resival-Stationen am Nachmittag eine sehr deutliche Überschreitung der Begrenzung auf 120 µg/m³ (60 ppb). Die Sonnenscheindauer im Juli und August lag weit über dem Normalwert, vor allem im Juli, während die Niederschlagsmenge weit darunter lag. An diesen langen Tagen mit strahlendem Sonnenschein war die photochemische

Ozonproduktion sehr hoch. Im September hingegen lagen die Niederschläge über der Norm und die Sonneneinstrahlung war im Wallis mangelhaft. In diesem Monat wurden die Stundengrenzwerte für Ozon nicht mehr überschritten. Das monatliche 98 %-Perzentil überschritt nur in ländlichen Gebieten und im Oberwallis den Grenzwert.

Ein Ereignis im August hatte bisher ungekannte Auswirkungen auf die Luftqualität. Am 10. und 11. August zog Rauch von Waldbränden im Jura über den Himmel des Genfersees. Das Wallis war kaum betroffen und es wurden keine Überschreitungen der Tageslimite für PM10 beobachtet. Hingegen stiegen die Werte für Feinstaub PM2.5 an mehreren Resival-Stationen vom 11. bis 17. August deutlich an. An der Station Saxon wurde der WHO-Tagesgrenzwert von 25 µg/m³ während dieser sieben Tage überschritten. Am 12. August wurde der Grenzwert auch in Montana überschritten. Die Ursachen für diese Anstiege sind nicht eindeutig auf die Ausbreitung von Verbrennungspartikeln aus den Jurawäldern zurückzuführen, da vom 10. bis 12. August auf dem Jungfrauoch eine leichte Episode von Saharastaub beobachtet wurde. Eine Kombination der beiden Ereignisse ist wahrscheinlich.

2.1.5. VON OKTOBER BIS DEZEMBER

In der Schweiz führten die Rekordhitze im Oktober und die weit überdurchschnittlichen Temperaturen im November zum drittwärmsten Herbst seit Beginn der Messungen im Jahr 1864. Im Landesdurchschnitt lag die Herbsttemperatur 1.7°C über der Norm der Periode 1991-2020. Der Dezember, der erste Monat des meteorologischen Winters, brachte im ganzen Wallis überdurchschnittliche Niederschläge bei einem Sonnenscheindefizit. Das Jahresende war jedoch extrem mild.

Das letzte Quartal 2022 zeigte keine Luftverschmutzung, die nicht den LRV-Grenzwerten entsprach, ausser am 26. Oktober im Westen von Visp. Die mobile Station der DUW registrierte an diesem Tag 76 µg/m³ PM10. Diese Ausnahme wird unter Ergebnisse 2022 im folgenden Kapitel über diesen Schadstoff diskutiert.

3. RESIVAL

Das Resival-Messnetz (Abbildung 1) soll eine objektive Beurteilung des Schadstoffniveaus im gesamten Kantonsgebiet ermöglichen. Die Station in Montana war ursprünglich speziell der nationalen Studie Sapaldia gewidmet. In Absprache mit der Leitung dieses Programms beschloss der Kanton im Jahr 2015, die Station offiziell in das kantonale Netz zu integrieren und ihre Messwerte zu veröffentlichen.

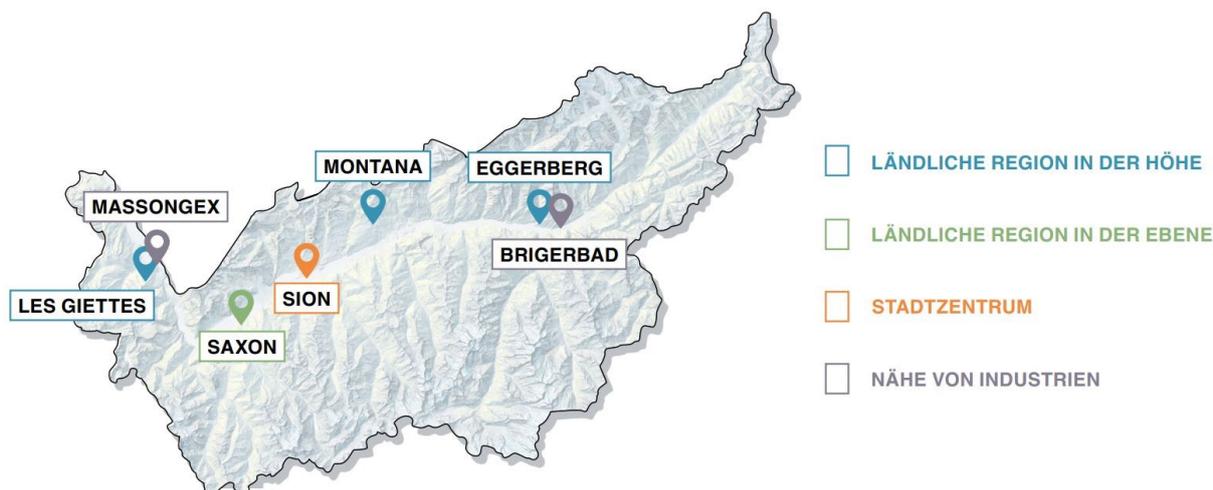
Um sie auf einer gemeinsamen Basis mit denen anderer Kantone oder Länder vergleichen zu können, werden die in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ausgedrückten Ergebnisse in diesem Bericht auf Meereshöhe bei einem Luftdruck von 1013 mbar und einer Standardtemperatur von 20°C normalisiert. Im Vergleich zu den örtlichen Bedingungen erhöht die Normierungsberechnung die Massenkonzentration 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 der Stationen repräsentiert eine typische Walliser Situation: ländlich in der Höhe, ländlich in der Ebene, in der Nähe der Industrie und im

Stadtzentrum. Das Netz will den Verschmutzungsgrad von Referenzregionen charakterisieren. Diese Überwachung dient der Aufgabe von öffentlichem und allgemeinem Interesse gemäss Art. 27 LRV. Die grösste Herausforderung in diesem Sinne stellt die Station Saxon dar, die auf der Grundlage einer Redundanzanalyse zwischen den früheren ländlichen Stationen in der Ebene alle diese Regionen im Kanton repräsentiert. Sie sind im Wallis sehr ausgedehnt und unterliegen verschiedenen Aktivitäten, auch wenn sie hauptsächlich landwirtschaftlich genutzt werden. Wenn die Messergebnisse vor allem eine lokale Situation in der Region Saxon darstellen, müssen sie im Vergleich zu den anderen ländlichen Regionen der Rhoneebene relativiert werden. Der Bericht informiert den Leser bei Bedarf darüber.

Jedes Jahr werden die Daten aus dem Wallis, den Kantonen Genf und Waadt, mit denen aus dem Aostatal und dem benachbarten Frankreich (Hochsavoyen, Savoyen und Ain) gesammelt und analysiert. Diese Daten sind auf dem Internetportal Transalpair (<http://www.transalpair.eu>) verfügbar

ABBILDUNG 1 - DIE RESIVAL-MESSSTATIONEN



4. OZON – O₃

4.1. Steckbrief

Das Problem des Ozons in unserer Umwelt tritt auf zwei verschiedene Arten auf:

- In der Stratosphäre, in einer Höhe von mehr als 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 von chlor- oder bromhaltigen Chemikalien abgebaut. Die seit 1979 beobachteten "Ozonlöcher" an den Polen und ein mässiger globaler Rückgang sind die Folge.
- In der Luft, die wir einatmen, und bei Tageslicht bildet sich Ozon aus Stickoxiden (NO_x) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Als Hauptkomponente des Sommersmogs ist bodennahes Ozon schädlich und wird in diesem Kapitel behandelt.

Aufgrund seiner starken oxidierenden Eigenschaften ist Ozon schädlich für menschliches, tierisches und pflanzliches Gewebe. Es schädigt die Atemwege und das Herz-Kreislauf-System. Das Reizgas gelangt bis tief in die Lungen, die Alveolen, und löst dort Entzündungsreaktionen aus. Die deutlichsten Symptome beim Menschen treten ab 120 µg/m³ auf, mit den bekannten Folgen: Husten, Asthmaanfälle, Schwierigkeiten bei der körperlichen Betätigung. Auch Materialien werden angegriffen, z. B. durch Verfärbungen.

Die VOC-Vorläuferstoffe für Ozon stammen einerseits aus menschlichen Aktivitäten und

andererseits aus natürlichen Quellen. Im Wallis sind letztere vorherrschend (siehe Abbildung 32).

Ozon ist ein sekundärer Schadstoff, der aus Vorläufersubstanzen gebildet wird, die zu einem grossen Teil durch menschliche Aktivitäten freigesetzt werden, insbesondere anthropogene NO_x-Emissionen aus Verbrennungsprozessen. Der Ort, an dem es seine Wirkung entfaltet, kann sich in grosser Entfernung von den Quellen der verursachenden Luftschadstoffe befinden. An Tagen mit starker Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen sind die höchsten Werte zu verzeichnen. O₃-Konzentrationen. Im Wallis eine drastische Senkung von NO_x könnte die Einhaltung der LRV-Grenzwerte sicherstellen.

Die Ozonproblematik ist ein kontinentales und sogar transkontinentales Problem. In diesem Massstab spielen auch Kohlenmonoxid (CO) und Methan (CH₄) eine Rolle bei seiner Produktion, die hauptsächlich die Hintergrundkonzentrationen bestimmt.

In Bodennähe wird Ozon durch seine Oberflächenablagerung und durch die Titrationsreaktion mit NO, das aus lokalen Quellen emittiert wird, zerstört. Es bildet NO₂ (NO + O₃ → NO₂ + O₂). Unter Einwirkung von Sonnenstrahlen und durch Photolyse von NO₂ ist diese Reaktion insgesamt reversibel. Das Gleichgewicht, das sich dann zwischen NO, NO₂ und O₃ bei einer bestimmten Strahlungsintensität einstellt, nennt man den photostationären Zustand.

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



Im Wallis sind die natürlichen, von Pflanzen abgegebenen VOC, die wichtigsten Vorläufer von O₃.

4.2. Ergebnisse 2022

Die Ozonimmissionen betreffen das gesamte Kantonsgebiet und die Grenzwerte werden sowohl in der Stadt als auch auf dem Land, im Flachland und in den Höhenlagen überschritten.

Die Grenzwerte der LRV verlangen zum einen, dass die Stundenwerte den Wert von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (60 ppb) nicht mehr als einmal pro Jahr überschreiten und zum anderen, dass die kumulierte 98 %-Häufigkeit der Halbstundenmittelwerte eines Monats (P98) $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb) nicht überschreitet. Der P98 oder 98 %-Monats-Perzentilwert gibt den Konzentrationsschwellenwert an, der innerhalb eines Monats für fast 15 aufeinanderfolgende oder nicht aufeinanderfolgende Stunden überschritten wird. Dieser Wert ist ein Indikator für wiederholte Ozonbelastungen. Mit mehr als 2 Monaten pro Jahr, d. h. 5 bis 7 Monaten im Jahr 2022, und mehr als 10 Stunden pro Jahr, d. h. 26 bis 401 Stunden im Jahr 2022, in denen die Grenzwerte in allen Regionen überschritten werden (Tabelle 3), **ist die Luftqualität in Bezug auf Ozon deutlich unzureichend.**

In Bezug auf die Anzahl der Überschreitungen des Stundengrenzwerts hat die Station Eggerberg in einer ländlichen, hochgelegenen Region mit 401 im Jahr 2022 den höchsten Wert. Seltenerweise hat Montana mit 26 Überschreitungen die geringste Anzahl an Überschreitungen, obwohl es normalerweise an der Spitze der Rangliste steht. Der Unterschied betrifft vor allem die Monate Juli und August. Da die Werte des Vorläufergases NO_2 nahe beieinander liegen, ist die Sonneneinstrahlung

ausschlaggebend. In der Region Visp war die Sonneneinstrahlung oft am höchsten, während sie in Montana laut den Aufzeichnungen von MeteoSchweiz in diesen beiden Monaten nie am höchsten war. Die sehr ausgeprägte Variation zwischen den drei Höhenstationen erklärt sich vor allem durch die wechselnde Bewölkung, die sich auf die Sonneneinstrahlung auswirkt. Die Talstationen und die Höhenstation Les Giettes liegen zwischen Montana und Eggerberg mit einer Anzahl von 107 bis 253 Stundenüberschreitungen. Luft, die stark von NO-Quellen wie dem Strassenverkehr und grossen Heizungen beeinflusst wird, enthält aufgrund der Titrationsreaktion verringerte Ozonwerte. Unter den Stationen im Flachland ist die Station Sitten oft am stärksten von diesem Effekt betroffen; im Jahr 2022 ist sie am wenigsten betroffen, was die Überschreitungen betrifft. Die Windturbulenzen können die Situation von einem Jahr zum anderen verändern. Die stündlichen Überschreitungen der Grenzwerte liegen zwischen 120 und $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Jahr 2022 gab es nur an den Stationen Eggerbeg und Sittten welche im Bereich von 160 bis $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abbildung 2), ein Niveau, das seit 2018 nicht mehr erreicht worden war. Der höchste Wert von $165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde am 9. August von 19:00 bis 20:00 Uhr in Sittten und am 12. August von 13:00 bis 14:00 Uhr in Eggerberg gemessen. Ab September wird angesichts der stark verkürzten Tageslänge und des regnerischen Wetters in diesem Monat die Begrenzung auf $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ eingehalten (Abbildung 3).

TABELLE 3 - O₃, ERGEBNISSE 2022

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 % nätschöchstwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	107	32	151	6	133
	Eggerberg	401	55	165	7	154
	Montana	26	8	124	6	119
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	223	37	158	6	141
STADTZENTRUM	Sitten	253	39	165	5	150
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	180	36	159	6	145
	Brigerbad	107	20	139	6	129
LRV-NORM		1		120	0	100

ABBILDUNG 2 - O₃, ÜBERSCHREITUNGEN DER STUNDENNORM NACH KONZENTRATIONSKLASSEN

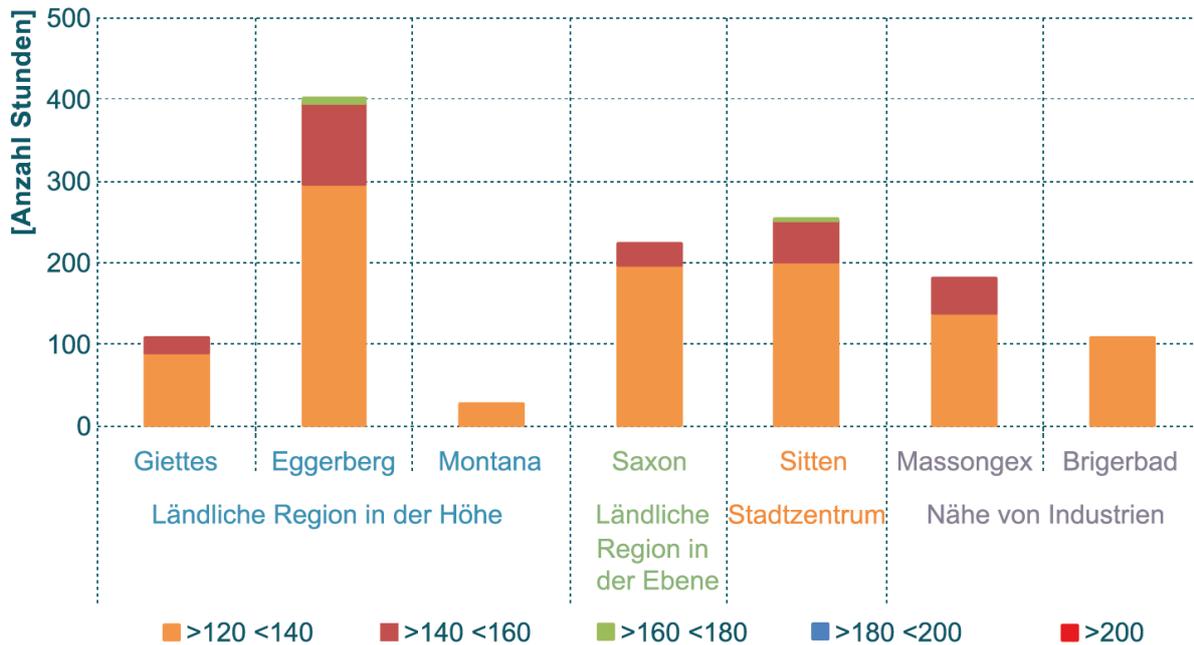


ABBILDUNG 3 - O₃, ANZAHL STUNDEN >120 µg/m³

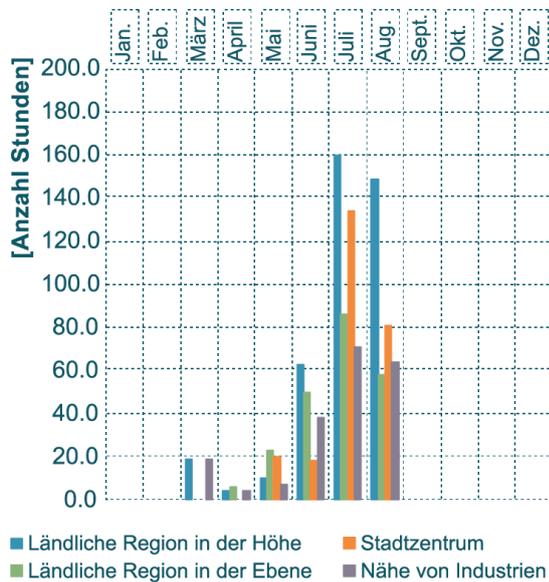
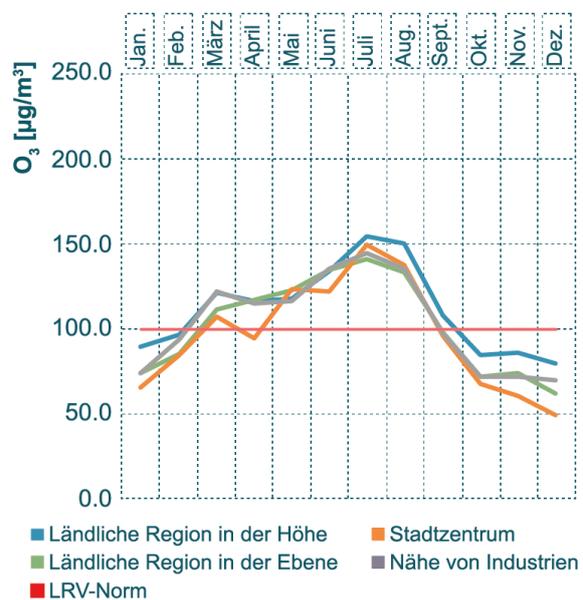


ABBILDUNG 4 - O₃, MONATLICHE 98-PERZENTILE



Die monatlichen 98 %-Perzentilwerte lagen von März bis August deutlich über den gesetzlichen Anforderungen (Abbildung 4). Im September zeigte nur die hochgelegene ländliche Region mit Eggerberg ein übermässiges Niveau. Die höchsten Werte wurden im Juli an den Resival-Stationen gemessen. Montana hob sich von dieser Beobachtung mit dem höchsten Perzentil im März ab. Die Ozonkonzentrationen in diesem Monat an der Walliser Station auf 1'420 m.ü.M. lagen nahe bei den

Werten auf dem Jungfrauoch auf 3'450 m.ü.M. Im März herrschte in Montana 15 Tage lang Föhn. Die höher gelegene, ozonreichere Luft wurde mit der bodennahen Luft vermischt. Dieser Effekt ist am stärksten innerhalb der hochgelegenen Resival-Stationen ausgeprägt. Die P98-Werte halten die LRV-Begrenzung in den ersten beiden Monaten und im vierten Quartal ein, wenn die Sonneneinstrahlung, die für die photochemische Bildung des Schadstoffs notwendig ist, am geringsten ist. Ozon hat einen

entgegengesetzten Jahresverlauf als andere Luftschadstoffe, deren Konzentrationen im Winter normalerweise höher sind als im Sommer.

4.3. Entwicklung der Immissionen

In Anbetracht der Wetterbedingungen im Jahr 2022 steigen die Ergebnisse im Vergleich zu den beiden Vorjahren wieder an. Sie sind mehr als doppelt so hoch, was die Anzahl der Überschreitungen der Stundenbegrenzung betrifft. An der Stadtstation von Sittten weisen sie die höchste Anzahl an Überschreitungen seit Beginn der Messungen im Jahr 1990 auf. Die Station im Stadtzentrum verzeichnet auch die höchsten NO-Konzentrationen₂ (Abbildung 22), die hauptsächlich durch die Reaktion zwischen O₃ und NO entstehen. Früher haben der Verkehr und die Heizungen noch mehr Stickoxide ausgestossen. Die Senkung der Ozonwerte durch NO war stärker ausgeprägt. Dann schlossen sie sich allmählich den Werten der anderen Stationen an, die ihrerseits bis 2008 abnahmen. Die Ergebnisse von Sittten gehören zu den höchsten im Jahr 2022. Ausser an dieser Station sind die Werte von 2003 mit seiner aussergewöhnlich langen und historischen Hitzewelle im Sommer immer noch die höchsten der letzten 20 Jahre, was die Anzahl der Tage und Stunden mit Überschreitungen der Stundenbegrenzung betrifft.

Die Anzahl der Stunden über 120 µg/m³ liegt sehr stark über den Werten für 2020 und 2021, die einen deutlichen Rückgang im Vergleich zu den Jahren 2018 und 2019 gezeigt hatten (Abbildung 5). Der Abstand zu diesen ist im Jahr 2022 moderat höher. Er beträgt bis zu 50 % für das urbane Zentrum. Die hochgelegene ländliche Region setzt einen Aufwärtstrend über eine gleitende Dauer von 11 Jahren fort. Die Station Sittten schliesst sich dieser Entwicklung für den Zeitraum von 2012 bis 2022 an. In den Jahren 2020 und 2021 war sie jedoch rückläufig. Die von Jahr zu Jahr variierenden Ozonkonzentrationen verursachen diese interannuellen Schwankungen in den Trends. Die Ergebnisse für den Zeitraum 2004 bis 2014 erscheinen stabiler als die Werte seit 2015. Eine Rolle spielen dabei die turbulenteren Atmosphäre durch die Auswirkungen des zweiten

Erwärmungsschubs im letzten Jahrzehnt und die extremeren Wetterereignisse.

Eine ähnliche Entwicklung ist bei der Anzahl der Tage mit Stundenwerten über 120 µg/m³ (Abbildung 6) zu beobachten. Diese Ansicht ist aus der vorherigen abgeleitet. Wenn die beiden Jahreswerte nahe beieinander liegen, bedeutet dies, dass es nur wenige Stunden pro Tag gab, an denen die Begrenzung überschritten wurde. Je weiter die Anzahl der Tage unter der Anzahl der Stunden liegt, desto länger waren die täglichen Überschreitungen in einem Jahr. Im Jahr 2022 war die Differenz in Sittten die grösste seit 2005. Im Jahr 2021 war sie am geringsten. Die 39 Tage, an denen 2022 die Stundenbegrenzung überschritten wurde, wiesen im Stadtzentrum durchschnittlich 6.5 h Überschreitung pro Tag auf. An den vier Tagen mit Überschreitungen im Jahr 2021 betrug die Überschreitung 4 Stunden pro 24 Stunden. Die gleiche Entwicklung gilt für die Anzahl der Tage und Stunden, an denen die Stundenbegrenzung überschritten wurde.

Bei den stündlichen Ozonhöchstwerten (Abbildung 7) zeigt das Jahr 2022 einen leichten Anstieg. Das Jahr 2021 brachte historische Tiefstwerte in der Nähe von Industriegebieten und im ländlichen Flachland. In den städtischen Zentren lag das Ergebnis von 2022 nahe dem von 2015, dem höchsten Wert der letzten 20 Jahre. Der seit 2019 in allen Regionen beobachtete Abwärtstrend im gleitenden 11-Jahres-Durchschnitt setzt sich jedoch auch im Zeitraum 2012-2022 fort, wenn auch nur geringfügig in der ländlichen Höhenregion und im urbanen Zentrum.

Hohe Konzentrationen von Ozon und seinen Vorläufergasen in der oberen Troposphäre, die aus Nordamerika oder sogar Südostasien transportiert werden, können die Luftverschmutzung in Bodennähe durch den Austausch von Schadstoffen zwischen hohen und niedrigen Luftschichten, der durch die Berge des Alpenraums und die Windkraft begünstigt wird, weiter verschärfen.

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

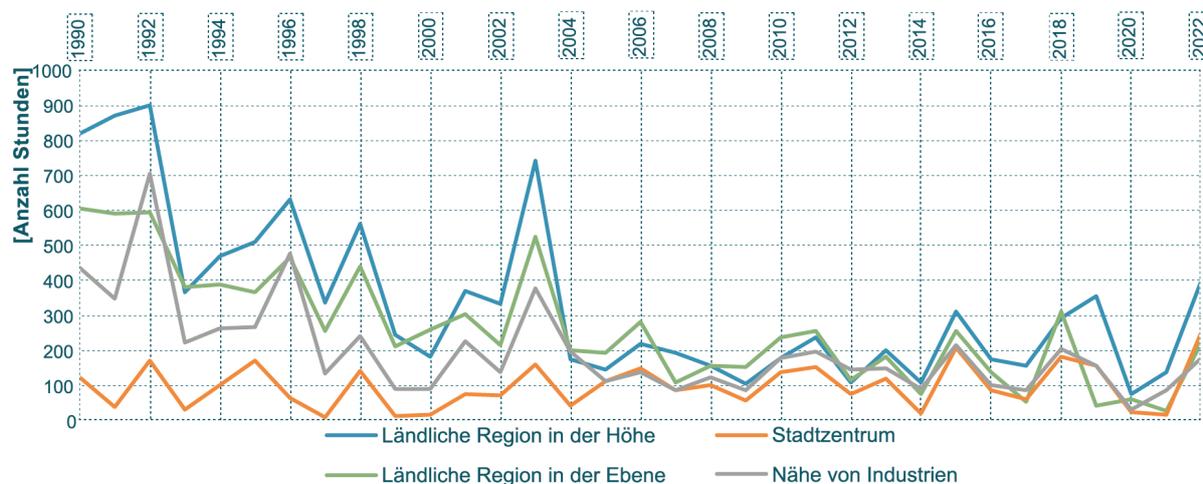


ABBILDUNG 6 - O₃, ANZAHL TAGE MIT STUNDEN >120 µg/m³, REGIONALE MITTELWERTE

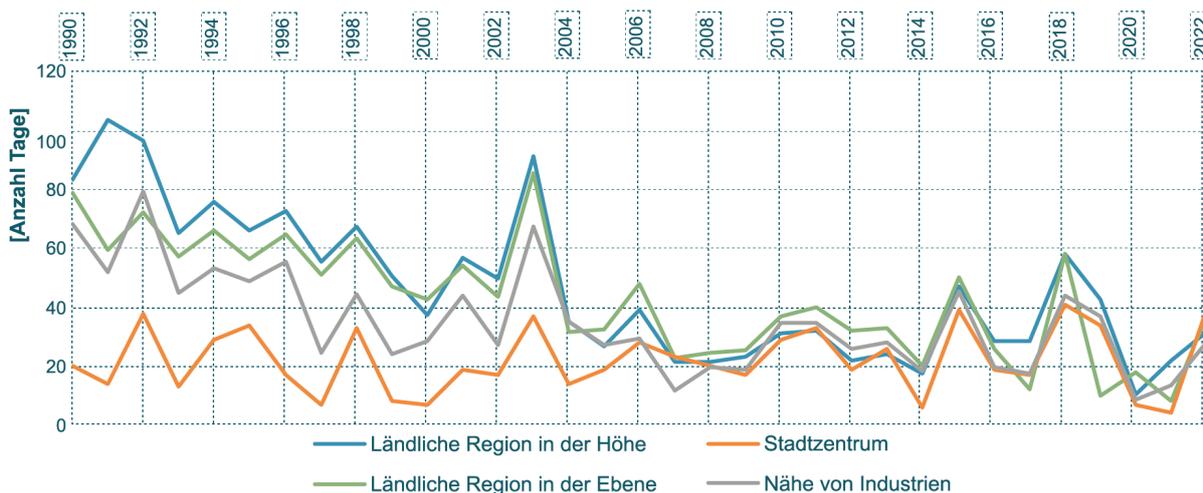
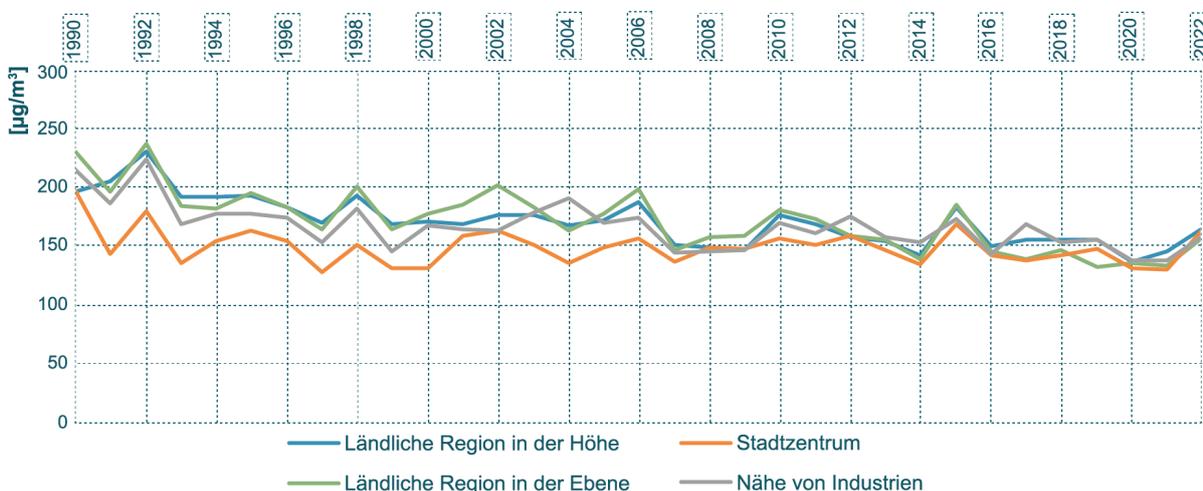


ABBILDUNG 7 - O₃, MAXIMALE STUNDENSPITZENWERTE NACH JAHREN



Ozon ist ebenfalls ein Treibhausgas. Seine Fähigkeit, Infrarotstrahlen in der Troposphäre zu absorbieren, trägt zu diesem Phänomen bei. Aufgrund seiner

relativ kurzen Lebensdauer beeinflusst es das Klima nur sporadisch und bei hohen Konzentrationen in der Luft.

4.4. AOT 40

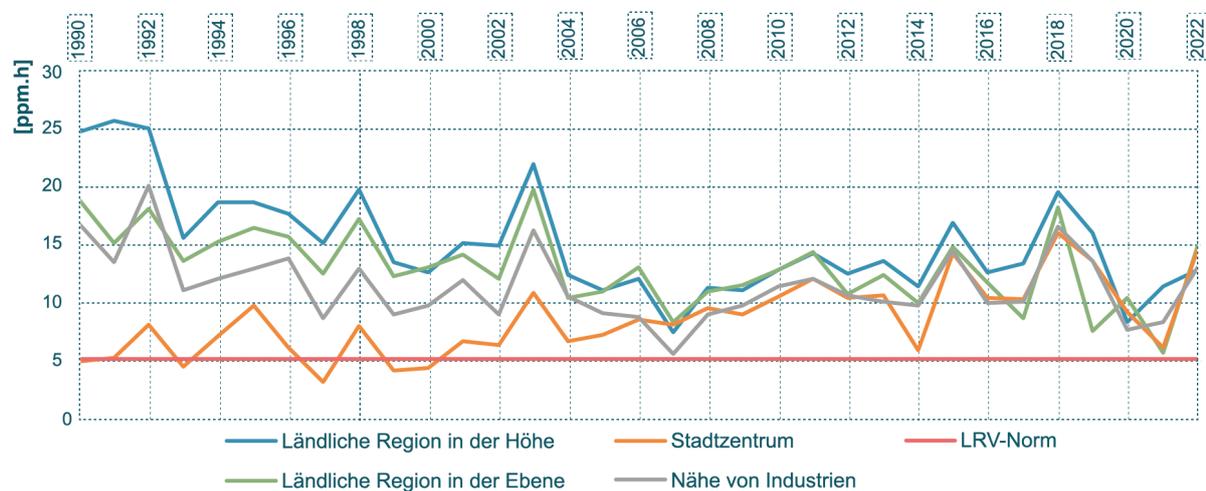
Die Wirkung von Ozon auf die Vegetation hängt von der Konzentration des Schadstoffs während der Wachstumsperiode vom Frühjahrsbeginn bis zum Sommerende ab. Sie wird mithilfe des AOT 40 geschätzt, der der kumulativen Exposition über dem Schwellenwert von 40 ppb im Zeitraum April bis September entspricht.

3 %. Je nach Region und Jahr können sie auch über 10 % betragen, wie das BAFU im Jahr 2022 berichtete [1]. Hohe Ozonwerte wirken sich auch auf die Biodiversität aus. Sie wirken sich auf die Zusammensetzung der Pflanzengemeinschaften aus und verändern die Blütezeit und die Samenproduktion.

Der kritische Wert für den Schutz von Wäldern und im weiteren Sinne auch von Nutzpflanzen liegt bei 5 ppm × h. Bei höheren Werten leidet die Vegetation: Blattnekrosen, geringere Ernteerträge und schwächere Wälder. Ozon ist neben Ammoniak und Stickoxiden der schädlichste Luftschadstoff 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

Im Jahr 2022 lagen die Werte zwischen 7.7 und 21 ppm×h (Abbildung 8). Sie liegen 30 bis 93 Prozent über den Werten der Jahre 2020 und 2021, die in der ländlichen Ebene ein historisches Minimum aufwiesen. Der kritische Schwellenwert wird in allen Standorttypologien erneut deutlich überschritten, wie in jedem Jahr seit 2001. Nach einer Milderung in den Jahren 2020 und 2021 litten die Kulturen im Flachland im Jahr 2022 deutlich unter der Ozonbelastung.

ABBILDUNG 8 - AOT 40 IN DEN JAHREN 1990 BIS 2022, REGIONALE MITTELWERTE



Die höchsten Ergebnisse resultieren aus Episoden ausgeprägter Ozonbelastung, die in sehr sonnigen und heissen Sommern oder mit starken, recht lang

anhaltenden Hitzewellen auftraten, d. h. 2003, 2015, 2018, 2019 und 2022.

5. FEINSTAUB – PM10

5.1. Steckbrief

Feinstaub bleibt dauerhaft in der Luft schweben und ist ein Hauptthema der Luftreinhaltung. Der Begriff PM10 bezeichnet Feinstaubpartikel mit einem Durchmesser von weniger als zehn Mikrometern (< 10 µm). Das menschliche Sehvermögen nimmt Staub ab 10 bis 40 µm wahr. Die Feinstaubbelastung ist daher für das blosse Auge unsichtbar. Bei Emissionen wird sie jedoch oft von gröberen Stäuben begleitet, die sie offensichtlich machen. Es gibt primäre Partikel, die direkt aus Quellen wie Verbrennung oder Abrieb stammen, und sekundäre Partikel, die in der Luft aus Vorläufergasen durch Nukleations-, Kondensations- und Koagulationsprozesse gebildet werden. Diese Kleinstäube dringen bis zu den Bronchien und tiefer in die Atemwege für die Fraktion unter 2.5 µm ein.

Zu den wichtigsten gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch diese Verschmutzung gehören Bronchitis, Husten, Kurzatmigkeit und Asthma. Sie erhöhen die Sterblichkeitsrate durch Krebs und Herzkrankungen. Eine Studie aus dem Jahr 2013 ergab, dass ein Anstieg um 10 µg/m³ in weniger als vier Tagen zu Notfallkrankenhäusern führt.

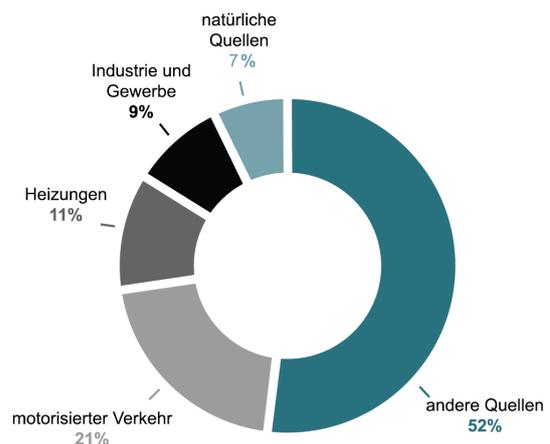
Im Wallis belaufen sich die Emissionen von primären PM10-Partikeln im Jahr 2021 auf 454 Tonnen. Der motorisierte Verkehr trägt 21 % der Emissionen bei, Heizungen 11 %, Industrie und Gewerbe 9 %, Natur und Viehbestand 7 %. Andere Quellen, vor allem Land- und Forstwirtschaft, Bauwesen und Schienenverkehr, tragen 52 % bei (Abbildung 9).

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 elementarer Kohlenstoff - darunter krebserregende polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe -, mineralische Bestandteile, Schwermetalle (krebserregendes Cd, chronisch neurotoxisches Pb, Fe, Cr, Zn, ...).



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

ABBILDUNG 9 - PRIMÄRE PM10-EMISSIONEN IM WALLIS 2021



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

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero).

FEINSTAUB PM10 – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK

LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	👍	gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	👍	gut
STADTZENTRUM	👍	gut
NÄHE VON INDUSTRIEN	👍	gut

5.2. Ergebnisse 2022

Zur Quantifizierung der PM10-Konzentrationen in der Luft im Wallis werden mehrere Analysemethoden verwendet: High Volume Flow Gravimetry (HVS), Beta-Absorption und optische Partikelzählung (siehe Anhang 2, Tabellen 2 und 3). Um von einem Jahr zum anderen vergleichbare Zahlen zu erhalten, wurden die Ergebnisse durch Kalibrierung der von den kontinuierlichen Analysatoren (Beta-Absorption, optische Zählung) gelieferten Werte mit den täglichen Proben der HVS-Gravimetrie ermittelt. Dieses Korrekturverfahren wurde von der EMPA bewilligt.

Der Jahresgrenzwert von 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde in allen Referenzregionen eingehalten (Tabelle 4). Der Tagesgrenzwert von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde hingegen im März und am 21. Juni 2022 überschritten. Resival zählt 17 Tage mit Überschreitungen, ausser in Les Giettes und Massongex. An diesen beiden Stationen in Chablais gab es im Jahr 2022 keine

Grenzwertüberschreitungen. Die Überschreitungen sind alle mit starken Einbrüchen von Saharasand verbunden. Die LRV toleriert 3 Tage pro Jahr. Die Stationen Montana und Brigerbad sorgten mit 5 Tagen Überschreitung dafür, dass die **Tagesgrenze im Mittelwallis in der Höhe und in der Ebene des Oberwallis nicht eingehalten wurden**. Dass der Saharastaub (engl. Sand Dust Event, SDE) alleine eine LRV-Nichtkonformität verursacht, ist noch nie vorgekommen. Während es im Jahr 2019 keine Überschreitung der PM10-Grenzwerte gab, waren die folgenden drei Jahre deutlich von SDEs geprägt. Gemäss dem Kriterium, der ein SDE mit Tageswerten verbindet, die 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ PM10 an der Bundesstation Jungfrauoch überschreiten, gab es 2020 12 solche Tage, 2021 20 Tage und 2022 27 Tage. Eine Analyse auf Resival zeigt, dass der Anstieg des Jahresmittelwerts aufgrund starker Sahara-Sandeinbrüche bis zu 6.5 % im Jahr 2020, 15 % im Jahr 2021 und 18 % im Jahr 2022 beträgt.

TABELLE 4 - PM10, ERGEBNISSE 2022

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	8.6	0	43	1.1	0.02
	eggerberg	12	3	107	2.4	0.05
	Montana	10	5	88	1.9	0.04
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	15	1	51	2.7	0.06
STADTZENTRUM	Sitten	15	3	55	3.7	0.07
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	15	0	43	4.2	0.07
	Brigerbad	16	5	130	3.5	0.08
LRV-NORM		20	3	50	500	1.5

Die niedrigsten Jahresdurchschnittswerte weisen die Stationen in der Höhe auf, die sich oberhalb der thermischen Inversion befinden, die die Verschmutzung einfängt und im Winter bis auf etwa 1000 M.ü.M. reicht. Die Station Les Giettes ist regelmässig die niedrigste. Die ländliche Station auf einer Höhe von 1140 M.ü.M. liegt abseits wichtiger lokaler Feinstaubquellen und repräsentiert die Grundqualität der Höhenluft. Die Mittelwerte von 10 und 12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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 zweite Station auf 840 M.ü.M. im Oberwallis ist nicht immer vor den Auswirkungen geschützt, die die Ansammlung von Schadstoffen bei Inversionswetterlagen begünstigen. Sie weist einen leicht höheren Wert als Montana auf. Im Jahr 2022 kann die Feinstaubbelastung der Luft für die hochgelegenen ländlichen Regionen als gering bis mässig bezeichnet werden. Im Tiefland ist sie aufgrund der BDE statt mässig signifikant geworden.

Die Darstellung der PM10-Belastung unterscheidet sich von den obigen Schlussfolgerungen, wenn man die Tageswerte betrachtet. Ihre Spanne für die Höchstwerte reicht von 43 bis 107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Höhe und von 43 bis 130 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in der Ebene. In ähnlicher Weise wurde an 5 Tagen sowohl in Brigerbad bei 650 M.ü.M. als auch in Montana bei 1'420 M.ü.M. die Tagesgrenze überschritten. Bei dieser Auflösung ist die Luftqualität in den Bergen also nicht besser. Diese Beobachtung lässt sich durch die Sandeinbrüche aus der Sahara erklären. Sie verursachen die 17 täglichen Überschreitungen, die im Jahr 2022 an den Resival-Stationen festgestellt wurden. Diese Verschmutzung kommt von oben aus der freien Atmosphäre und die höher gelegenen Regionen sind nicht besser davor geschützt.

Die Luft im Wallis ist von März bis Mai Schauplatz von Episoden, in denen der für die Obstproduktion schädliche Frühjahrsfrost bekämpft wird. Die zu diesem Zweck eingesetzten Mittel umfassen günstige Techniken, insbesondere das Besprühen mit Wasser. Andere sind hingegen ungünstig. Hierzu zählt vor allem die Verwendung von Paraffinheizungen. Sie setzen schädliche Rauchgase frei, die krebserregenden Russ verteilen. Seit 2014 berichten die Luftqualitätsberichte laut Resival von Überschreitungen der Tagesgrenzwerte, die durch den Einsatz von Frostschutzkerzen verursacht werden. Sie sind an der Station Saxon zu beobachten, die in einem Gebiet mit relativ dichter Baumproduktion liegt. Nur im Jahr 2018 mit seinen recht milden Wetterbedingungen gab es einen Unterbruch für diese Episoden. Auch das Jahr 2022 war nicht frei von Schutzmassnahmen. In der ersten Aprilhälfte waren 4 eiskalte Nächte kritisch. Einige Obstbauern beschlossen, Heizstrahler anzuzünden. Ihr Rauch führte jedoch nicht zu einer Überschreitung der Tagesgrenzwerte an der Station Saxon. Der höchste PM10-Wert wurde mit 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ am 11. April gemessen.

Die vom kantonalen Landwirtschaftsamt in Auftrag gegebene Studie der DUW ermittelte einen Massendurchsatz an Staubemissionen pro Heizgerät von 1 g pro Stunde im besten Fall (perforiertes Rohr für Holzpellets) und bis zu 7 g pro Stunde im

schlechtesten Fall (Heizgeräte mit Paraffin, das aus Erdölschnitten, aber auch aus handwerklich hergestelltem Kerzenwachs stammt). Wenn man von einem strikten Minimum von 200 Frostschutzkerzen pro Hektar ausgeht, um Frost mit einiger Wahrscheinlichkeit erfolgreich bekämpfen zu können, 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 Staubemissionen aus stationären Anlagen festlegt. Im Fall von Heizgeräten wird dieser Wert erreicht, obwohl die von ihnen erzeugte Wärme im Hinblick auf die zu schützenden Früchte enorme Verluste aufweist. Die DUW rät, sie zu vermeiden, soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Die mobile Station Baltschieder westlich von Visp verzeichnete einen PM10-Jahresmittelwert von 16.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2022, der dem von Brigerbad, einem Ort 4 km weiter östlich, sehr ähnlich ist. Der maximale Tageswert von 121 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ist es auch, der am 18. März inmitten einer Episode mit starkem SDE-Einfall auftrat. Der Spitzenwert von 76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, der am 26. Oktober in Baltschieder beobachtet wurde, entspricht hingegen ganz anderen Umständen. Es ist die einzige Walliser Station, die an diesem Tag eine Konzentration verzeichnete, die über der LRV-Begrenzung von 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ lag. Ein von MeteoSchweiz vorhergesagter starker Einfall von Saharasand traf am Jungfraujoch am 28. und 29. Oktober bei einer Hochdrucklage ein. Zuvor jedoch, vom 24. bis 27. Oktober, lagen die PM10-Werte an der eidgenössischen Hochgebirgsstation bei einer Südwestströmung deutlich unter 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Subsidenzeffekt in Gebieten mit hohem Luftdruck, der die allmähliche Sedimentation von in der Luft schwebendem Staub zum Boden hin begünstigt, kann Baltschieder am 26. Oktober nicht betroffen haben, ohne auch Brigerbad und Eggerberg, die in der gleichen Region liegen, in Mitleidenschaft zu ziehen. Der starke Anstieg von PM10 am 26. an der mobilen Station wird daher einer sehr lokalen Quelle in der Ebene westlich der Agglomeration Visp zugeschrieben. Eine nahegelegene Baustelle oder ungewöhnliche Strassenaktivitäten werden dafür verantwortlich gemacht.

5.3. Entwicklung der Immissionen

Alle Werte seit 1999 wurden auf der Grundlage der gravimetrischen Referenzmethode (siehe vorheriges Kapitel) ermittelt und sind daher direkt vergleichbar. Insgesamt haben sich die PM10-Immissionen zwischen 1999 und 2006 nur wenig verändert. Seit 2006 ist ein klarer Abwärtstrend des Jahresmittelwerts für alle Referenzregionen

(Abbildung 10) wie auch auf Schweizer Ebene (siehe Nabel-Ergebnisse [1]) zu beobachten. Der deutliche Rückgang im Jahr 2022 im Vergleich zu 2006 reicht von -30 % in hochgelegenen ländlichen Regionen für den niedrigsten Fall bis zu -44 % in städtischen Zentren für den grössten Fall. Im Jahr 2022 und seit 2014 wurde die Jahresbegrenzung, d. h. der

langfristige Grenzwert, im gesamten Kanton im neunten Jahr in Folge eingehalten. Seit 2016 stagnieren die Werte im Flachland mit einem deutlichen Minimum im Jahr 2019 und steigen in den höher gelegenen ländlichen Gebieten wieder an. Diese Entwicklung wird stark von den drei Jahren 2020 bis 2022 bestimmt, in denen es zu grösseren Episoden von Saharasandvorstössen kam.

Die Anzahl der täglichen Überschreitungen hatte 2017 aufgrund häufiger Inversionswetterlagen im Januar und Februar wieder zugenommen. Im Jahr 2019 und zum ersten Mal seit Beginn der Messungen im Jahr 1999 wies keine der Resival-Stationen einen Tageswert auf, der die LRV-Norm überschreitet. Im Jahr 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 bestehenden Toleranz von maximal 3 Tagen. In den Jahren 2021 und 2022 kam es wieder zu Verstössen gegen die Verordnung. Im Jahr 2021 an den Stationen Saxon

und Brigerbad mit 4 Überschreitungstagen, im Jahr 2022 an den Stationen Montana und Brigerbad mit jeweils 5 Überschreitungstagen (Abbildung 11). Sie sind auf die massiven Einträge von Saharasand zurückzuführen. Diese Verschmutzung natürlichen Ursprungs besteht aus mikroskopisch kleinen Quarzkörnern. Ihre Grösse reicht bis zu 100 µm bei feinem Sand und macht die Atmosphäre undurchsichtig. Sie verursachen Gesundheitsschäden durch Entzündungen der Atemwege. Die stärksten Episoden sind im Februar und März zu beobachten. Sie treten aber auch in den übrigen Monaten des Jahres auf, im Juni 2022 und im November 2020. Die Intensität der Einbrüche von Saharasand nimmt von 2020 bis 2022 zu. Die globale Erwärmung und die entsprechenden Wetterlagen scheinen den interkontinentalen Transport von Mineralstaub durch die höhere Energie in der Atmosphäre zu begünstigen. Die Emissionen aus anthropogenen Treibhausgasquellen sind der Beitrag der menschlichen Aktivitäten zu diesem Phänomen.

ABBILDUNG 10 - PM10, REGIONALE JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2022

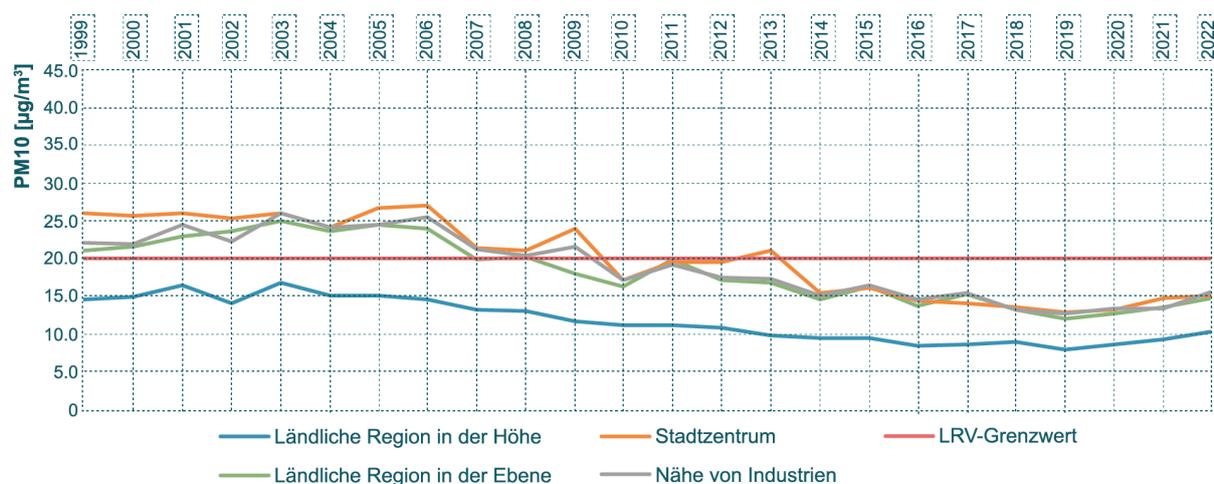
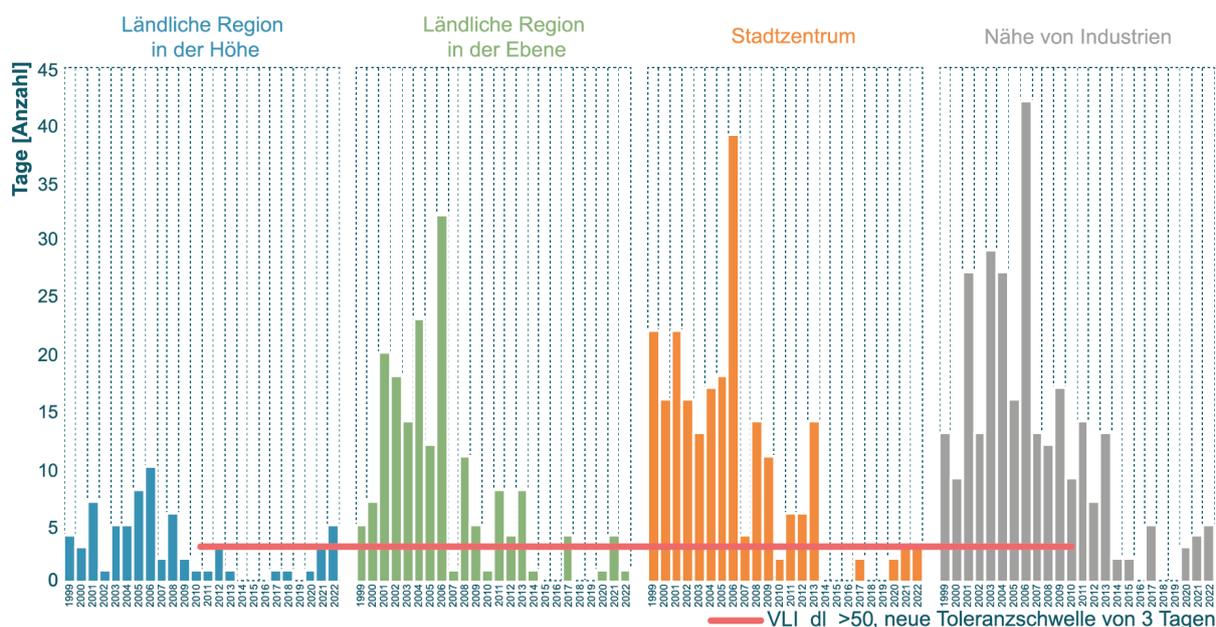


ABBILDUNG 11 - PM10, MAXIMALE ANZAHL TAGE > 50 µg/m³, REGIONALE HÖCHSTWERTE


Laut Emissionskataster stammen 41 % der im Jahr 2021 im Kanton emittierten Mengen an primärem Feinstaub aus Aktivitäten im Offroad-Sektor z.B. auf Baustellen, in der Land- und Forstwirtschaft, in Steinbrüchen und Kiesgruben. Er ist in dem Bereich 'andere Quellen' in Abbildung 9 enthalten. Ein Grossteil, d. h. 58 % der primären PM10-Belastung stammt aus Emissionen, die durch verschiedene abrasive Phänomene wie Brems- und Reifenabrieb verursacht werden. Zwei Sektoren sind daran beteiligt: der nicht strassengebundene Bereich und der Strassenverkehr, auf die 67 % bzw. 33 % der gesamten Emissionen von Abriebpartikeln entfallen. Im Jahr 2021 waren die Hauptquellen von primärem PM10 ohne Abriebprozesse Heizungen (24 %), wobei 97 % der Emissionen auf Holzheizungen entfielen, die Industrie (21 %) und die Natur und Viehzucht (17 %). Der Rest stammt zu 7 % aus dem Strassen- und sonstigen Verkehr, aber noch mehr aus verschiedenen Lösungsmitteln, dem Trocknen von Gras und sogar aus verbotenen Feuern. Der nicht abrasive Teil des emittierten Staubs besteht hauptsächlich aus Verbrennungspartikeln. Sie tragen krebserregenden Russ. Aus diesem Grund und wegen ihres grossen Anteils sollte die Luftverschmutzung durch Holzfeuerungen so weit wie möglich begrenzt werden.

Sekundäre PM10-Partikel werden aus Vorläufergasen gebildet, vor allem aus Schwefel- (SO_x) und Stickstoffoxiden (NO_x) und Ammoniak (NH₃). Sie reagieren in der Atmosphäre zu Sulfat-, Nitrat- und Ammoniumverbindungen, d. h. zu sekundären anorganischen Aerosolen. Die Oxidation von flüchtigen organischen Verbindungen (VOCs) erzeugt weniger flüchtige Verbindungen, also

sekundäre organische Aerosole. Im Flachland 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 gebildet wird, entsteht NO₂ schneller und in geringerer Entfernung von den Quellen des primären Schadstoffs als sekundäre Aerosole. Aus diesem Grund und weil sie sich aufgrund ihrer längeren Lebensdauer grossräumiger 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 Prozessen zurückzuführen, die atmosphärische Partikel erzeugen. Fahrzeuge und Maschinen mit Verbrennungsmotoren werden nach verschärften Standards hergestellt, um sie in den Abgasen 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 Verschmutzungsquellen erfasst, insbesondere Holzheizungen, stationäre Motoren, mobile Dieselmotoren auf Baustellen oder in anderen Betrieben. Wenn die Massnahmen nicht ausreichen, um die Staubemissionen einer Feuerstelle oder eines Motors zu verringern, stehen verschiedene Techniken zur Abgasreinigung zur Verfügung, z. B. die gesamte Palette der auf dem Markt erhältlichen Partikelfilter.

Kraftstoffe für Fahrzeuge auf der Strasse fallen in den Zuständigkeitsbereich der LRV. Der Schwefelgehalt von Benzin und Diesel wurde von 2000 bis 2009 schrittweise auf den aktuellen Höchstwert von 10 mg/kg gesenkt, während er für den Diesel neun Jahre zuvor noch 350 mg/kg betragen hatte. Heizöl unterliegt ähnlichen Reduzierungen. Die in die Luft abgegebenen Schwefeloxide, die in Sulfate umgewandelt werden, erzeugen Feinstaub. Ein erheblicher Teil der Verringerung des Feinstaubes in der Umgebungsluft ist auf die Reduzierung der SOx-Emissionen an der Quelle zurückzuführen.

Laut einer EMPA-Studie aus dem Jahr 2021 lagen die grössten Reduktionen der 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 organischer Feinstäube ebenso zugenommen wie die der mineralischen Partikel. Letztere haben ihren Ursprung in Staubaufwirbelungen, die durch den Strassenverkehr und den Abrieb von Bremsen, Reifen und Strassen verursacht werden, aber auch in der Natur, insbesondere durch den Windabrieb von Felsen.

Die Werte der Schwermetalle Blei und Cadmium in PM10 liegen weit unter den Jahreshgrenzwerten (Abbildungen 12 und 13). Ihre Bestimmung im Labor liegt jedoch über den analytischen Grenzwerten. Abgesehen von einigen moderaten Anstiegen, wie 2010 für Cadmium, schwanken die Konzentrationen von Jahr zu Jahr nur wenig.

ABBILDUNG 12 - BLEI IM PM10 VON 2001 BIS 2022, REGIONALE MITTELWERTE

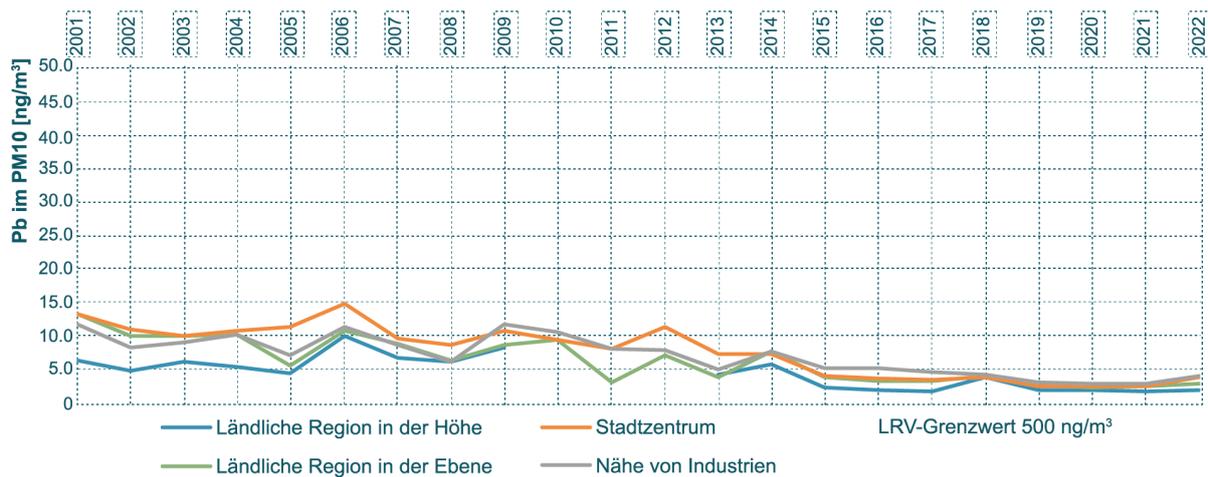
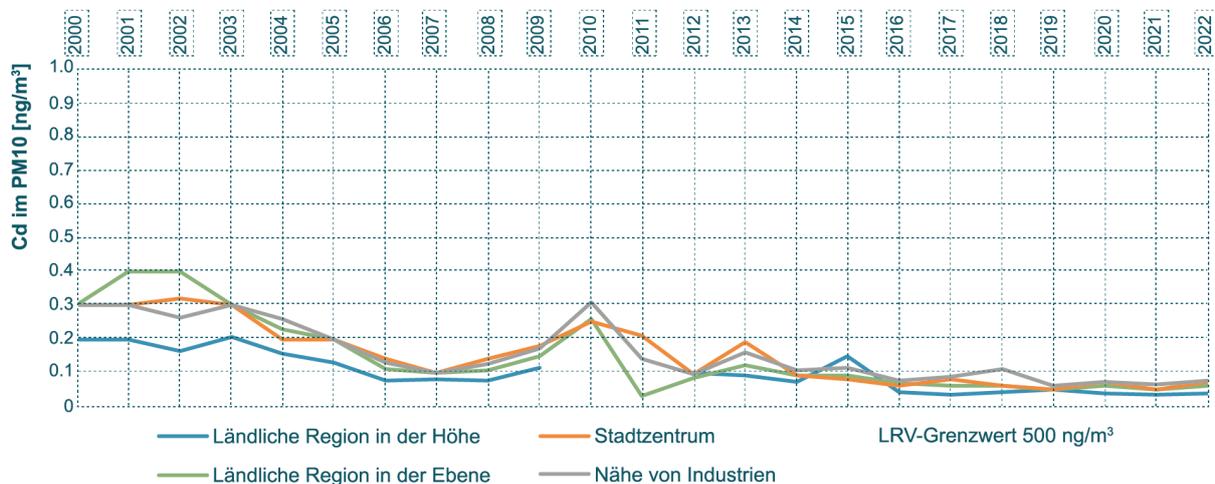


ABBILDUNG 13 - CADMIUM IM PM10 VON 2001 BIS 2022, REGIONALE MITTELWERTE



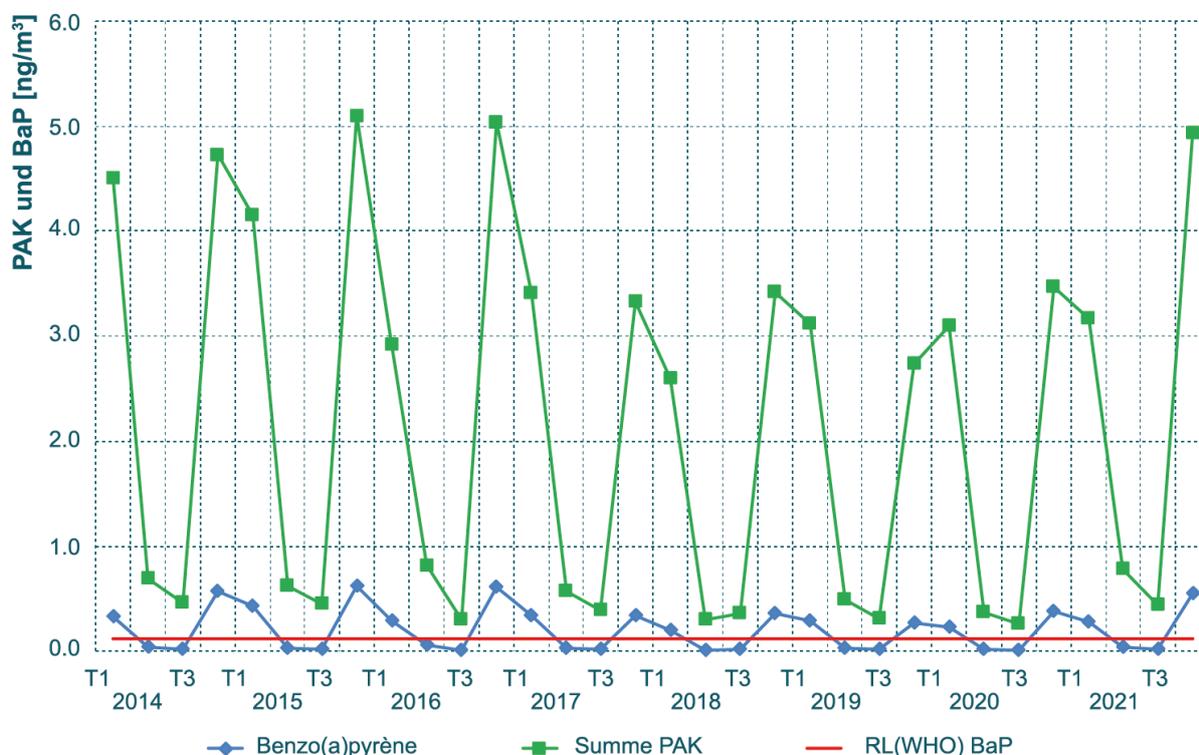
Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) die bei der unvollständigen Verbrennung von organischem Material wie Holz, Benzin, Diesel oder Heizöl entstehen, sind im Feinstaub enthalten. Es handelt sich dabei um eine Gruppe chemisch ähnlicher Substanzen, die mehrere aromatische Ringe, also Benzolringe,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

Die EMPA charakterisiert seit 2006 jährlich 11 PAK separat an der Bundesstation in Sittlen [2]. Die beiden PAK, die in der LRV auf die krebserzeugende Klasse beschränkt sind, Dibenzo(a,h)anthracen (DahA) und vor allem Benzo(a)pyren (BaP), tragen 65 % bis 70 % zur Gesamtoxität der PAK in PM10 bei. Für BaP wurde ein Jahresgrenzwert von 1 ng/m³ vorgeschlagen (EU-Richtlinie 2004/107/EC). Dieser Wert wird seit Beginn der Messungen eingehalten.

Die WHO hat den Referenzwert (RL) für BaP auf 0.12 ng/m³ über ein Jahr festgelegt. Er definiert den Schwellenwert, 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 Sittlen unter dem Doppelten dieses Niveaus, aber mindestens 25 % über der Norm. Im Jahr 2021 liegt der Wert von 0.22 ng/m³ um 83 % zu hoch. Er kehrt von April bis Dezember zu den deutlich höheren Werten als vor 2017 zurück. Diese überraschende Entwicklung wird im Jahr 2022 zu überprüfen sein. Der anhaltende Niederschlagsmangel und die ausgeprägte Trockenheit in diesem Jahr hätten umso höhere Konzentrationen begünstigen können. Im Allgemeinen zeigt Abbildung 14, dass es die winterlichen Gehalte von Oktober bis März sind, die zu einer Überschreitung führen. Die jährliche PAK-Konzentration im Feinstaub im Jahr 2021 betrug 2.32 ng/m³ bei einem Jahresmittelwert von 15.7 µg/m³ für PM10 an der Nabel-Station zwischen der A9 und dem Flughafen Sittlen (Resival Sittlen Stadtzentrum 2021: 15 µg PM10/m³). Im Jahr 2021 gab es also 0.015 Massenprozent PAK in PM10. Dieser Anteil schwankt kaum und bewegt sich von 2017 bis 2021 zwischen 0.010 und 0.015 %. Die Haupttoxizität der PAK beruht auf ihrem geringen Vorkommen im Schwebestaub.

ABBILDUNG 14 - ERGEBNISSE 2014 - 2021 FÜR PAK UND BENZO(A)PYREN AN DER NABEL-STATION IN SITTLEN



6. FEINSTAUB – PM2.5

6.1. Steckbrief

Feinstaub PM2.5 hat einen Durchmesser von weniger als 2.5 Mikrometern (< 2.5 µm). Aufgrund der Schwerkraft und des Luftwiderstands beträgt ihre Ablagerungsgeschwindigkeit nicht mehr als 1.2 cm pro Minute, während sie bei PM10 bis zu 20 cm pro Minute beträgt. Sie bestehen ausserdem aus primären und sekundären Partikeln, die aus Vorläufergasen gebildet werden. Sie stellen am besten die Verbrennungspartikel dar, da diese kaum grösser als 1 µm sind.

PM2.5 stellt eine grössere Herausforderung für die Gesundheit dar als PM10. Neben Entzündungsreaktionen sind sie in der Schweiz bei einer Konzentration zwischen 7.5 und 10 µg/m³ für etwa 3'500 vorzeitige Todesfälle pro Jahr verantwortlich. Im Wallis sind es etwa 100 Fälle pro Jahr. Ohne diese Belastung schätzen die Gesundheitsbehörden die durchschnittliche Lebenszeitverlängerung auf 13 bis 14 Jahre. PM2.5 wirkt sich stärker auf das Herz-Kreislauf-System aus und dringt tiefer in die Lunge ein, bis in die Alveolen. Die Fraktion der ultrafeinen Partikel (< 0.1 µm) kann die Luft-Gewebe-Schranke durchdringen und in den Blutkreislauf gelangen. Wenn sie die Blut-Hirn-Schranke zwischen dem Blutkreislauf und dem Gehirn durchbrechen, kann es zu Hirnschäden kommen.

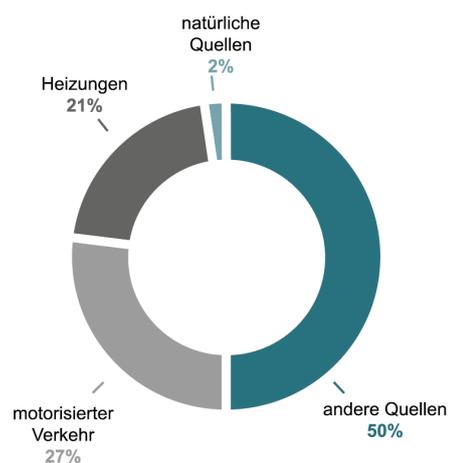
Im Wallis belaufen sich die Emissionen von primären PM2.5-Partikeln im Jahr 2021 auf 152 Tonnen, was 33 % der PM10-Emissionen entspricht. Der motorisierte Verkehr trägt 27 % der Emissionen bei, Heizungen 21 % und andere Quellen 50 % (Abbildung 15). Die Abwesenheit des Industriesektors bedeutet nicht, dass er von der Verschmutzung ausgenommen ist; seine Staubemissionen werden als PM10-Belastung gezählt (9 % der gesamten Emissionen des Kantons im Jahr 2021).

Die chemische Zusammensetzung von PM2.5 ist ähnlich wie die von PM10. Der relative Anteil an Sekundärstaub ist in PM2.5 höher. Sie binden sich stärker an die feinere Fraktion der Partikel. Das PM2.5/PM10-Verhältnis von etwa 63 % in der Walliser Umgebungsluft ist daher höher als die 33 % der primären Freisetzungen. Dagegen ist der relative Beitrag des Mineralstaubs bei PM10 grösser.



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

ABBILDUNG 15 - PRIMÄRE PM2.5-EMISSIONEN IM WALLIS 2021



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

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero).

FEINSTAUB PM2.5 – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK

LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	👍	gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	👉	mittel
STADTZENTRUM	👉	mittel
NÄHE VON INDUSTRIEN	👍	gut

6.2. Ergebnisse 2022

Von 2015 bis 2017 wurden die Feinstaubpartikel PM_{2.5} in Montana mit Hilfe der gravimetrischen Referenzmethode mittels HVS gemessen. Im Juni 2018 hat die LRV einen jährlichen Immissionsgrenzwert (IGW) für diesen Schadstoff in Kraft gesetzt. Er übernimmt den von der WHO festgelegten Wert und ist auf 10 µg/m³ festgelegt. Die Weltgesundheitsorganisation schreibt zudem eine tägliche Begrenzung auf 25 µg/m³ vor, die an nicht mehr als drei Tagen im Jahr überschritten werden darf. Nach einer Übergangsphase im Jahr 2018 werden die PM_{2.5}-Messungen seit 2019 mithilfe der HVS-Gravimetrie und kontinuierlicher Analysatoren an den festen Stationen von Resival mit Ausnahme der Stationen Les Giettes und Eggerberg durchgeführt. Letztere wurden im August 2021 mit HVS-Probenahmegeräten für PM_{2.5} ausgestattet. Im Juli 2022 wurden dann kontinuierliche Analysatoren zur Bestimmung der PM_{2.5}- und

PM₁₀-Fraktionen installiert. Seitdem sind alle Resival-Stationen vollständig für die Bestimmung von PM₁₀ und PM_{2.5} ausgerüstet. Für die Ergebnisse von 2022 bleibt der Jahresdurchschnitt in Les Giettes und Eggerberg eine Schätzung (siehe Kommentar in Tab. 5). Die Ergebnisse für 2023 werden vollumfänglich nach dem geltenden Qualitätssystem gesichert, sowohl für die Jahres- als auch für die Tageswerte.

Die LRV-Begrenzung wird 2022 eingehalten, ausser in der ländlichen Talregion, wo der Jahresmittelwert wie 2021 am Grenzwert liegt. Der Wert von 10.5 µg/m³ in Saxon, gerundet auf 11 µg/m³ (Tabelle 5), liegt 0.5 µg/m³ über dem des Vorjahres. Bei den Tageswerten wurden die WHO-Richtgrenzwerte an allen Stationen mit kontinuierlichen PM_{2.5}-Analysatoren überschritten.

TABELLE 5 - PM_{2.5}, ERGEBNISSE 2022

REGIONEN	STATIONEN	PM _{2.5}		
		Jahresmittel [µg/m ³]	Anzahl Tage > 25 µg/m ³	Tageshöchstwert [µg/m ³]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	5.2*	-	-
	Eggerberg	7.1*	-	-
	Montana	5.6	5	37
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	11	14	65
STADTZENTRUM	Sitten	9.0	6	32
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	9.2	8	36
	Brigerbad	8.5	4	42
LRV-NORM		10		
WHO-NORM		10	3	25

* Geschätzter Wert basierend auf dem PM₁₀-Jahreswert und einer Bewertung des PM_{2.5}/PM₁₀-Verhältnisses für die Station auf der Grundlage der Messergebnisse der Referenzmethode in Montana, Massongex und Brigerbad.

Die 5 Resival-Stationen, die für die Bestimmung der Tageswerte für das gesamte Jahr 2022 ausgerüstet sind, verzeichneten insgesamt 37 Tage, an denen der WHO-Grenzwert überschritten wurde. Davon wurden 23 Überschreitungen mit starken Sandstürmen aus der Sahara im März und Juni in Verbindung gebracht; die Überschreitung am 12. August könnte vor allem durch die Waldbrände verursacht worden sein, die am 10. August in der Region Cernon im französischen Jura ausgebrochen waren. Das Bild des Genfer Ceilometers vom 10. August zeigte jedoch, dass die Verbrennungspartikelfahne bei etwa 3.000 M.ü.M. lag. Das ist ziemlich deutlich tiefer als die Höhe der

Bundesstation Jungfrauoch. Daher scheinen die 10.5 µg/m³ PM₁₀, die am 12. August an der Hochgebirgsstation gemessen wurden, von einer SDE zu stammen. Wenn dies nicht der Fall ist, gibt es im Jahr 2022 16 Überschreitungen des WHO-Tagesgrenzwertes, die nicht auf Saharasand zurückzuführen sind. Acht im Januar und vom 7. bis 8. März werden mit üblichen Verbrennungsquellen in Verbindung gebracht. Sechs vom 11. bis 17. August in Saxon werden den Waldbränden im Jura zugeschrieben. Dieser Brand fügt wahrscheinlich zwei Überschreitungen in Saxon und Montana am 12. August hinzu.

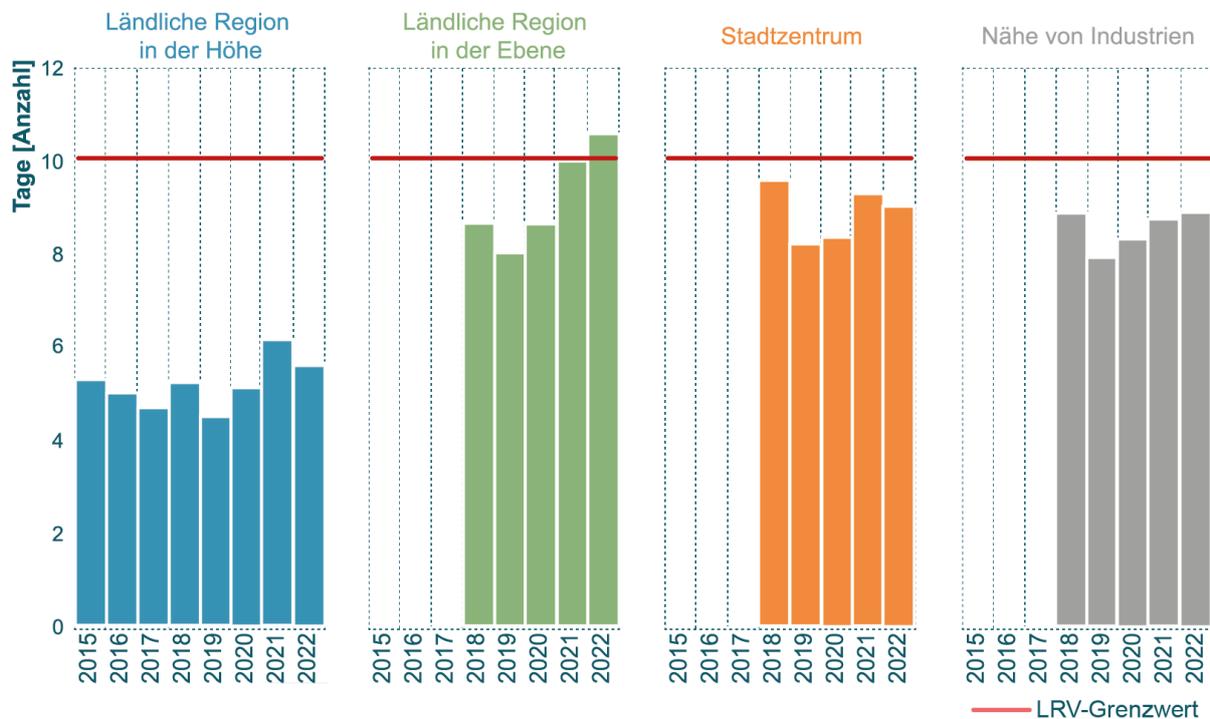
6.3. Entwicklung der Immissionen

Die vorläufigen Messungen, die von 2015 bis 2017 in Montana im Hinblick auf die 2018 eingeführte neue LRV-Jahresbegrenzung durchgeführt wurden, zeigten, dass diese weitgehend eingehalten wurde. Die Ergebnisse von 2018 bis 2022 für das gesamte Kantonsgebiet charakterisieren eine weitaus kritischere Realität (Abbildung 16). Die Jahresbegrenzung wird im Flachland eingehalten, ausser in ländlichen Gebieten, wo die Werte sie 2021 erreichen und 2022 leicht überschreiten. In städtischen Gebieten und in der Nähe von

Industrieanlagen ist sie signifikant. Nur in höheren Lagen ist die Verschmutzung mässig. In einer bestimmten Region sind die PM2.5-Werte in den letzten fünf Jahren relativ stagniert.

Die Tagesgrenzwerte der WHO von 25 µg/m³ werden 2022 nicht eingehalten, ebenso wenig wie 2018, 2020 und 2021 an den Talstationen. In den Höhenlagen von Montana liegen die Überschreitungen seit 2021 um 3 Tage pro Jahr über der Toleranzgrenze.

ABBILDUNG 16 - PM2.5-2018-2022, REGIONALE JAHRESMITTEL IN µg/m³



Die Bewertung des jährlichen Verhältnisses [PM2.5] / [PM10] wurde 2022 fortgesetzt. In Montana beträgt das Verhältnis im Jahresdurchschnitt: 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), von 2015 bis 2022. Die erweiterte Messunsicherheit der Ergebnisse gilt für ein Konfidenzintervall von 99 %. Sie liegt unter ±10 %. Mit derselben Methode wurden die jährlichen [PM2.5]/[PM10]-Verhältnisse in Massongex, Sitten, Saxon und Brigerbad seit 2017, 2018 bzw. 2019 und in Eggerberg im Jahr 2022 bestimmt. Pro Jahr reichen sie von 0.54 bis 0.73 und liegen im Mittel über die Messperioden bei 0.59 bis 0.69. Das allgemeine Verhältnis für die sechs Walliser Stationen ist [PM2.5] / [PM10] = 0.63. Zum Vergleich: Ein durchschnittliches Jahresverhältnis von 0.71 galt für die Messungen, die zwischen 1998

und 2011 an den Bundesstationen des Nabels durchgeführt wurden. Die im Wallis vorherrschende mineralische Umgebung, die regelmässig dem Windabrieb ausgesetzt ist, sowie trockenere Bedingungen als in anderen Teilen der Schweiz begünstigen den Anteil des Grobstaubs zwischen 2.5 und 10 µm Durchmesser (37 % gegenüber 29 % in der gesamten Schweiz).

Eine Einschätzung der DUW auf der Grundlage des Walliser Verhältnisses [PM2.5] / [PM10] von 0.63, der jährlichen Menge an emittierten primären PM10 und PM2.5 (CADERO) und der Information des BAFU, dass die PM10-Gesamtkonzentrationen zu etwa 50 % aus sekundären Aerosolen bestehen, zeigt, dass die PM2.5-Gesamtkonzentrationen im Wallis zu etwa 74 % aus sekundären Aerosolen bestehen.

7. ELEMENTARER KOHLENSTOFF (RUSS)

Russ aus unvollständigen Verbrennungen enthält hauptsächlich elementaren Kohlenstoff (EK) oder Black Carbon (BC). BC ist optisch definiert und umfasst vor allem EK, aber auch schweres organisches Material. Dieselmotoren sind eine wichtige Quelle dafür. Ihre Abgase waren im letzten Jahrhundert schwarz und undurchsichtig. Seit den 2000er Jahren haben die Verbesserung der Verbrennung und Gasreinigungssysteme (Partikelfilter) diese Verschmutzung stark reduziert. Die mikroskopisch kleinen Partikel des eingeatmeten Russes dringen tief in unsere Lungen ein und gelangen in unseren Blutkreislauf. Sie führen zu Erkrankungen der Atemwege und Störungen des Herz-Kreislauf-Systems. In Agglomerationen trägt Dieselruss aufgrund seiner organischen Moleküle, insbesondere PAK, am stärksten zum Krebsrisiko bei.

Die im Bericht 2017 veröffentlichten EK-Werte basierten auf den BC-Ergebnissen unter Berücksichtigung der verwendeten Analyseverfahren. BC in PM1 wurde kontinuierlich mithilfe eines Mehrwinkel-Absorptionsphotometers (MAAP) bestimmt und dann mithilfe eines Umrechnungsfaktors in EK-Werte umgewandelt. Diese Vorgehensweise hatte den Vorteil, dass sie tägliche Werte erzeugte, aber den Nachteil, dass eine direkte Kalibrierung nicht möglich und die Umsetzung unzuverlässig war. Die Methode wurde geändert, weil der MAAP seit Herbst 2017 unwiderruflich ausser Betrieb ist. Da der Zielwert für die Lufthygiene ein Jahresmittelwert ist, kombiniert die andere seit 2018 umgesetzte Methode die kontinuierliche Entnahme von Schwebstaub auf Quarzfiltern mithilfe des optischen Analysators, der

den Feinstaub misst, mit der Bestimmung des EK, die mithilfe der TOT-Methode von einem spezialisierten Labor durchgeführt wird. Dieses Protokoll ermöglicht es, zweiwöchige Mittelwerte und einen Jahresmittelwert zu erhalten. Die entsprechenden Ergebnisse sind in der folgenden Tabelle 6 aufgeführt.



Ungereinigte Abgase aus Dieselmotoren sind grosse BC-Quellen.

TABELLE 6 – ELEMENTARER KOHLENSTOFF (EK), ERGEBNISSE 2022

REGIONEN	STATIONEN	Elementarer Kohlenstoff (EK)	
		Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Max. ~Zweiwöchige Mittelwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	0.41	0.81

ABBILDUNG 17 - EK, JAHRESDURCHSCHNITTSWERTE VON 2008 BIS 2022

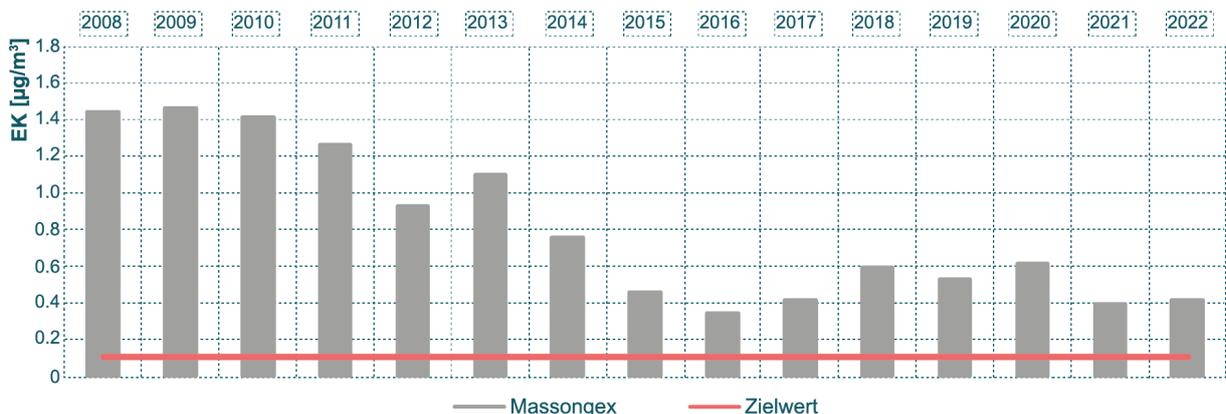
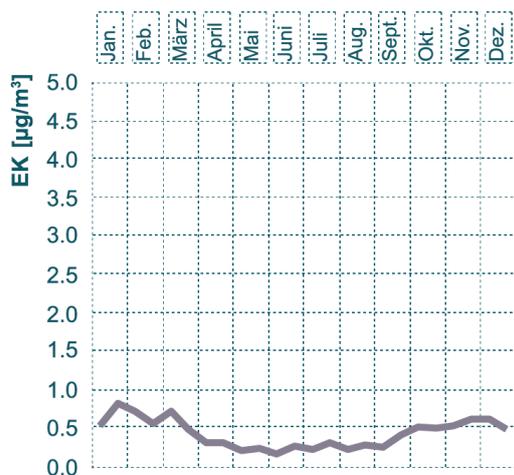


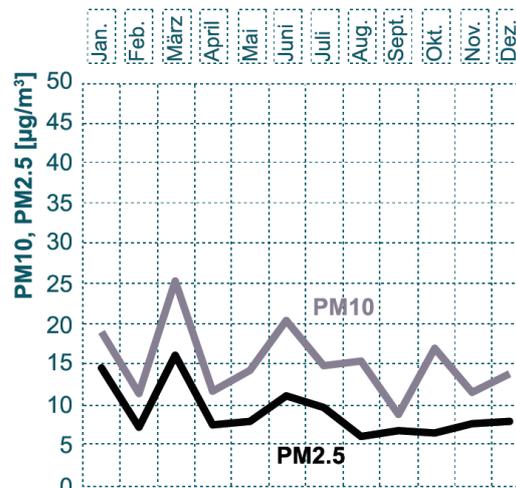
ABBILDUNG 18 - EK 2022 IN MASSONGEX



Eine Zeitreihenuntersuchung im Jahr 2022 für EK als Halbmonatswerte (Abbildung 18) und für PM10 (graue Linie) und PM2.5 (rote Linie) als Monatsmittelwerte (Abbildung 19) zeigt einen deutlichen Spitzenwert im März für Feinstaub, der jedoch nicht auf Russ zutrifft. Ihr Niveau stagniert im ersten Quartal zwischen 0.46 und 0.81 µg/m³. Während die Saharastaubeinfälle im März die PM10- und PM2.5-Konzentrationen stark beeinflussten, brachten die mineralischen Sandpartikel keine Belastung durch den Kohlenstoff mit, aus dem sich der EK zusammensetzt. Sein durchschnittliches Niveau im ersten Quartal (0.62 µg/m³) liegt nahe dem des letzten Quartals (0.53 µg/m³), während es in der Sommersaison im zweiten und dritten Quartal auf 0.23 und 0.27 µg/m³ sinkt. Im Vergleich dazu ist das Sommerloch bei den Feinstäuben PM10 und PM2.5 viel weniger ausgeprägt. Im zweiten Quartal, in dem es im Juni noch einen ETS gab, lag der Wert in der Nähe des Jahresdurchschnitts, während der Wert für den EK um 45 % niedriger lag.

Das jährliche EK/PM2.5-Verhältnis von 4.8 % entspricht in etwa dem von 2021 und ist niedriger als in den Vorjahren (7.5 % im Jahr 2020). Es war im Juni 2022 am niedrigsten (1.8 %). Dies ist auf den Anstieg des Feinstaubes im Zusammenhang mit dem SDE zurückzuführen. Das PM2.5/PM10-Verhältnis lag seinerseits zwischen 38 % und 77 %. Der September war erneut regnerisch und erreichte zusammen mit dem Januar den höchsten Wert. Diese Bedingungen begünstigen die feuchte Ablagerung von Partikeln über 2.5 Mikron durch Abfangen und Trägheit. Der Anteil von PM2.5 nimmt entsprechend zu. Im Chablais war der Monat mit der höchsten Föhnbelastung im Jahr 2022, der April mit

ABBILDUNG 19 - PM10 PM2.5 2022 IN MASSONGEX



sechs Tagen. Die Feinstaubwerte sinken dann durch die Vermischung der bodennahen mit den hochgelegenen Luftmassen, die sehr wenig Staub enthalten, ausser natürlich bei der Zufuhr von Sahara-Sand.

Laut der EKL-Studie von 2013 [3] sollte die EK-Konzentration im Jahresdurchschnitt 0.1 µg/m³ nicht überschreiten. Die Ergebnisse stagnieren in den letzten fünf Jahren zwischen 0.4 und 0.6 µg/m³ (Abbildung 17). Seit 2008 lagen sie immer mehr als dreimal über dem Zielwert von 0.1 µg/m³. Die EKL empfiehlt, die Russkonzentrationen in der Nähe von Emissionsquellen bis 2023 auf maximal 20 % der Werte für 2013 zu senken. Für den Standort Massongex, der in diesem Jahr eine Konzentration von 1.1 µg/m³ aufwies, wäre das Ziel, bis 2023 einen Maximalwert von 0.22 µg/m³ zu erreichen. Das Ergebnis für 2022 ist 1.9-mal höher. Stark befahrene Strassen sind eine Hauptquelle für Russ, der einen Anteil von etwa 8 % bis 12 % der in der Nähe gemessenen PM2.5-Massenkonzentrationen ausmacht. Das maximale EK/PM2.5-Verhältnis in Massongex von 8.6 % und das durchschnittliche von 4.8 % im Jahr 2022 deutet darauf hin, dass die Resival-Station keinem starken Strassenverkehr ausgesetzt ist. Die Ausbreitungsbedingungen zwischen der 835 m entfernten Autobahn A9 und dem Messort verringern die EK-Konzentrationen stark. Die Station Massongex stellt eine Hintergrundsituation im Hinblick auf das Ziel der EKL dar, das eher auf Stationen mit starkem Strassenverkehr ausgerichtet ist. Ihre Aussagekraft ist lediglich indikativ.

8. STICKSTOFFDIOXID – NO₂

8.1. Steckbrief

Unter dem Begriff [Stickstoffoxide](#) (NO_x) werden Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) zusammengefasst. NO ist ein farbloses, geruchloses und geschmackloses Gas, während NO₂ bei hohen Konzentrationen als rötliches Reizgas mit stechendem Geruch auftritt.

NO_x entsteht bei Hochtemperaturverbrennungen, die typischerweise 5-10 % NO₂ enthalten. Zu ihren Quellen gehören Heizanlagen, Abfallverbrennungsanlagen und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Das emittierte NO wandelt sich schnell in NO₂ um, wenn es mit Oxidationsmitteln in der Umgebungsluft, insbesondere Ozon, in Kontakt kommt.

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

Stickoxide in Verbindung mit VOCs sind an der photochemischen Bildung von bodennahem Ozon beteiligt. Sie versauern feuchten Niederschlag und tragen durch chemische Reaktionen, die zur Bildung von Nitraten führen, zur Bildung von sekundärem Feinstaub bei. Zusammen mit Ammoniak tragen sie zur Eutrophierung (Überdüngung) von Ökosystemen bei.

STICKSTOFFDIOXID NO₂– LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK

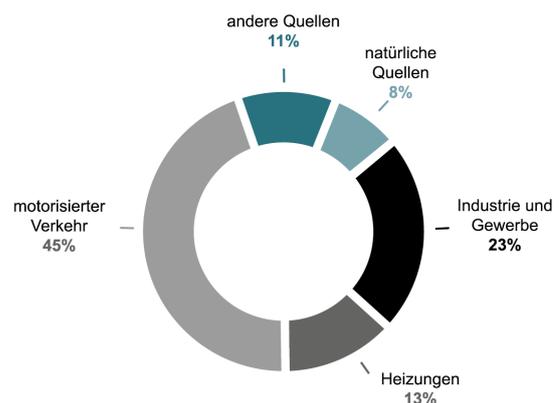
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	👍	gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	👍	gut
STADTZENTRUM	👍	gut
NÄHE VON INDUSTRIEN	👍	gut

Laut dem kantonalen Kataster beliefen sich die NO_x-Emissionen im Jahr 2021 auf 2.169 Tonnen (Abbildung 20). Low-NO_x-Brenner, Brennwertkessel, die Sanierung von Feuerungsanlagen, der Verzicht auf fossile Energieträger, Dreiwegkatalysatoren in Motoren, die CO oxidieren und NO_x reduzieren, fördern den Rückgang der NO_x-Emissionen.



Der motorisierte Verkehr verursacht 45 % der NO_x-Emissionen.

ABBILDUNG 20 - NO_x, Emissionen im Jahr 2021 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 2022

Der LRV-Grenzwert für das Jahresmittel von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wird an allen Resival-Stationen klar eingehalten (Tabelle 7). Im Wallis werden die höchsten Konzentrationen an der Bundesstation Nabel beobachtet, die zwischen dem Flugplatz Sitten und der Autobahn 25 m von der Autobahn entfernt liegt. Der für 2022 prognostizierte Mittelwert liegt bei $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wie in den Jahren 2020 und 2021. Vor der Pandemie im Jahr 2020, die vor allem den Strassenverkehr von März bis Juni beeinflusste, lagen die Tageswerte an der Bundesstation immer über denen der Resival-Station im Stadtzentrum von Sitten. Dies ist auch 2022 wieder der Fall, während sie 2020 und 2021 manchmal niedriger waren. Die vorübergehende Umstellung der Mobilitätsgewohnheiten kann diese Veränderungen erklären. Sie sind jedoch geringfügig. Der Jahresdurchschnitt gleicht sich zwischen den beiden Stationen in Sitten etwas an. Der von Resival lag von 2016 bis 2019 bei 66 bis 69 % des Nabel-Wertes. Seit 2020 macht er 71 bis 74 Prozent aus. Im Jahr 2022 bleibt die Stadtgemeinde Sitten mit einem Jahresmittelwert von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei Resival an der Spitze der Orte mit der höchsten NO_2 -Belastung im Wallis. Anderswo in der Ebene und in höheren Lagen ist die kantonale Luft deutlich weniger belastet. Der Walliser Rekord für den höchsten Tageswert im Jahr 2022 geht hingegen an die Station Brigerbad in Industrienähe mit $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Den zweiten Platz belegt die Bundesstation Sitten in der Nähe der Autobahn, wo das Tagesmaximum mit $66 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen wurde. 3

Die Ergebnisse zur kumulierten 95 %-Häufigkeit, die die höchsten Belastungsspitzen disqualifiziert, um eine zulässige Obergrenze von $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festzulegen, zeigen, dass die grosse Mehrheit (95%) der im Jahr gemessenen Halbstundenwerte den Grenzwert weitgehend einhalten. Die Werte in Brigerbad und Sitten mit 54 bzw. $48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sind wie üblich die höchsten. Die beiden anderen Stationen in der Ebene weisen mit 41 und $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$ höhere Werte auf als die Stationen in höheren Lagen mit Werten zwischen 8 und $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der niedrigste Wert wurde in Les Giettes gemessen, da diese Station am weitesten von den wichtigsten NO_x -Quellen entfernt liegt. Die Station Eggerberg, 200 Meter oberhalb von Visp, wo sich ein grosses Industriegebiet befindet, weist einen erhöhten Wert von $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf. Die Messkabine in Montana, etwa 20 Meter von einer Kantonsstrasse entfernt und in der Nähe eines grossen Walliser Touristenortes gelegen, weist mit $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den höchsten Wert in der Höhe auf.

Die LRV enthält auch einen maximalen Tageswert von $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der nicht mehr als einmal pro Jahr überschritten werden darf. Er wurde an keiner Station (Tabelle 7) wie seit 2018 überschritten. Das BAFU meldet, dass diese Begrenzung an der Nabel-Station in Sitten-Flugplatz-A9 im Jahr 2022 nicht überschritten wird. Unter Berücksichtigung der Toleranz von einem Tag Überschreitung werden die LRV-Normen für NO_2 -Immissionen im Wallis seit 2020 sowohl bei Resival als auch an der Bundesstation in der Nähe der Autobahn in Sitten vollständig eingehalten.

TABELLE 7 - NO_2 , ERGEBNISSE 2022

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	2.8	7.6	0	22
	Eggerberg	8.3	24	0	29
	Montana	8.4	26	0	30
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	13	41	0	46
URBANES ZENTRUM	Sitten	18	48	0	54
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	13	33	0	37
	Brigerbad	18	54	0	74
LRV-NORM		30	100	1	80

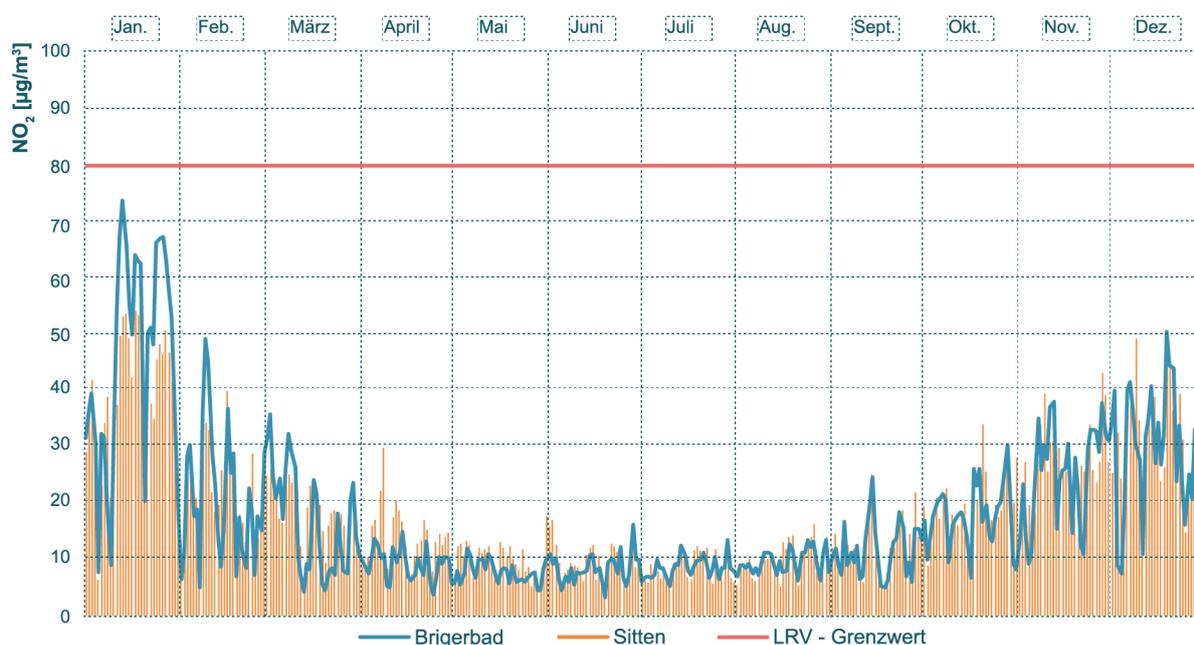
Abbildung 21 zeigt, dass der Grenzwert im letzten Jahr an den beiden Resival-Stationen mit den höchsten Tageskonzentrationen deutlich eingehalten

wurde. An der städtischen Station trugen die Emissionen des Strassenverkehrs und der Verbrennungsheizungen der Walliser Hauptstadt zu

diesem Ergebnis bei. An der industrienahen Station im Oberwallis wird die Wirkung der winterlichen Hochdruckwetterlagen, die zu thermischen Inversionen in den unteren Schichten führen, in der Ebene von Brig bis Visp verstärkt. Aufgrund der umliegenden Berge erreichen die Sonnenstrahlen zwischen November und Februar in weiten Teilen dieser Region den Boden nicht mehr. Infolgedessen wird die Stabilität der Kaltluftseen nicht mehr durch die vom Boden zurückgeworfene Wärme gestört. Die

Luftkuppel, die eine Kappe bildet und Luftverschmutzung und schlechte Gerüche ansammelt, ist dann besonders wirksam. Eine solche Hochdruckperiode herrschte vom 11. bis 28. Januar 2022 mit 13 Tagen mässiger bis starker Inversionen über der gesamten Romandie. Dieser Monat war im Oberwallis windarm. In dieser Periode wies die Station Brigerbad die höchsten täglichen NO₂-Werte auf (Abbildung 21), ebenso wie für den Spitzenwert am 9. Februar.

ABBILDUNG 21 - NO₂, TAGESMITTELWERTE IN SITTEN UND BRIGERBAD IN 2022



8.3. Entwicklung der Immissionen

Der Jahresmittelwert von Stickstoffdioxid bringt 2022 zwei neue Luftqualitätsrekorde. Die Werte für das Stadtzentrum Sitten und die ländliche Region im Flachland in Saxon sind die niedrigsten seit Beginn der Messungen im Jahr 1990. In den anderen typischen Regionen wurden die Minima in den Jahren 2020 oder 2021 erreicht. Die Werte für 2022 liegen sehr nahe daran (Abbildung 22). Die Schadstoffwerte sind niedrig, ausser in Stadtzentren und in der Nähe von Industrieanlagen, wo sie mässig sind. In allen typischen Regionen sind die Rückgänge für 2022 im Vergleich zu 2006 gestaffelt, was den Beginn der starken Rückgänge markiert, von -40 % in der Nähe der Industrie bis -54 % im Stadtzentrum. Die Abwärtstrends setzen sich bis 2022 fort. Aber in allen Regionen ausser der städtischen Station Sitten stagnieren die jährlichen Werte seit 2020.

In Sitten ist seit 2011 ein starker Abwärtstrend zu beobachten. Hier hat die jährliche

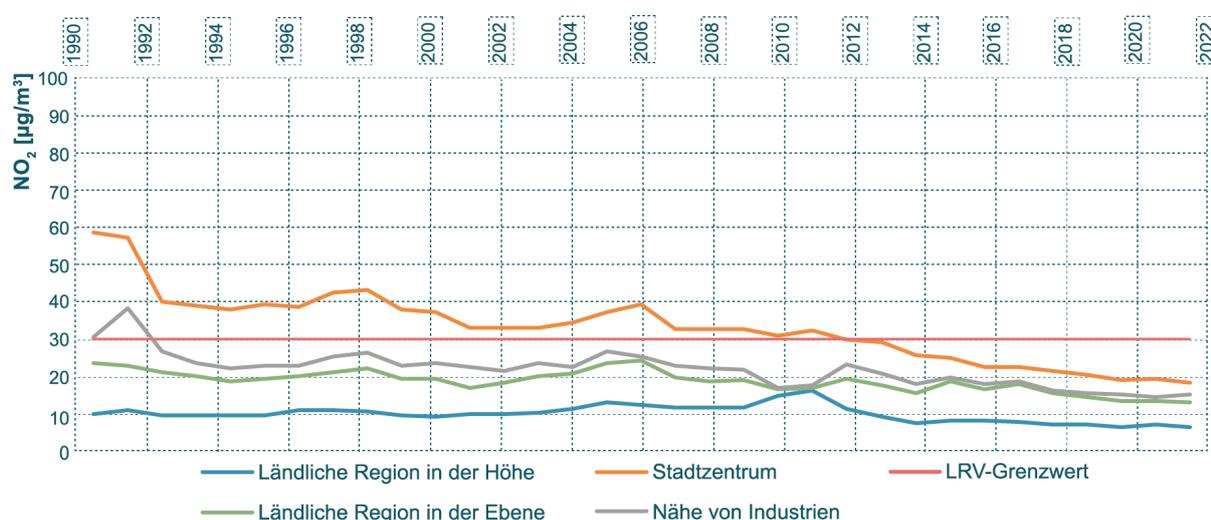
Niederschlagsmenge seit 2011 um durchschnittlich 11 % zugenommen (Tabelle 2). Dies deutet auf eine Auswirkung der globalen Erwärmung hin, die das Ausmass der winterlichen Regenschauer erhöht. Regenschauer beseitigen Stickoxide in der Luft, wie auch andere Schadstoffe, durch feuchte Ablagerung in der Umwelt. Und im Winter sind die höchsten Konzentrationen von NO₂ zu beobachten. Seine Auflösung im Regenwasser, vor allem über seine Umwandlung in Salpetersäure, ist 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 durch einen trockenen Prozess deponiert wird. Der in Sitten beobachtete Anstieg der Niederschlagsmenge steht jedoch in keinem Verhältnis zu dem Rückgang der NO₂-Werte an der städtischen Station um 44 % in den Jahren 2021 und 2022 im Vergleich zu 2011. Die geringere Verschmutzung ist daher

hauptsächlich auf eine Verringerung der Emissionen an den Quellen zurückzuführen.

Diese Rückgänge lassen sich laut dem kantonalen Emissionskataster vor allem durch den starken Rückgang der primären NO_x-Emissionen erklären. Der Gesamtrückgang von fast 2'270 Tonnen NO_x-Emissionen im Jahr 2021 gegenüber 2006, was einem Rückgang von 51 % entspricht, stammt zu 45 % aus dem Strassenverkehr (-1'015 to, -51 % des Sektors) und zu 37 % aus der Grossindustrie (-843 to, -63 % des Bereichs). Die Einstellung des Betriebs der Raffinerie Collombey im Frühjahr 2015 trug stark

zu der hohen Abnahmerate im industriellen Bereich bei. Der Beitrag des Strassenverkehrs zur Verminderung der Emissionen ist grösser als in früheren Bewertungen. Die Revision der Emissionsfaktoren nach den Feststellungen im Zusammenhang mit dem Dieselskandal wurde in den Kataster aufgenommen (MICET 4.2). In den anderen Bereichen hat der Offroad-Sektor bis 2021 58 % weniger Emissionen als 2006 (-304 t), während der Rückgang der Emissionen aus Heizungen (-98 t) - 25 % beträgt und nur 4 % zu den Gesamtverringierungen beiträgt.

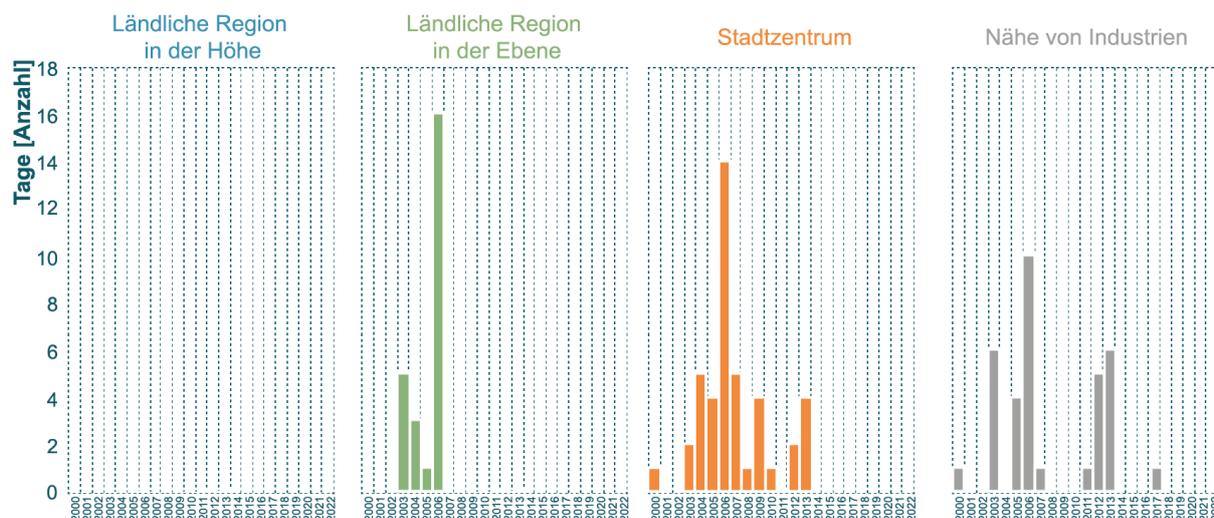
ABBILDUNG 22 – NO₂ JAHRES- UND REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE VON 1990 BIS 2022



Um die NO-Konzentrationen² in der Umgebungsluft weiter zu senken, müssen die wichtigsten Massnahmen im Bereich des Strassenverkehrs ergriffen werden (Abbildung 20). Die weitgehend von Dieselfahrzeugen dominierten NO_x-Emissionen im Strassenverkehr gehen seit 2016 dank der besseren Einhaltung der den Herstellern auferlegten Normen allmählich zurück. Eine erste Verbesserung wurde mit der Einführung von Euro 6b im Jahr 2015 eingeführt. Dann wurde das realistischere WLTP-Zulassungsprotokoll seit der Norm Euro 6c von 2017 eingeführt, die im September 2018 verbindlich wurde. Schliesslich haben die Normen Euro 6d-TEMP von 2019 und Euro 6d, die im Januar 2021 in Kraft traten und durch die Protokolle WLTP und RDE validiert wurden, die Situation ziemlich deutlich bereinigt.

Seit Beginn der Messungen bleibt das Jahr 2006 das Jahr mit den meisten Überschreitungen des Tagesgrenzwertes für NO₂ (Abbildung 23). Das Jahr war durch eine stabile und lang anhaltende Wetterlage im Januar und Februar gekennzeichnet, die zu ungewöhnlich hohen NO₂ und PM10 Belastungen führte. Der kantonale Wintersmog-Erlass vom November 2006 (814.103) stützt sich unter anderem auf diese Episode. Seit 2014 hat das Resival-Netzwerk keine Überschreitung dieser Beschränkung mehr erlebt, ausser im Jahr 2017 mit einem Tag. Diese einzige jährliche Überschreitung wird jedoch von der LRV toleriert, so dass die Norm seit neun Jahren eingehalten wird.

ABBILDUNG 23 – NO₂, MAXIMALE ANZAHL DER ÜBERSCHREITUNGEN DER TAGESNORM VON 2000 BIS 2022



NO_x-Reduktionen können zur Senkung der Ozonwerte beitragen, sofern die betroffene Region durch ein chemisches Regime gekennzeichnet ist, das als "NO_x-begrenzt" bezeichnet wird. Im Sommer liegen die NO_x-Vorläuferwerte im Mittelwallis typischerweise von der Morgendämmerung bis zum Mittag im sogenannten "NO_x-gesättigten" (VOC-begrenzten) Systemzustand, bei dem ein Rückgang der Stickoxide im Gegensatz dazu einen Anstieg der Ozonproduktion begünstigt. Um die Mittagszeit und bis zum späten Nachmittag sinken die Werte in den NO_x-begrenzten Bereich, ausser im Stadtzentrum, wo sie sich in einem Zwischenbereich befinden. Im Vergleich zu dieser Situation im Jahr 2019 müssten die NO_x-Werte um mindestens 90 %, also deutlich

unter etwa 5 ppb, gesenkt werden, damit sie sich nie im NO_x-gesättigten Bereich befinden. Dies würde die Einhaltung der LRV-Ozonbegrenzungen bei stündlicher Begrenzung (60 ppb) und monatlicher P98 (50 ppb) gut gewährleisten. In dieser Hinsicht hätten Biokraftstoffe, Biobrennstoffe und Power-to-Gas-Lösungen (ausser Wasserstoffantrieb mit Brennstoffzellen) eine positive Wirkung auf die globale Erwärmung (CO₂ neutral), würden aber die Situation in Bezug auf Stickoxidemissionen kaum verbessern, wenn sie nicht aus den Abgasen entfernt werden. Die NO_x-Bildung in Verbrennungsmotoren und -kesseln wird durch die Anwesenheit von Stickstoff und Sauerstoff in der Verbrennungsluft fortgesetzt.

9. AMMONIAK – NH₃

9.1. Steckbrief

Ammoniak (NH₃) ist in gasförmiger Form 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. Ausserdem 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 Lagerung und Ausbringung von Hofdünger. Auch bei industriellen Prozessen können grosse Mengen dieses Schadstoffs freigesetzt werden.

NH₃ ist ein Bestandteil von Stickstoffdepositionen. Letztere umfassen die gasförmige Deposition von Ammoniak, Stickoxiden und Salpetersäure sowie die aerosol- oder gravitationsbedingte Deposition von Ammonium und Nitrat. Regen, Schnee, Hagel und sedimentierter Staub sind Träger dieser Depositionen. Die Stickstoffablagerungen sind in einigen Ökosystemen immer noch zu hoch und bedrohen die biologische Vielfalt in diesen Gebieten.

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 1 µg/m³ für Flechten und Moose aufgrund ihrer grösseren Empfindlichkeit gegenüber diesem Schadstoff. Für höhere Pflanzen liegt er zwischen 2 und 4 µg/m³. Wenn die atmosphärischen Konzentrationen von NH₃ über den kritischen Werten liegen, liegt eine übermässige Immission gemäss Art. 2 Abs. 5 LRV vor.

AMMONIAK NH₃- LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK

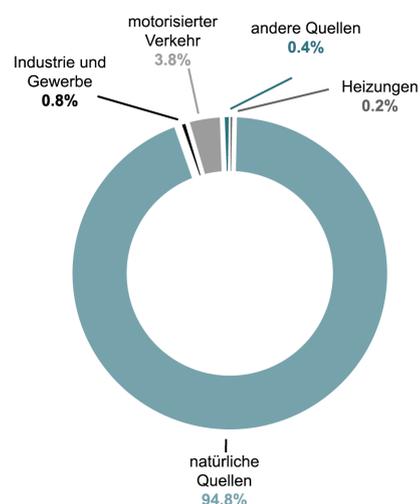
SITTEN (ZONE A9-FLUGHAFEN, 2022)		schlecht
VIONNAZ (LÄNDLICHES GEBIET, 2022)		mittel
VISP (LÄNDLICHES GEBIET, 2019)		gut

Laut dem kantonalen Kataster beliefen sich die NH₃-Emissionen im Jahr 2021 auf 832 Tonnen (Abbildung 24). Mit 6.5 Tonnen sind die industriellen Einleitungen weit in der Minderheit. Die bedeutendsten Mengen werden von einigen grossen Chemieunternehmen sowie von Müllverbrennungs- oder Biomasseverwertungsanlagen gemeldet.



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

ABBILDUNG 24 - NH₃, EMISSIONEN WALLIS 2021



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

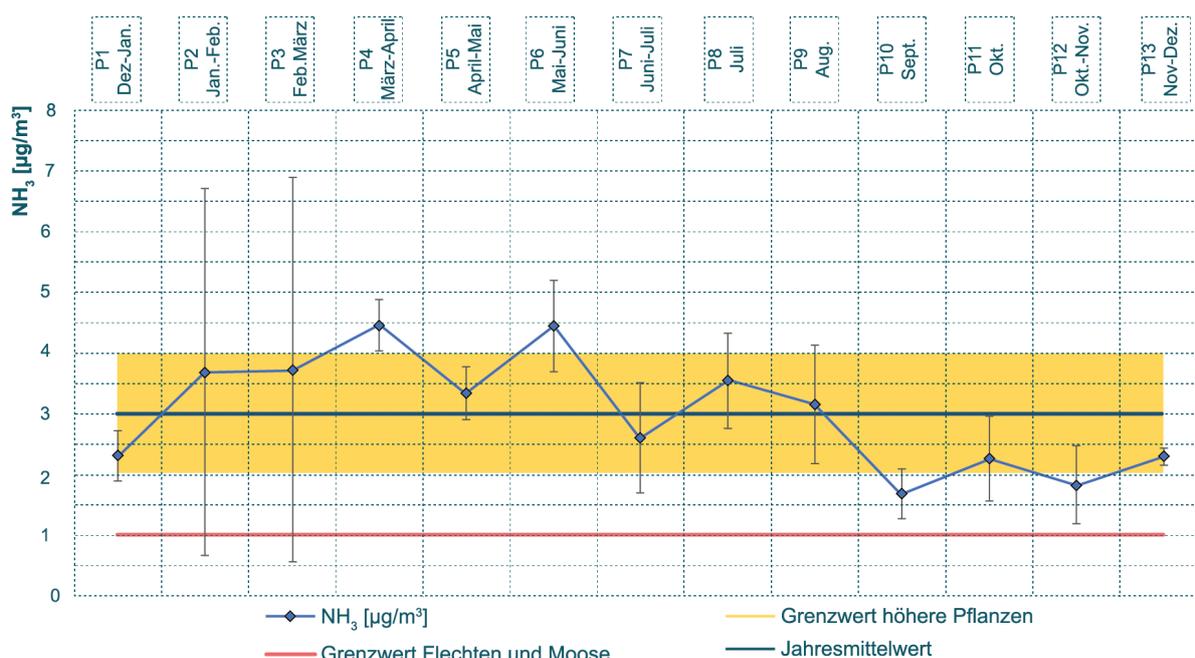
Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero).

9.2. Ergebnisse 2022

Im Jahr 2022 führte die DUW eine erste Kampagne zur Charakterisierung der Ammoniakkonzentrationen in der Luft im Wallis durch. Sie fand am Rande eines Moors von nationaler Bedeutung statt. Es befindet sich am Ort Les Rigoles in der Gemeinde Vionnaz und ist im Bundesinventar unter der Nummer VS 2020 registriert. Seine Fläche beträgt 10 ha in der Ebene auf 385 M.ü.M. Es beherbergt einen Schilfgürtel, ein Grosseggenmoor, ein saures Flachmoor, ein Megaphorbia und eine Feuchtwiese. Der Staatsrat des Kantons Wallis erliess 1991 einen Erlass zur Erhaltung dieses wertvollen Feuchtbiotops. Der Messort wurde von Dezember 2021 bis Dezember 2022 direkt nördlich dieses empfindlichen Ökosystems an der Schnittstelle zu einem intensiv bewirtschafteten Gebiet in der Nähe des Ortes Crébellay eingerichtet. Abbildung 25 zeigt die Ergebnisse der 13 Probenahmen, die im Abstand

von vier Wochen durchgeführt wurden. Der Jahresmittelwert in Les Rigoles liegt bei $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für 2022. Er liegt in der Nähe des mehrjährigen Durchschnitts 2017-2021 von $3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Payerne, der repräsentativ für die ländlichen Regionen des Westschweizer Mittellands ist. Sie ist deutlich niedriger als diejenige von Sitten mit $3.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über diese 5 Jahre. Das Konzentrationsprofil in Abbildung 25 ist ziemlich typisch für das Profil von landwirtschaftlichen Gebieten. Die niedrigsten Werte sind im Herbst und Winter zu beobachten. Der Verlauf zeigt keine Merkmale für die Umgebung von Einrichtungen zur Intensivtierhaltung. Dies steht im Einklang mit dem Fehlen einer solchen Quelle in der Nähe des Messortes. Abgesehen von dem geschützten Sumpfgebiet im Süden ist er hauptsächlich von landwirtschaftlichen Feldern umgeben.

ABBILDUNG 25 - ERGEBNISSE DER KAMPAGNE 2022 FÜR GASFÖRMIGES AMMONIAK IM UNTERWALLIS



Der Jahreswert von NH₃ in Les Rigoles liegt in der Mitte des Toleranzbereichs für höhere Pflanzen von 2 bis 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Er ist hingegen dreimal so hoch wie die Beschränkung für Moose und Flechten. Diese kleinen epiphytischen, lignicolen, saxicolen oder terricolen-muscicolen Pflanzenorganismen besitzen kein Gefässsystem, um Wasser und Nährstoffe aktiv aus dem Boden zu transportieren. Sie ziehen diese vor allem wie Schwämme aus der Umgebungsfeuchtigkeit und dem Niederschlag. Daher sind sie hervorragende Bioindikatoren für die Luftverschmutzung. Einige Hinweise für die

Luftreinheit basieren auf der Anzahl der Epiphyten, ihrer Deckung und ihrer Häufigkeit. Sie ersetzen nicht die physikalisch-chemischen Messungen, die z. B. von Resival-Stationen durchgeführt werden. Sie geben uns zusätzliche Informationen.

Eine nächste Kampagne ist für 2024 geplant. Sie würde auf die Charakterisierung der Gesamtstickstoffdeposition ausgeweitet. Die DUW hatte die nationale Kampagne von 2019 zu diesen Parametern in Visp im Oberwallis finanziert. Es ist vorgesehen, sich aktiv an der nächsten Studie zu beteiligen,

indem eine zusätzliche Stelle in Les Rigoles im Unterwallis betrieben wird. Die Bestimmung des Stickstoffniederschlags umfasst auch gasförmiges

Ammoniak. Ein zweiter Jahreswert über 2024 würde den Wert von 2022 ergänzen.

9.3. Entwicklung der Immissionen

Die Quellen für Ammoniak in der Luft befinden sich ganz überwiegend im landwirtschaftlichen Bereich. Der Strassenverkehr und die Industrie tragen nur geringfügig dazu bei (Abbildung 24). Ammoniak ist ein gängiges NO_x -Reduktionsmittel in den industriellen SCR- und SNCR-Anlagen zur Denitrifikation (DeNO_x). Der Anteil, der nicht reagiert hat, entweicht aus den Schornsteinen. Im Strassenverkehr dient der Einsatz von AdBlue, einem Zusatzstoff, der zu etwa einem Drittel aus Harnstoff und zu zwei Dritteln aus Wasser besteht, demselben Zweck. Unter dem Einfluss der Wärme der Motorabgase und durch Hydrolyse wird Harnstoff in NH_3 und CO_2 umgewandelt. Dann erzeugt die Reaktion zwischen NH_3 und NO mithilfe von Sauerstoff molekularen Stickstoff (N_2) und Wasser (H_2O). Wenn die Reaktion nicht vollständig abläuft, wird Ammoniak mit den Abgasen ausgestossen.

Um die NH_3 -Konzentrationen in der Umgebungsluft weiter zu senken, müssen die wichtigsten Massnahmen im Bereich der Landwirtschaft und der Tierhaltung ergriffen werden. Dies ist eines der Ziele der Agrargesetzgebung. Die Verordnung über die Beurteilung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft zielt nämlich darauf ab, die jährlichen Stickstoffverluste bis 2030 um mindestens 15 % gegenüber dem Durchschnittswert der Jahre 2014 bis 2016 zu senken. In die LRV werden von 2022 bis 2024 schrittweise Anforderungen aufgenommen, die in diese Richtung gehen. Sie schreiben vor, dass Gülle mit geringen Ammoniakemissionen in die Luft gelagert und ausgebracht werden muss. In der Luft werden die Primärkonzentrationen und auch die Feinstaubkonzentrationen, die aus Ammoniumsalzen bestehen, reduziert. Bei Tierhaltungsanlagen, z. B. Rinderställen, gibt es Reinigungsanlagen für die Abgase von Zwangsbelüftungen. Sie sind vor allem in grossen Viehzuchtbetrieben verbreitet, z. B. mit Hilfe von Biofiltern, Bio- oder Chemowäschern. Die gängigsten Betriebe im Wallis nutzen jedoch vor allem die natürliche Belüftung und verlassen sich kaum auf diese technischen Hilfsmittel.

Die ständige Überwachung der Ammoniakkonzentrationen in der Luft im Wallis beschränkt sich auf die eidgenössische Station Nabel in der Gemeinde Sitten in der Nähe der Autobahn A9. Der Jahresmittelwert dieses Schadstoffs in der Luft betrug $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2021 gemäss dem jüngsten Bericht des vom BAFU unter Vertrag genommenen Beauftragten [4]. Für 2022 wird ein Wert von $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ angekündigt. Dieser Wert überschreitet den

Referenzwert von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für den mittleren kritischen Wert für höhere Pflanzen und im Jahr 2022 die Toleranzgrenze von 2 bis $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der höchste Jahreswert, der in Sitten seit Beginn der Messungen registriert wurde, ist $4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Er wurde in den Jahren 2000 und 2003 erreicht. Bei Moosen und Flechten wurde der kritische Jahreswert von $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den letzten 22 Jahren mindestens 3.5 Mal überschritten.

Übermässige Stickstoffablagerungen schaden empfindlichen Ökosystemen und bedrohen die Artenvielfalt. Es handelt sich um reaktive Stickstoffverbindungen (NO_2 , NO_3^- , HNO_3 , NH_3 , NH_4^+), die zur Eutrophierung (Überdüngung) und Versauerung der Böden führen, die Nitratauswaschung erhöhen und Nährstoffe aus den Böden ausspülen sowie deren Lachgasproduktion (N_2O) steigern. In der Schweiz stammen diese Schadstoffe zu 70 % aus der Landwirtschaft, zu 18 % aus dem Verkehr und zu 9 % aus industriellen und gewerblichen Aktivitäten. Die landwirtschaftlichen Emissionen setzen zwei Drittel des Stickstoffs frei, der in Form von Ammoniak in die Luft abgegeben wird. Er stammt zu fast 90 % aus der Tierhaltung. Das restliche Drittel stammt aus Verbrennungsprozessen und wird in Form von NO_x freigesetzt.

Die Entwicklung der Immissionen der atmosphärischen Stickstoffdeposition wird alle fünf Jahre beurteilt. Im Wallis wurden 2014 und 2019 Kampagnen an einer Station in der Nähe von Visp auf einer Lichtung in einem Nadelwald durchgeführt. Laut dem jüngsten Bericht des Labors, hat [5], lagen die Jahresdurchschnittswerte der gasförmigen NH_3 -Konzentrationen bei 1.6 und dann bei $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Während der kritische Wert für höhere Pflanzen an dieser Stelle nicht überschritten wird, wird er für Moose und Flechten immer überschritten. Allgemeiner betrachtet bestimmen diese Kampagnen die allgemeine Stickstoffablagerung, indem sie seine Verbindungen in reduzierter (Ammoniak), oxidierter (Salpetersäure HNO_3 (g), Stickstoffoxide) und ionischer Form (Ammonium NH_4^+ , Nitrat NO_3^-) erfassen. Zu diesem Zweck werden die Gravitationsdeposition durch feuchten Niederschlag und sedimentierten Staub sowie die gasförmigen Konzentrationen von Ammoniak, Stickstoffdioxid und Salpetersäure in der Luft analysiert. Ein wesentliches Ziel der Studie ist die Bestimmung der Stickstoffbelastung des empfindlichen Ökosystems in dieser Region im Hinblick auf die entsprechenden kritischen

Belastungen (CLN, critical loads for nitrogen). Der nicht zu überschreitende Bereich reicht von 5 bis 15 kg N-ha⁻¹ -a⁻¹ (kg pro Hektar und Jahr) für den umliegenden Nadelwald. 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. Dieser Überschuss ist zu fast 52 % auf die Konzentrationen von gasförmigem Ammoniak in der Luft zurückzuführen. Dieser Schadstoff ist auch in Bezug auf die Stickstoffbelastung der grösste Hauptschadstoff. Die für 2024 geplante Kampagne in Les Rigoles wird die entsprechende Situation im Chablais des Unterwallis aufzeigen, die für sein Ökosystem spezifisch ist.

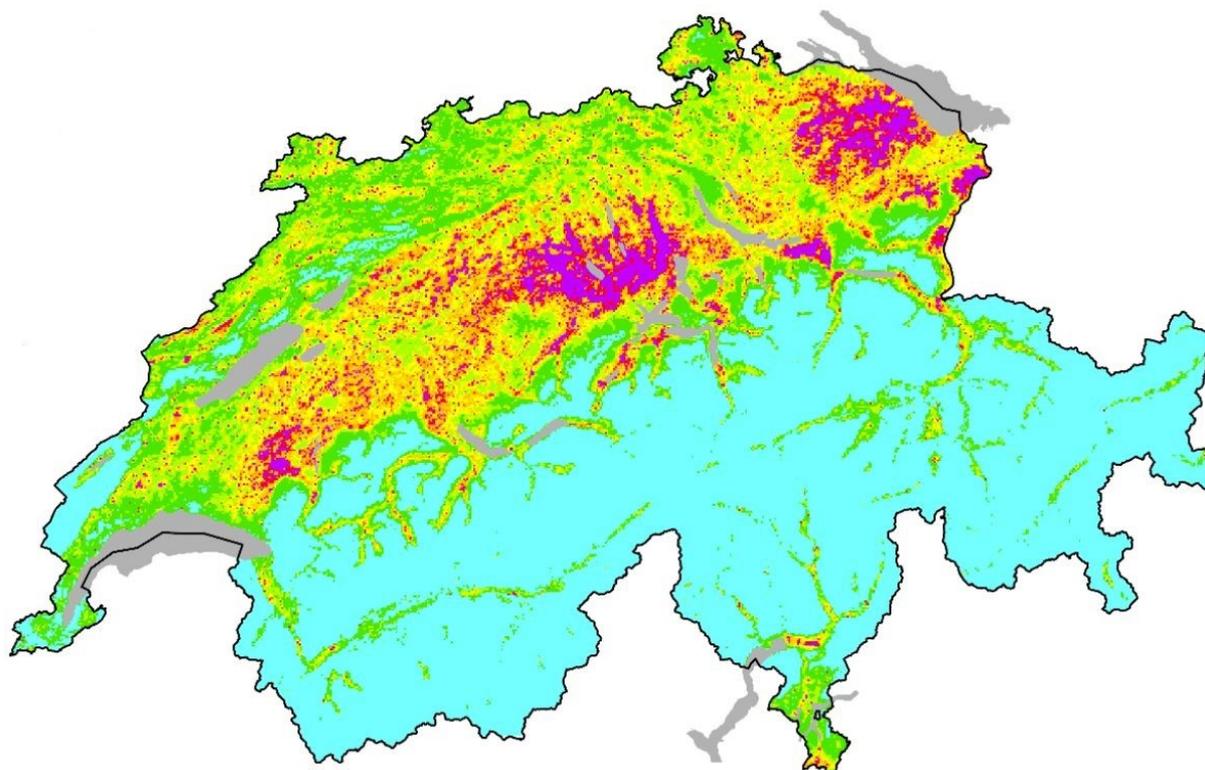
9.4. Immissionsstatus

9.3.1. KRITISCHE WERTE

Der Bund erstellt Karten für die kantonalen Behörden, damit diese ihre besonderen Situationen einschätzen können. Die jüngste Aktualisierung ist für 2020. Die Karte über die durchschnittlichen jährlichen Ammoniakkonzentrationen 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 von 2000 bis 2006, 2009, 2011, 2015 und 2022 diesen Wert überschritten haben. Für die Situation im Jahr 2020 zeigt die Karte die wenigen kritischen Gebiete, in denen die 4 µg/m³ noch überschritten werden, in der Rhoneebene des Unterwallis und im Oberwallis von Brig bis Gampel, sowie in den höheren Lagen des Val de Bagnes und des Entremont.

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



Quelle : Bundesamt für Umwelt

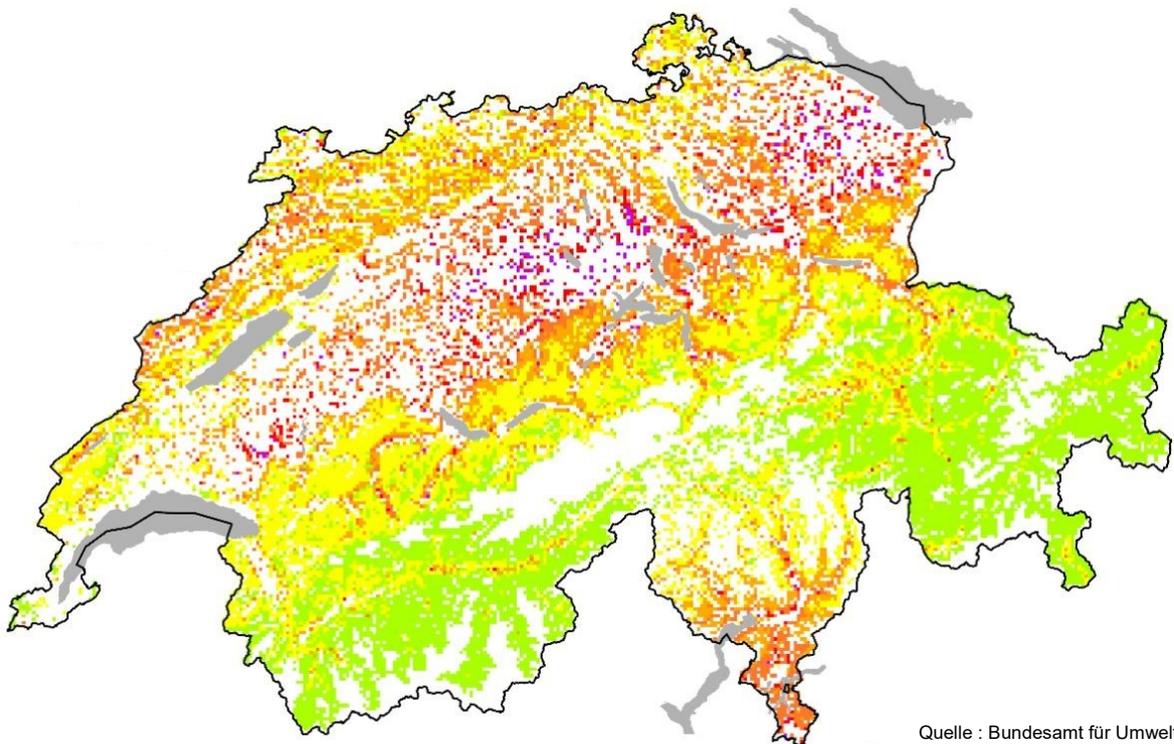
≤ 1µg/m³
 1.1 - 2.0
 2.1 - 3.0
 3.1 - 4.0
 4.1 - 5.0
 5.1 - 6.0
 > 6.0

9.3.2. KRITISCHE BELASTUNGEN

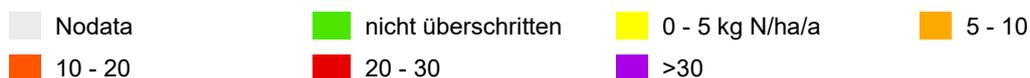
Die Karte von 2020 betreffend die Überschreitung der kritischen Belastungen für die Deposition von reaktivem Stickstoff betrifft auch das Wallis. Die Ablagerungen werden anhand von Modellrechnungen aus den Bestimmungen von gasförmigem Ammoniak und Stickoxiden sowie anderen Stickstoffverbindungen in Form von feuchter und trockener Deposition berechnet. Die Karte gilt für sechs Arten empfindlicher Ökosysteme auf einem Raster von 1 × 1 km. Stickstoffüberschüsse treten auch im Kanton punktuell auf (Abbildung 27, gelbe, vor allem aber orange und rote Punkte). Sie kommen vor allem in der Rhoneebene vor und seltener in

einigen Seitentälern wie dem Val de Bagnes oder dem Val d'Illiez. Die Liste der gefährdeten Ökosysteme ist lang: Wälder, Flach- und Hochmoore, Wiesen, Rasenflächen, Teich- und Seeufer. Obwohl im Wallis keine intensive Viehzucht betrieben wird, sind die Ammoniakemissionen der landwirtschaftlichen Nutztiere in die Luft die Hauptursache für diesen Befund. Die Vitalität der Bäume und ihr Wachstum werden dort geschwächt, wo die Belastung 30 kg N-ha⁻¹ -a⁻¹ überschreitet. Dieser Grenzwert wird auf fast 90 % der Schweizer Waldfläche überschritten.

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



Quelle : Bundesamt für Umwelt



Die 2014 in Visp festgestellten Überschreitungen stammten zu 51 % aus gasförmigem Ammoniak, zu 25 % aus gasförmigem NO₂ und zu 10 % aus gravitativen Ablagerungen von Ammoniumverbindungen (NH₄⁺) und aus Nitrat (NO₃⁻). Bei der vom Kanton finanzierten Kampagne von 2019 stammten die Überschüsse zu 53 % aus gasförmigem Ammoniak, zu 15 % aus gasförmigem NO₂ und zu 15 % aus gravitativen Ablagerungen von

Ammoniumverbindungen (NH₄⁺) und Nitrat (NO₃⁻). Der Rest setzt sich aus verschiedenen nassen Ablagerungen von Salpetersäure, Nitrat- und Ammoniumverbindungen zusammen. 5 Jahre später ist der Beitrag von gasförmigem NO₂ stark zurückgegangen. Der Anteil der Schwerkraftablagerungen ist gestiegen, insbesondere der Anteil von Ammonium, der von 4.6 % im Jahr 2014 auf 7.7 % im Jahr 2019 ansteigt. Die

Rückgänge bei NH_3 und NO_2 gasförmig betragen in diesen beiden Jahren 9 % bzw. 41 %. Die in diesem Bericht dokumentierte deutliche Verbesserung der Stickstoffdioxid-Immissionen reicht immer noch nicht aus, um eine übermässige Stickstoffbelastung zu vermeiden.

Problematische Stickstoffemissionen betreffen darüber hinaus das [Distickstoffoxid](#) (N_2O , Distickstoffmonoxid). Es stellt im Wesentlichen ein

starkes Treibhausgas (THG) dar. Es macht etwa 6 % der in der Schweiz emittierten Treibhausgase aus und ist zu zwei Dritteln das Ergebnis landwirtschaftlicher Aktivitäten durch Düngpraktiken und die Nutzung von Hofdüngern. Der Anteil scheint bescheiden. Wenn man bedenkt, dass 1 kg N_2O 298 kg CO_2 -Äquivalent entspricht und seine Lebensdauer in der Atmosphäre etwa 120 Jahre beträgt, gehört sein Beitrag zur globalen Erwärmung jedoch zu den wichtigsten.

10. GROBSTAUBNIEDERSCHLAG

10.1. Steckbrief

Bei der monatlichen Messung des Grobstaubniederschlags wird der gesamte trockene und feuchte Staubniederschlag mithilfe einer dauerhaft aufgestellten Box gesammelt. Im Gegensatz zu PM10 ist Grobstaub zu gross, um lange in der Luft zu bleiben. Wenn keine starken Winde mit weniger als etwa 15 km/h wehen, haben Partikel mit einem Durchmesser von mehr als 0.1 mm eine Fallstrecke von höchstens 30 m bei bodennahen Freisetzungen. Neben dem Gesamtstaubgehalt werden auch die Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink analysiert.

Der Wind, der das Gestein abträgt, Luftturbulenzen, die den Staub vom Boden aufwirbeln und wieder in die Atmosphäre befördern, sowie Bau- und Erdbewegungsarbeiten sind allesamt Quellen für Staubemissionen. Die Wetterbedingungen haben einen starken Einfluss auf den Staubniederschlag: Regen hält ihn am Boden fest, Trockenheit hält ihn aufrecht. Im Wallis steigen die Konzentrationen des Staubniederschlags typischerweise im Frühjahr an. Im Jahr 2022 waren die höchsten Werte von April bis August zu verzeichnen (siehe Tabellen mit den monatlichen Ergebnissen in Anhang 3). Im Zusammenhang mit dem Saharasand wurden bereits im März hohe Werte beobachtet. Eggerberg verzeichnete in diesem Monat einen aussergewöhnlich hohen Wert von 874 mg/(m² × d). Die Werte hängen manchmal von sehr lokalen Ereignissen ab und haben viele Störfaktoren (Insekten, Fliegen, Blätter usw.).

Die im Staub enthaltenen giftigen Schwermetalle wie Blei, Cadmium oder Zink können in die Nahrungskette gelangen (Pilze, Gemüse usw.). Die Analyse dieser Schadstoffe im Labor erfolgt jährlich anhand der monatlichen Probenahmen. Grosse Ablagerungen von Schwermetallen können in der Nähe von metallverarbeitenden Industrien beobachtet werden. Im Wallis konzentriert sich die Überwachung jedoch auf die Einhaltung der Emissionsbegrenzungen gemäss der LRV an der Quelle.



Bergerhoff-Gerät für die Staubniederschlagsmessung

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

10.2. Ergebnisse 2022

Alle Resival-Standorte hielten den Grenzwert für den Grobstaubniederschlag, ausgedrückt in Milligramm pro Quadratmeter und Tag, ein (Tabelle 8). Der höchste jährliche Depositionsfluss wurde mit $153 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ an der Station in einer ländlichen Region in der Ebene gemessen, was 24 % unter dem Grenzwert von $200 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ liegt. Zwei höher gelegene Stationen, Eggerberg und Les Giettes, hatten ein ziemlich belastetes Jahr, vor allem wegen der sehr hohen Werte im März und Juli, die 4.4-mal bzw. 2.1-mal über dem Jahresgrenzwert lagen. Diese Monate waren im Wallis trocken und niederschlagsarm. Diese Bedingungen begünstigen einen hohen Staubgehalt in der Luft. Da sie grobkörnig sind, können sie sich leicht ablagern, wobei die lokale Abweichung auch von den nahegelegenen Quellen abhängt. Im März und im Fall von Saharasand werden die Gebiete, in denen sie sich hauptsächlich ablagern, durch die Trajektorien der transkontinentalen Einträge, die manchmal spezifisch sind und beispielsweise nur den östlichen Teil des Wallis betreffen, sowie durch das Relief und die Strömungen der Luftmassen, die zwischen hohen und niedrigen Höhenlagen aufgewirbelt werden, bestimmt. Im Jahr 2022 liegen die anderen Jahreswerte für den Staubniederschlag

alle um mindestens 50 % unter den Grenzwerten und bezeichnen ein niedriges Verschmutzungsniveau, ausser in Saxon, wo es signifikant ist.

Die jährlichen Mengen der im Staubniederschlag enthaltenen Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink, ausgedrückt in Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag, halten die Jahresgrenzwerte deutlich ein (Tabelle 8). Der maximale Depositionsfluss von Blei wurde in Saxon mit $5 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ gemessen, was 95 % unter dem Grenzwert liegt. Mit Ausnahme von Les Giettes lagen die Ergebnisse für Cadmium und Zink alle um mehr als das Zehnfache unter dem Grenzwert.

Die Jahresbelastung mit Schwermetallen ist 2022 im gesamten Kanton wieder niedrig. Im Jahr 2021 überschritt der Wert von Les Giettes für Cadmium, ein Metall, das in der LRV in lungengängiger Form als krebserregend eingestuft ist, die Jahresgrenze. Im Jahr 2022 war die Situation an dieser Messstation wieder konform, obwohl der Wert für dieses Metall am höchsten war. Seit 2017 ist Les Giettes immer der Ort mit der höchsten Cadmiumbelastung unter den Resival-Standorten, ausser im Jahr 2020, als er nach Montana an zweiter Stelle stand.

TABELLE 8 - GROBSTAUBNIEDERSCHLAG UND METALLGEHALT , IM JAHRESDURCHSCHNITT 2022

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	101	1.2	0.41	15
	Eggerberg	142	1.4	0.05	15
	Montana	66	1.4	0.00	19
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	153	5.0	0.14	30
STADTZENTRUM	Sitten	62	1.9	0.00	29
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	89	1.7	0.05	20
	Brigerbad	41	0.9	0.00	12
LRV-NORM		200	100	2	400

10.3. Entwicklung der Immissionen

Seit 1995 hat der Grobstaubniederschlag immer die Anforderungen der LRV erfüllt, mit Ausnahme des Jahres 2019 in ländlichen Gebieten (Abbildung 28). Die Schwankungen der Wetterbedingungen und der Intensität der Quellen von Jahr zu Jahr und von Ort zu Ort erklären die recht hohe Variabilität der Ergebnisse. Zufällige Störfaktoren durch Fremdkörperkontaminationen (Insekten, Fliegen, Bienen,

Blätter, Kot usw.) tragen ebenfalls zu diesem Verhalten bei. Diese Verfälschungen werden korrigiert, indem sie im Analyseprozess so weit wie möglich aus den Proben entfernt werden. Manchmal ist es trotz eines strengen Protokolls schwierig, sie systematisch zu entfernen.

Mit Ausnahme der städtischen Gebiete schwanken die jährlichen Ablagerungsflüsse gewöhnlich um $100 \text{ mg}/(\text{m}^2 \times \text{d})$. Höhere Werte mit Spitzenwerten, die sich dem Grenzwert annähern, wurden 2007 und 2013 in Sitten beobachtet. Im Jahr 2019 wurde der Grenzwert in Saxon überschritten. Lokale Quellen tragen zu diesen Ausnahmen bei: Baustellen einschliesslich ihrer mobilen Maschinen, Arbeiten in der Landwirtschaft und im Obstanbau, allgemeiner Verkehr von Betrieben. Was den Trend im Zeitraum 2012 bis 2022 betrifft, so weisen die ländlichen

Regionen einen Anstieg auf, der in der Höhe sehr moderat, in der Ebene jedoch deutlich ausfällt. In städtischen Zentren und in der Nähe von Industriegebieten ist dagegen ein starker Rückgang zu verzeichnen. Die Orientierungen dieser Trends über die vorhergehenden 11 Jahre existieren seit 2019 (d. h. seit 2009-2019). Die Anstiege in der Hintergrundluft in ländlichen Gebieten könnten durch die Auswirkungen der globalen Erwärmung begünstigt werden, die von 2010 bis 2020 einen zweiten Hitzeschub erlebte.

ABBILDUNG 28 - STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2022 REGIONALE MITTELWERTE

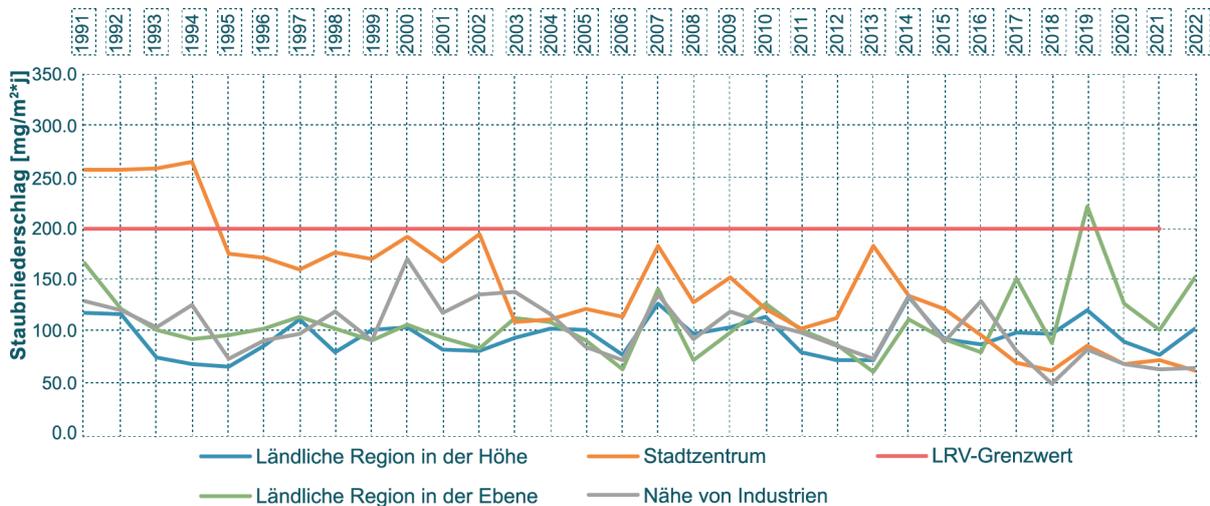


Abbildung 29 zeigt die Entwicklung der jährlichen Werte für Blei im Grobstaubniederschlag. Seit 2001 weisen die Ergebnisse von Resival regelmässig sehr niedrige Werte auf, ausser in den Jahren 2017 und 2021. Im Jahr 2017 stiegen die Werte in Stadtzentren und in ländlichen Regionen in der Höhe vorübergehend an und erreichten in der Höhe den Höchststand seit Beginn der Messungen. Im Jahr 2021 war in allen Regionen ein Anstieg zu verzeichnen. In den Regionen in Industrienähe und in den ländlichen Regionen in der Ebene wurde in diesem Jahr der höchste Wert seit 1991 erreicht. 2022 wurden hingegen Rekord-Tiefstwerte erzielt. Die Ablagerungsströme in Industrienähe, in ländlichen Regionen in der Höhe und in Stadtzentren sind die niedrigsten seit Beginn der Messungen. Sie

liegen alle unterhalb von $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$. Nur bei der Station Saxon in ländlicher Region in der Ebene wird dieser Wert mit $5 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ überstiegen, wobei auch dies noch 95 % unterhalb des Grenzwertes liegt. Die Bleibelastung wird seit 1992 als gering eingestuft. Die bedeutendste Entwicklung bleibt der starke Rückgang des Bleigehalts im Staub, der in Stadtzentren von 1991 bis 2001 zu beobachten war (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 2022, REGIONALE MITTELWERTE

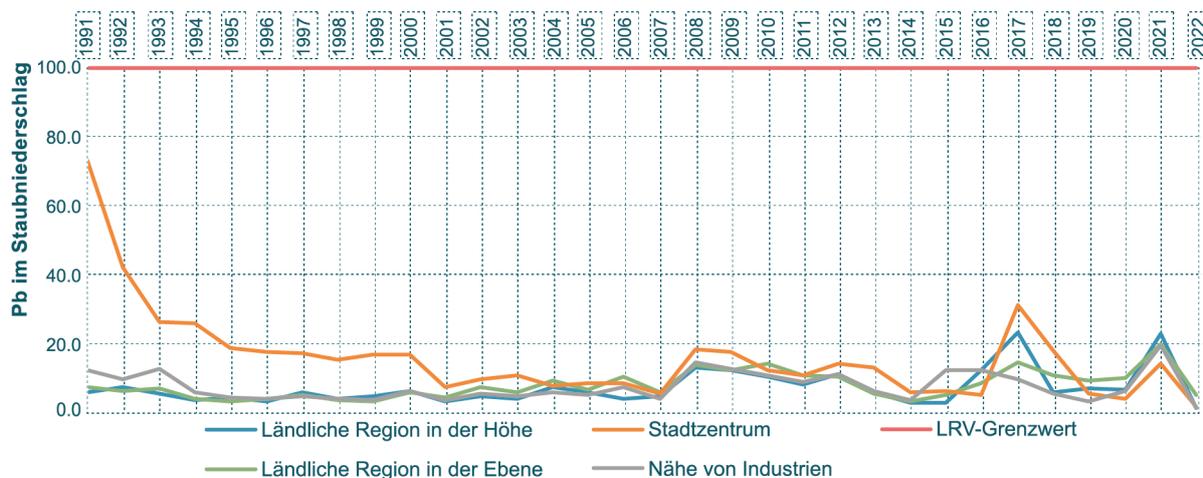
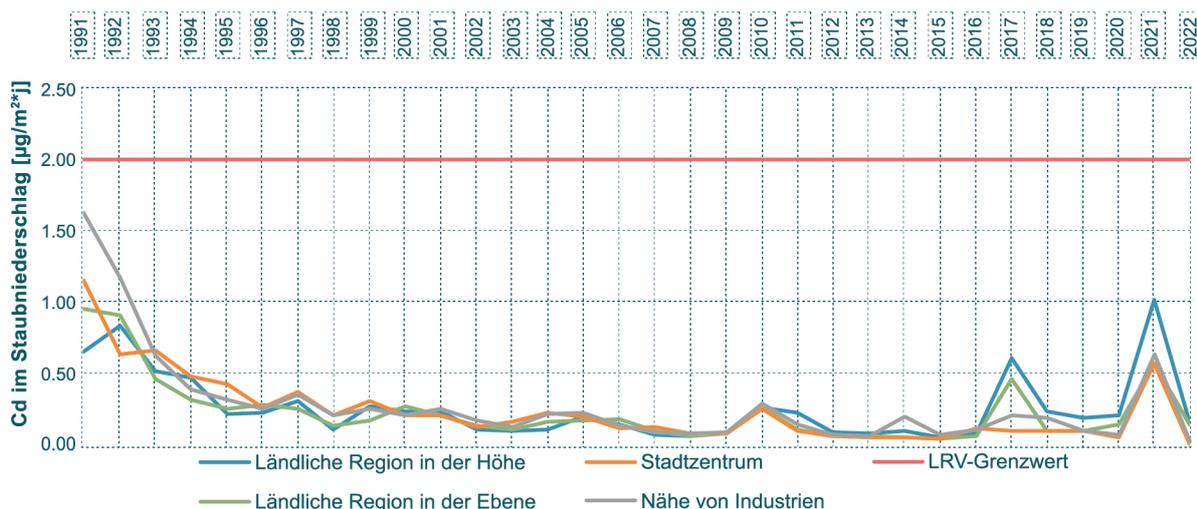


Abbildung 30 zeigt den Verlauf der jährlichen Cadmium-Werte [Cadmium](#) im Staubniederschlag. Wie bei Blei sind die seit 2001 gemessenen Werte in der Regel sehr niedrig. Die Belastung, die unter 50 % der LRV-Begrenzung von $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ liegt, ist seit 1993 niedrig, ausser 2021 in ländlichen Regionen mit dem aussergewöhnlichen Wert von Les Giettes. Die Ergebnisse von 2015 bleiben die niedrigsten für ländliche Gebiete. Das Jahr 2022 bietet die niedrigsten Werte in Stadtzentren und in der Nähe von Industriegebieten. An den Stationen Sitten und Brigerbad waren die so niedrig, dass ihre

Bestimmungen unterhalb der Bestimmungsgrenze lagen. Dasselbe gilt für die Station Montana. Die Messungen in Les Giettes und Eggerberg reichten jedoch aus, um die analytische Schwelle für die hochgelegene ländliche Region zu überschreiten.

Seit 1991 ist die Cadmiumbelastung im Staub im Allgemeinen stark zurückgegangen, was vor allem auf die Einführung von Rauchgasreinigungsanlagen, z. B. bei Abfallverbrennungsanlagen, und die Eliminierung dieses Metalls aus vielen Produkten zurückzuführen ist.

ABBILDUNG 30 - CADMIUM IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2022, REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE



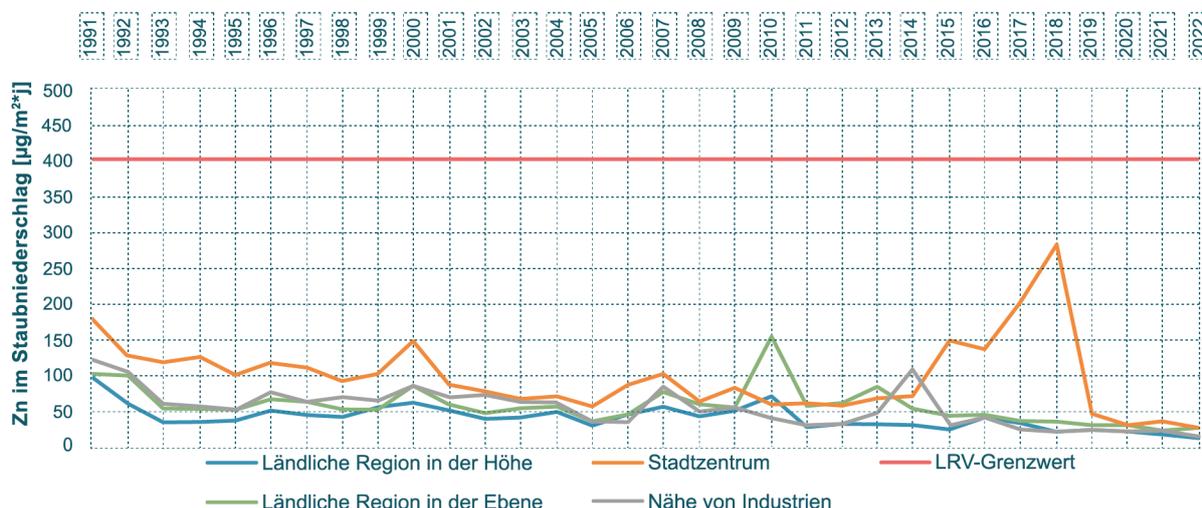
Bis 2014 stagnierten die Werten von Zink, zeigten aber insgesamt einen leichten Rückgang. Dieser Trend setzte sich fort, ausser im Stadtzentrum, wo 2015 ein deutlicher Anstieg einsetzte (Abbildung 31).

Er erreichte 2018 mit $293 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ seinen Höhepunkt, der höchste beobachtete Wert seit Beginn der Messungen. 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 dem neuen Standort war der Sensor an einem Metallzaun angebracht. Solche Maschendrahtzäune enthalten typischerweise Zink, das ihre Lebensdauer verlängert. Metallpartikel konnten sich davon lösen, in der Luft aufgewirbelt werden und in den nahe gelegenen Sammler zurückfallen. Um diesen allzu spezifischen Einfluss zu vermeiden, wurde der Sammeltopf im Februar 2019 an einen anderen Ort verlegt. Er wurde weiter vom Drahtgeflecht entfernt. 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 im Jahr 2022 verzeichnet, ausser in der ländlichen Region in der Ebene, wo dies 2021 der Fall war. Angesichts der toxischen Wirkung von Zink in hohen Konzentrationen und seiner schädlichen Wirkung auf Pflanzen, insbesondere auf solche, die die Stadt mit ihrer Vegetation schmücken, ist diese Entwicklung erfreulich. Mit Ausnahme der Jahre 2017 und 2018, in denen die Ergebnisse der Station Sitten spezifisch waren, war die Zink-Belastung im Staubbiederschlag immer niedrig.

ABBILDUNG 31 - Zink in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2022, REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE



11. FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN – VOC

11.1. Steckbrief

Flüchtige organische Verbindungen (VOC) sind eine grosse Familie von organischen Molekülen, die alle Kohlenstoff enthalten. Die einfachsten sind die Kohlenwasserstoffe, die ausschliesslich aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen. Andere, wie z. B. Aldehyde und Ketone, enthalten Sauerstoff und wieder andere Chlor oder Fluor, Halogene wie das krebserregende Trichlorethylen und das krebserregende Perchlorethylen oder F134a, ein Kühlmittel, Bestandteil von Isolierstoffen und ein Treibhausgas gemäss dem Kyoto-Protokoll.

Diese Moleküle stammen insbesondere aus Kraft- und Brennstoffen, Lösungsmitteln, Farben, Fleckenentfernern, Klebstoffen oder Kosmetika, aber auch aus natürlichen Quellen wie Wäldern und Wiesen. Im Wallis sind die natürlichen Quellen für rund 81 % der NMVOC-Emissionen verantwortlich, die sich im Jahr 2021 auf insgesamt 12'423 Tonnen belaufen (Abbildung 32). VOC natürlichen Ursprungs sind nicht schädlich, während VOC, die durch menschliche Aktivitäten verursacht werden, gesundheitsschädliche Auswirkungen haben. Dagegen sind alle VOC an der Bildung von Ozon und Feinstaub durch sekundäre organische Aerosole beteiligt. Andere NMVOC-Quellen sind hauptsächlich, mit 11 % der jährlichen Emissionen, Haushalts- und Baulösemittel, die insbesondere für Beschichtungen verwendet werden.

Aromatische Verbindungen wie Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol-Isomere (BTEX) sind in der Umgebungsluft zu finden. Sie sind in Motorenbenzin enthalten. Benzol besitzt krebserregende Eigenschaften. Im Jahr 2000 wurde sein Höchstgehalt in Benzin von 5 auf 1 % gesenkt. Es wird bei der unvollständigen Verbrennung von Brenn- und Kraftstoffen freigesetzt. Es entsteht auch im Verbrennungsprozess von Wärmemotoren.

VOC – QUALITÉ DE L’AIR EN UN CLIN D’ŒIL

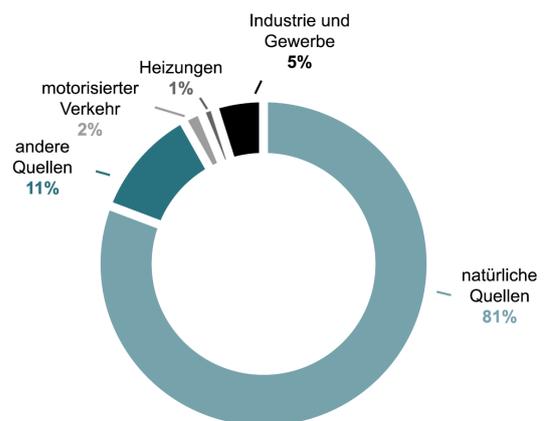
STADTZENTRUM	mittel
NÄHE VON INDUSTRIEN	mittel

Die Messung von VOCs erfolgt mithilfe hochentwickelter analytischer Geräte. Die Trennung erfolgt durch Gaschromatographie an Kapillarsäulen und ihre Bestimmung durch Photoionisations- (PID) oder Flammenionisations-detektoren (FID).



Bei Umschlag und Lagerung von Treibstoffen gelangen jährlich Dutzende von Tonnen Benzol in die Luft.

ABBILDUNG 32 - NMVOC-Emissionen (VOC ausser Methan) im 2021



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)

11.2. Ergebnisse 2022 und Entwicklung der Immissionen

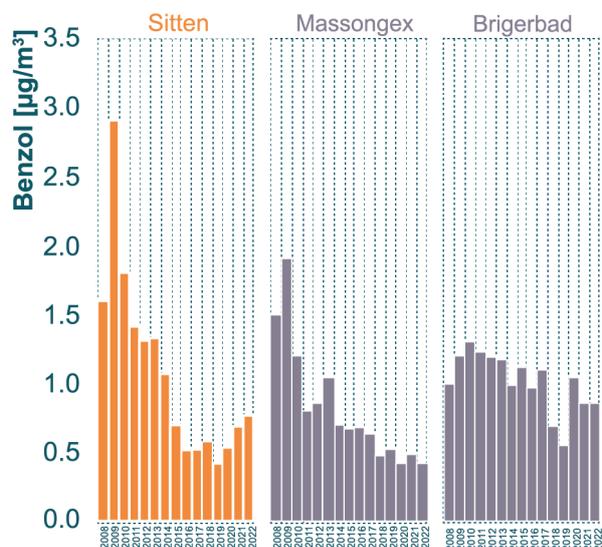
Benzol gehört zu den krebserregenden und genotoxischen Luftschadstoffen, für die es keinen Schwellenwert gibt, unter welchem keine Gesundheitsgefahr besteht. Die LRV legt keine Immissionsgrenzwerte fest. Ihr Grundsatz besagt, dass die Emissionen krebserzeugender Stoffe unabhängig von der durch sie verursachten schädlichen Belastung so weit zu begrenzen sind, wie dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Anhang 1 Ziff. 8 LRV). Die

Hauptquellen für Benzol sind der Strassenverkehr, Verbrennungsprozesse in Heizungen, die Verdampfung von Erdölprodukten an Tankstellen und in Lagerhäusern. Auf einer eher individuellen Ebene wird es durch Tabakrauch freigesetzt. Bis zu 5 % der Benzolemissionen sind natürlichen Ursprungs. Die Europäische Union hat einen jährlichen Richtgrenzwert von 5 µg/m³ (Richtlinie 2000/69/EG) festgelegt. Der WHO-Referenzwert (RL) liegt bei 1.7 µg/m³ im Jahresdurchschnitt.

TABELLE 9 – BENZOL UND TOLUOL, ERGEBNISSE 2022

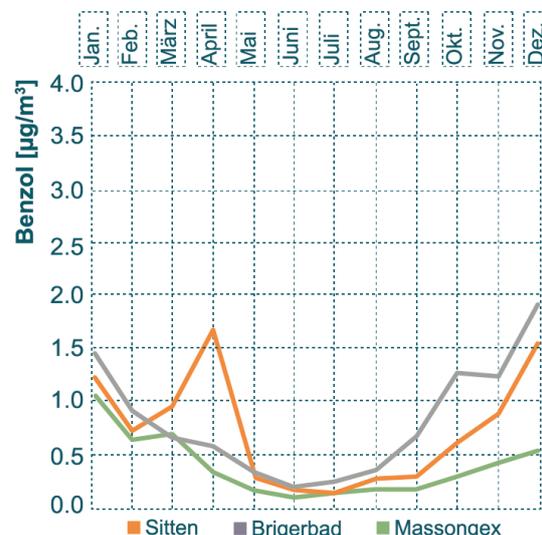
Regionen	Stationen	Benzol		Toluol	
		Jahresmittel [µg/m ³]	Tagehöchstwert [µg/m ³]	Jahresmittel [µg/m ³]	Tagehöchstwert [µg/m ³]
STADTZENTRUM	Sitten	0.77	19	3.1	25
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	0.42	1.8	2.1	10
	Brigerbad	0.86	8.9	3.3	15
	Baltschieder	1.8	25	6.0	32

ABBILDUNG 33 - BENZOL, JAHRESMITTEL



Die von Resival in Sitten, Massongex und Brigerbad gemessenen jährlichen Benzolwerte, die in Tabelle 9 dargestellt sind, liegen weit unter dem EU-Grenzwert. Sie liegen auch weit klar unter dem RL-Wert der WHO. Die mobile Station in Baltschieder ist eine Ausnahme. Sie ist offiziell nicht Teil von Resival. Sie ist jedoch in Betrieb, um die Luftqualität im Flachland in der Region Visp, die einen wichtigen Industriestandort umfasst, besser zu charakterisieren. Obwohl sie mit dem gleichen analytischen Material ausgestattet ist wie die

ABBILDUNG 34 - BENZOL, MONATSMITTEL 2022



Resival-Stationen, liefert sie deutlich andere Ergebnisse für VOCs. In Baltschieder wird der WHO-RL-Wert überschritten. Gemäss seiner Definition liegt das Risiko, aufgrund des Benzolgehalts in der Luft an dieser Messstelle an Krebs zu erkranken, bei mehr als einem Fall auf 100'000 Personen. An den anderen Messstellen ist es geringer, 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 in dieser Hinsicht riskanter. Abbildung 33

zeigt die Entwicklung der letzten 15 Jahre. Seit Beginn der Messungen im Jahr 2008 zeigten die jährlichen Benzolwerte in Sitten und Massongex einen deutlichen Abwärtstrend. In der Hauptstadt Sitten ist seit 2019 ein Wiederanstieg zu beobachten. Sowohl 2022 als auch 2020 ist der Wert von $0.42 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der Station Massongex der niedrigste seit Beginn der Messungen. In Brigerbad ist der Rückgang ausser in den Jahren 2018 und 2019 mit den Tiefstwerten von $0.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ und $0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ viel bescheidener. Während im französischsprachigen Wallis die Luftqualität in Bezug auf die Benzolbelastung eine anhaltende Verbesserung erfährt, ist diese im Oberwallis kaum vorhanden. Die tiefsten Monatswerte finden sich im Sommerhalbjahr von April bis September (Abbildung 34). In der kalten Jahreszeit mit ihren Kaltluftseen sind die Schadstoffe aufgrund der im Allgemeinen weniger starken Luftumwälzung stärker konzentriert. Die starke Frühjahrs Spitze in Sitten ist auf zwei Tage mit sehr hohen Werten am 28. und 29. April zurückzuführen. Die Tagesmittelwerte für Benzol lagen damals bei 16 und $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Es ist anzumerken, dass vom 28. bis 30. April die Ethylbenzolwerte zwischen 60 und $134 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einem Jahresdurchschnitt von $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ebenfalls ungewöhnlich hoch waren. In diesem Zeitraum fanden Malerarbeiten an der Aussenseite der Messkabine statt. Der starke Anstieg der Werte dieser aromatischen VOCs könnte von den verwendeten Lösungsmitteln herrühren.

Im Jahr 2022 überschritten Tageswerte für Benzol den europäischen Jahresgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Tabelle 9). Diese Tage werden als kritisch bezeichnet, da die Immissionswerte zu einer Überschreitung des Grenzwertes führen, wenn sie über einen längeren Zeitraum anhalten. Brigerbad erlebte 5, Sitten 3 und die mobile Station in Baltschieder 29 solcher Tage. Der WHO-RL-Wert für den Jahresdurchschnitt wurde 2022 in Baltschieder

an 92 Tagen, in Brigerbad an 47 Tagen, in Sitten an 27 Tagen und in Massongex an einem Tag überschritten. An den beiden Stationen im Oberwallis in der Nähe von Visp mit seinem Chemiestandort und konzentriertem Strassenverkehr wurde 2022 an 38 Tagen gleichzeitig der RL-Wert überschritten. Aus Abbildung 34 geht hervor, dass sie hauptsächlich in der kalten Jahreszeit im ersten und vierten Quartal auftreten, wenn die Luftmassen ruhiger sind. Die relativen Intensitäten der Benzolspitzenwerte sind im Jahresverlauf recht uneinheitlich. Die charakteristischste Station in dieser Hinsicht ist Baltschieder, wie in Abbildung 35 dargestellt.

Abgesehen von den beiden oben beschriebenen Apriltagen in Sitten wurde der Tageszielwert von $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der laut der DUW nicht überschritten werden darf, auch an 4 Tagen an der mobilen Station in Baltschieder erreicht. Dies war am 5., 28. und 29. Oktober sowie am 8. Dezember 2022. Die folgende Abbildung 35 zeigt diese aussergewöhnlichen Benzolwerte. Eine umfassende Studie anhand der Immissionsdaten in Stundenwerten der Jahre 2018 und 2019 in Brigerbad, die durch die Daten von Baltschieder im Jahr 2019 ergänzt wurden, untersuchte mögliche Zusammenhänge zwischen den Ableitungen grösserer Industrieanlagen in Visp und den Ergebnissen dieser beiden Messstationen. Sie kommt zu dem Schluss, dass es in der Regel und in der überwiegenden Mehrheit der Fälle keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Emissionen der Grossindustrie und den registrierten Immissionen gibt. Die einzige identifizierte Ausnahme betrifft einen Vorfall am 18. Februar 2019. Diese Beobachtungen deuten darauf hin, dass die Quellen und Bedingungen, die die Spitzenwerte über $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Abbildung 35 verursachen, komplex sind. Direkte und lineare Ursache-Wirkungs-Beziehungen sind in der Regel nicht möglich.

ABBILDUNG 35 - TAGESWERTE VON BENZOL IM JAHR 2022 BEI DEN 4 STATIONEN IN DER EBENE

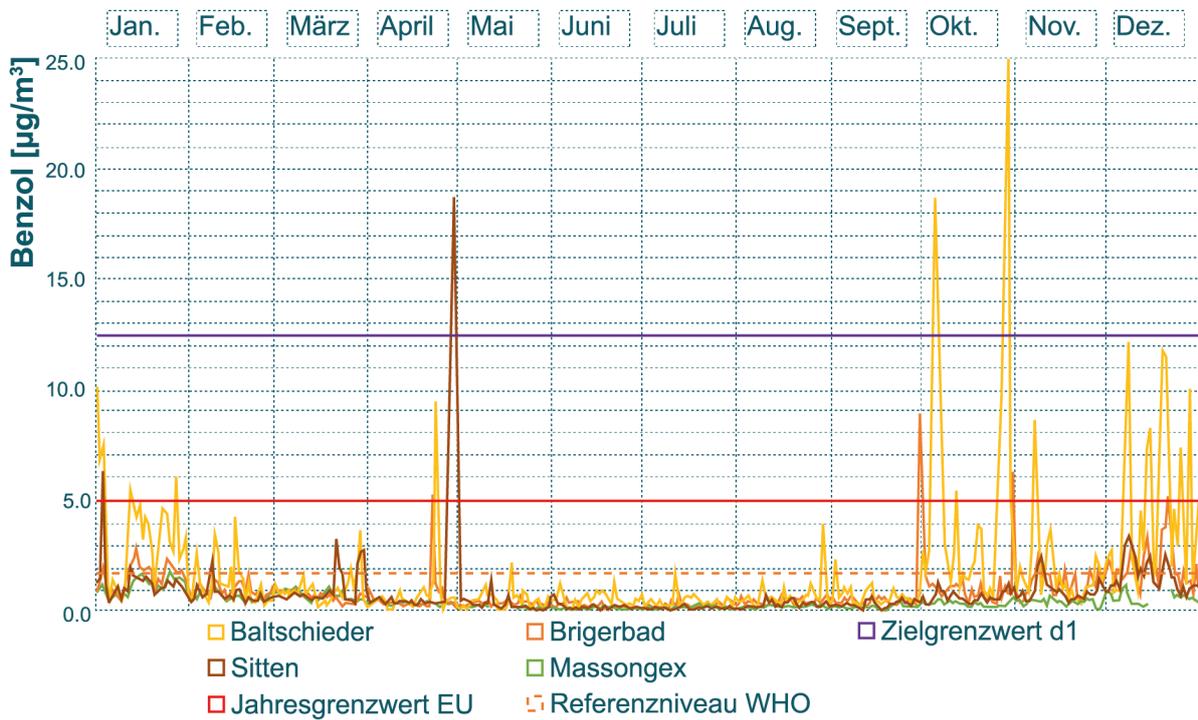
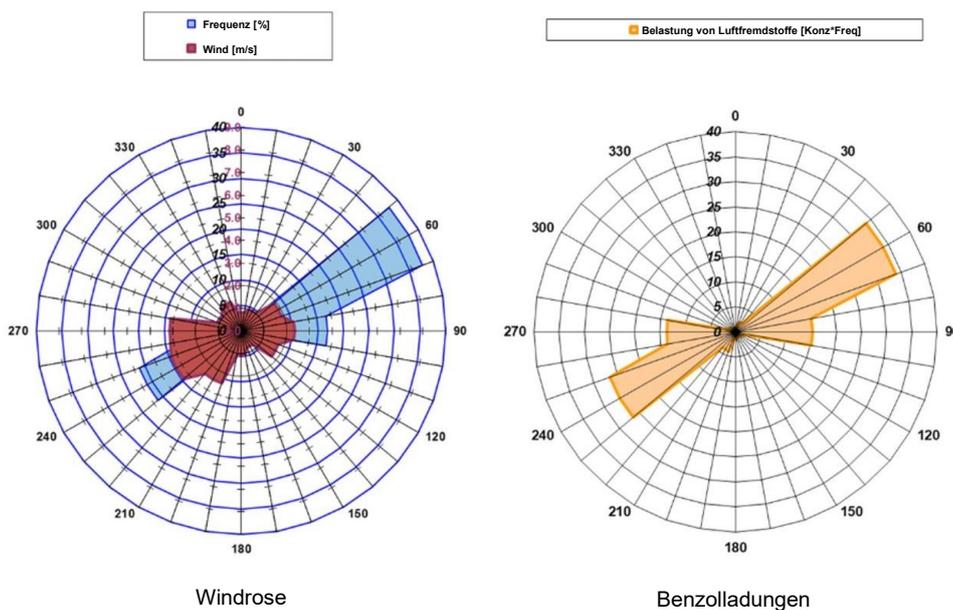


Abbildung 36 zeigt, dass es im Jahr 2022 viel häufiger aus Osten wehte, wenn Benzol ausserhalb der Intervalle von sehr schwachem oder keinem Wind (< 0.5 m/s) bestimmt wurde. Die lokale Meteorologie kennt regelmässig Föhnepisoden, die sich aufgrund der Kanalisierung der Luft im Haupttal in einem Ostwind in der Ebene niederschlagen. Thermische Brisen, 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 hinunter. Der Messort Brigerbad bestimmt die Verschmutzung überwiegend im Ostwind. Dort befinden sich Stauseen, eine Müllverbrennungsanlage und der regionale Strassenverkehr von Brig nach Visp. Die Station wird häufiger von den Emissionen aus Visp und seinen Industrien verdeckt, da der Wind diese von der Station wegbläst.

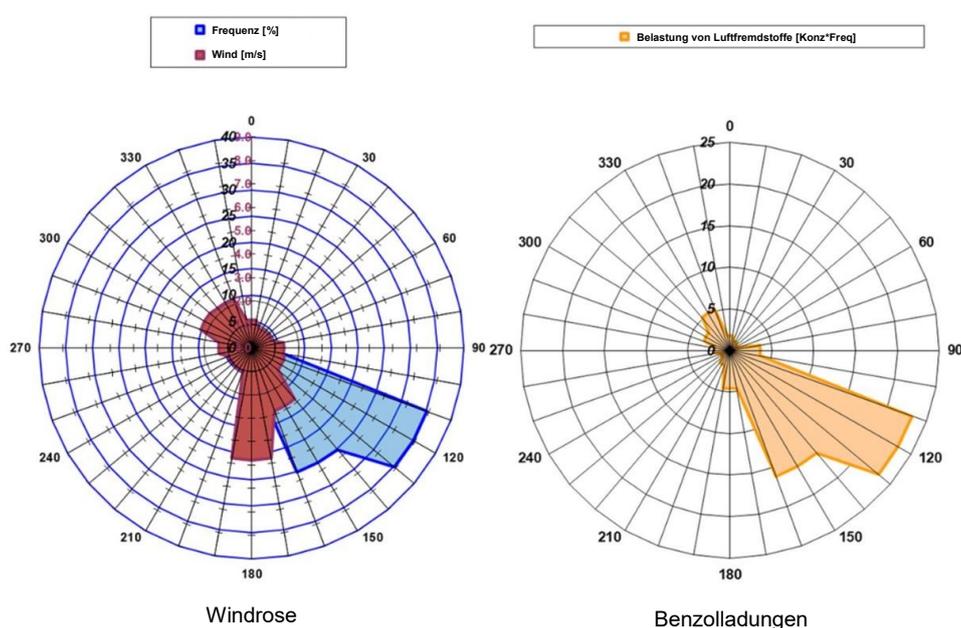
ABBILDUNG 36 – BENZOL-IMMISSIONEN AN DER STATION BRIGERBAD IM JAHR 2022 (90° = OST, 270° = WEST)



Die Station Massongex, die sich in der Nähe des Chemiestandorts im Norden liegt ebenfalls weniger häufig im Lee der industriellen Quellen, deren Verschmutzung sie bestimmen will. Die Windrose für diese Station (Abbildung 37) zeigt, dass es häufiger aus dem südlichen Sektor wehte, wenn Benzol ausserhalb der unbedeutenden Windintervalle bestimmt wurde. Dieser Ort befindet sich auch in einem Föhntal. Er durchzieht es von Süden nach Norden. In diesem Fall wird die Verschmutzung überwiegend durch das Gebiet ohne Grossindustrie charakterisiert. Dasselbe gilt für die Bergbrisen, die

durch den Gravitationsschub in Richtung See gleiten. Umgekehrt lenken die Talbrisen die Verschmutzung durch die Industrie in Richtung des Ferienortes. Sie werden durch die Erwärmung des Bodens induziert, der einer beträchtlichen Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Die Luftpartikel, die mit dem Boden in Berührung kommen, dehnen sich aus und werden leichter, was sie dazu veranlasst, das Tal hinaufzusteigen. In einem Jahr sind Aufwärtswinde normalerweise seltener als Abwärtswinde. Die Windrose in Abbildung 37 verdeutlicht dies.

ABBILDUNG 37 - BENZOL-IMMISSIONEN AN DER STATION MASSONGEX IM JAHR 2022 (0° = NORD, 180° = SÜD)



Für die Immissionen von Toluol ist kein Grenzwert festgelegt. Die Ergebnisse für 2022 sind in Tabelle 9 aufgeführt. Die Jahreswerte für 2022 erreichen in Sitten wieder ein Niveau, das in etwa dem der Jahre 2015 und 2016 entspricht, während es sich in Massongex um den niedrigsten Wert seit Beginn der Messungen handelt. In Brigerbad konsolidiert sich die 2016 begonnene deutliche Senkung der Werte. Im Allgemeinen ist der langjährige mittlere Pegel im Zeitraum 2008-2015 an den drei Walliser Stationen

etwa doppelt so hoch wie im Zeitraum 2016-2022 (Abbildung 38). Der Trend zu einer Abnahme hält in den letzten sieben Jahren an, ausser in Sitten, wo die zwischenjährlichen Schwankungen keine klare Abwärtsrichtung zeigen. Wie bei Benzol zeigt Abbildung 39, dass die monatlichen Konzentrationen von Toluol in der kalten Jahreszeit im ersten und vierten Quartal am höchsten sind, wenn die Luftmassen ruhiger sind.

ABBILDUNG 38 - TOLUOL, MONATSMITTELWERTE 2022

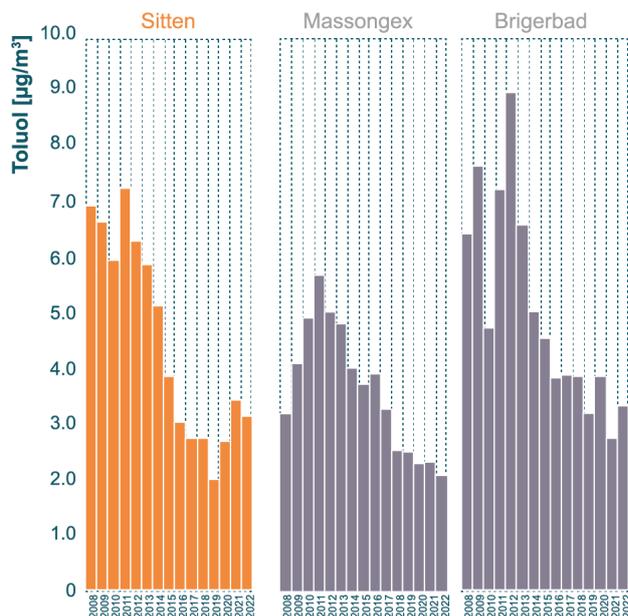


ABBILDUNG 39 - TOLUOL, JAHRESMITTEL



Die anerkannten Quellen für Toluol sind der Strassenverkehr, Industrie und Gewerbe sowie die Haushalte. Der Jahresmittelwert von Toluol in Baltschieder ist fast doppelt so hoch wie in Brigerbad. Der maximale Tageswert ebenfalls (Tabelle 9). Die Tatsache, dass die Station westlich von Visp häufiger im Windschatten der von der Ortschaft und ihren Industrien ausgehenden Verschmutzung liegt als die Station Brigerbad im Osten, trägt zur Erklärung dieser Beobachtung bei.

Unter den BTEX ist Toluol die Verbindung, die die höchsten Konzentrationen aufweist. Im Jahr 2022 ist dies an den Walliser Stationen immer noch der Fall. Es folgen die Benzolwerte, ausser in Sitten, wo die jährliche Konzentration von Ethylbenzol mit $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ die von Benzol mit $0.77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ übersteigt. An den drei anderen Stationen liegt das Ergebnis für Ethylbenzol zwischen 0.28 und $0.54 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für 2022. Die Ausnahme in Sitten sind die drei oben erwähnten Tage vom 28. bis 30. April. Ohne diese Tage ist der Jahreswert für Ethylbenzol niedriger als der für Benzol. In Bezug auf die Emissionen ist Toluol zusammen mit Xylol in der LRV-Klasse 2 für organische Stoffe, während Ethylbenzol in der Klasse 1 ist. Die Emissionen werden in Klasse 1 strenger begrenzt, da sie Stoffe enthält, von denen man mit gutem Grund annehmen kann, dass sie krebserregend sein könnten. Dies ist bei Toluol und Xylol nicht der Fall, im Gegensatz zu Benzol, dessen krebserregende Eigenschaften nachgewiesen sind.

VOCs mit einer sehr hohen Reaktivität, wie die natürlichen Verbindungen Isopren, α -Pinen und Limonen, sind für das Auftreten von kurzfristigen Ozonspitzenwerten in der Nähe von Emissionen

verantwortlich. Die grosse Dominanz natürlicher Quellen im Wallis (Abbildung 32) begünstigt diese Prozesse. Weniger reaktionsfreudige Stoffe wie Benzol, Toluol, Ethanol und Methan tragen hingegen zu einem Anstieg des Hintergrundozons in weiten Gebieten bei. In diesem Sinne ist eine Reduzierung aller VOCs vorteilhaft für die Verringerung der Ozonbelastung, wenn auch auf unterschiedlichen Zeitskalen und unter Beachtung der natürlichen Emissionen. Um die durch menschliche Aktivitäten verursachten Freisetzen 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.

Methan (CH_4) ist ebenfalls eine VOC. Gemäss dem Emissionskataster nach Art. 21 des kantonalen Umweltschutzgesetzes von 2010 betragen die jährlichen Emissionsmengen seit 2005 rund 6'760 Tonnen pro Jahr. Zum Vergleich: Die Emissionen von flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (NMVOC) werden für das Jahr 2022 auf fast 12'400 Tonnen geschätzt. Obwohl es an der Ozonproduktion beteiligt ist, ist CH_4 vor allem wegen seiner anhaltenden Wirkung als Treibhausgas (THG) besorgniserregend. Zusammen mit Kohlendioxid (CO_2) und Distickstoffoxid (N_2O) bilden sie die wichtigsten atmosphärischen Stoffe, die die globale Erwärmung verursachen. Diese drei THG sind in der LRV weder bei den Emissionen noch bei den Immissionen eingeschränkt, was vor allem auf ihre geringe Ökotoxizität in den Konzentrationen, die wir einatmen, zurückzuführen ist. Zum Beispiel stellt CO_2 unterhalb von 1'000 ppm (Norm SN 546382/1) keine

Gefahr für die menschliche Gesundheit dar. Seine Konzentrationen in der Atmosphäre liegen derzeit bei etwa 420 ppm. Im Jahr 2000 lagen sie bei fast 370 ppm. Bei diesem Tempo wird der CO₂ im Jahr 2100 bei 620 ppm liegen, wenn der Anstieg anhält. In Bezug auf die globale Erwärmung und ihre spezifischen Folgen könnten die Auswirkungen eines solchen Niveaus für eine nachhaltige Entwicklung zu gross sein.

Die unterschiedlichen Strategien zur Verringerung der Emissionen von Luftschadstoffen und Treibhausgasen tragen der Tatsache Rechnung, dass Treibhausgase im Gegensatz zu den durch die LRV geregelten Schadstoffen sehr lange Verweilzeiten in der Atmosphäre - von 12 Jahren für

CH₄ bis zu 150 Jahren für CO₂ -, eine ausgedehnte räumliche Verteilung auf der ganzen Welt und Auswirkungen unterschiedlicher Art aufweisen. Die Auswirkungen der Sahara-Sandvorstösse auf die atmosphärischen Staubwerte oder die Auswirkungen sommerlicher Hitzewellen auf die Ozonkonzentrationen - Phänomene, die durch die globale Erwärmung begünstigt werden - sind jedoch Beispiele für Wechselwirkungen zwischen Luftverschmutzung und den durch den Klimawandel veränderten Wetterbedingungen. In diesem Sinne haben Massnahmen zur Eindämmung der Luftverschmutzung auch positive Auswirkungen auf die Luftqualität, wie im SEN-Newsletter 5/2022 hervorgehoben wurde..

11.3. Krebserregende VOCs im Wallis

Seit 2019 gibt es eine mobile Messstation in der Ebene des Oberwallis, in Baltschieder westlich von Visp. Ihre jährlichen Ergebnisse sind bei den gängigen Schadstoffen nahe bei denen der Station in Brigerbad. Die VOC-spezifischen Werte hingegen weisen regelmässig grosse Unterschiede auf. Die Positionierung von zwei Stationen in der Hauptachse des durch das Tal kanalisierten Windes, eine westlich und die andere östlich von Visp, bringt den Vorteil, dass man sich von der Windrichtung unabhängig machen kann, um die Verschmutzung aus dieser Agglomeration ständig zu messen. Wenn die Luft ruhig ist, messen beide Stationen ähnliche Schadstoffwerte. Um noch einmal das Beispiel der Hochdruckperiode vom 11. bis 28. Januar 2022 zu nennen, das in der Exegese von t 21 angeführt wird, schwankten die Tageswerte von Benzol, Toluol und Ethylbenzol in diesen 18 Tagen im Durchschnitt zwischen 57 % und 129 % für die Station Brigerbad und der Station Baltschieder. Beide Stationen sind mit GC-FID-Analysatoren zur Bestimmung von VOCs, insbesondere BTEX, ausgestattet. Die Anlage in Brigerbad wird durch ein Modul ergänzt, das speziell für die Messung von sehr flüchtigen VOCs wie 1,3-Butadien und Vinylchlorid entwickelt wurde.

Die LRV listet in Anhang 1 Ziff. 8 über krebserregende Stoffe fünf Verbindungen auf, die von Analysatoren erkannt werden können: Benzol, Trichlorethylen (TRI), Vinylchlorid (VC), 1,4-Dichlorbenzol (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. Der letztgenannte Schadstoff, auch 2,2,4-Trimethylpentan (TMP) genannt, stammt hauptsächlich aus dem Strassenverkehr. Von den vier ausgewählten krebserregenden VOCs - Benzol, CV, 1,4-DCB, 1,3-BuD - ist keine völlig sicher vor unerwarteten Ko-Eluierungen, da sich der VOC-Mix

in der Umgebungsluft mit der Zeit ändert. Eine zusätzliche Bestimmung durch Massenspektrometrie würde die Diagnose verbessern, ist aber derzeit für dauerhafte kontinuierliche Analysen im Rahmen der Qualitätssicherung von Resival unzugänglich. Die Ergebnisse für diese Verbindungen sind daher mit Vorsicht zu bewerten. Die Ergebnisse für Benzol sind zuverlässiger und wurden in Tabelle 9 aufgeführt. Für CV, 1,4-DCB und 1,3-BuD betragen die Jahresmittelwerte 2022 in Brigerbad 1.0, 0.16 bzw. 1.8 µg/m³, während der Jahresmittelwert für 1,4-DCB in Baltschieder 0.29 µg/m³ beträgt. Diese Werte liegen unter dem EU-Grenzwert von 5 µg/m³. Dagegen liegt der Jahreswert für 1,3-BuD in Brigerbad über dem RL-Wert der WHO von 1.7 µg/m³. Ein oder zwei Krebserkrankungen pro Jahr im Oberwallis könnten daher auf sie zurückgeführt werden.

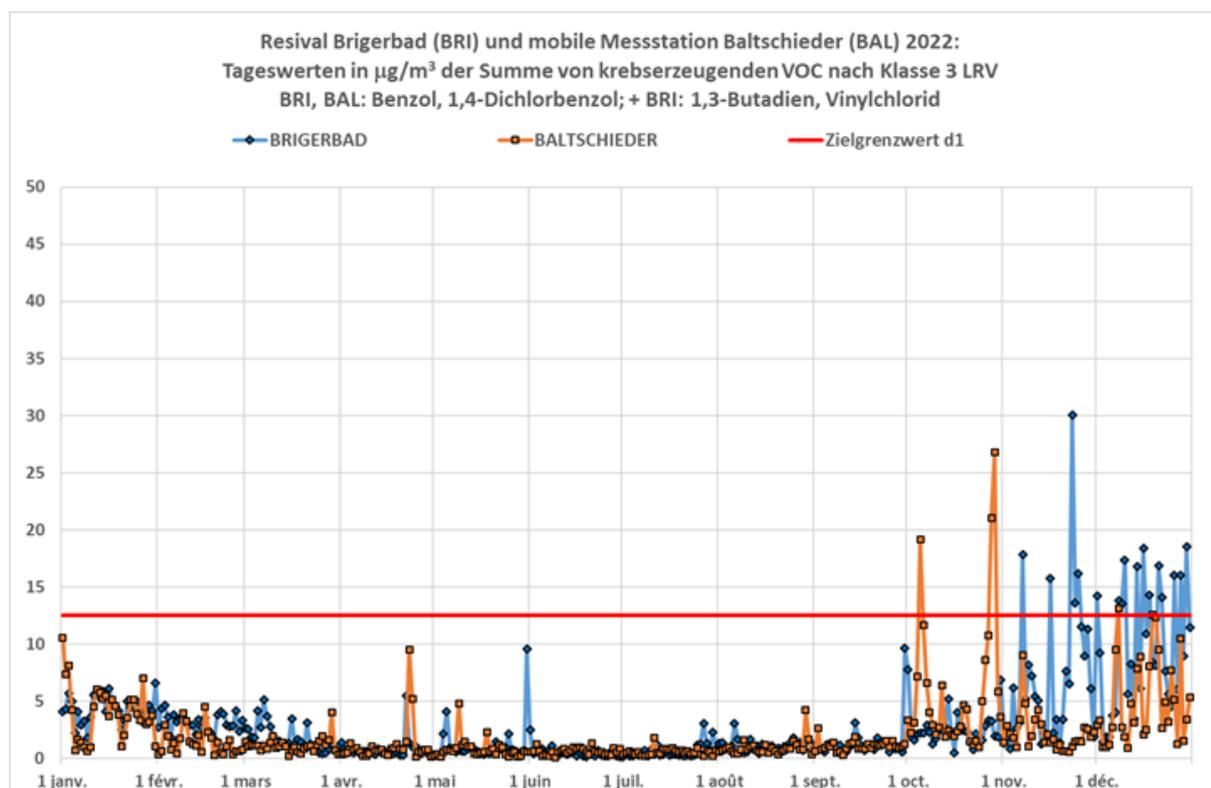
Angesichts der ähnlichen Toxizität von krebserregenden VOCs (VOC_{carc}) wurde in den SEN-Berichten eine tägliche Begrenzung ihrer kumulativen Konzentrationen vorgeschlagen. Sie wird auf 12.5 µg/m³ geschätzt und stellt einen Zielwert dar, der nicht überschritten werden sollte. In diesem Zusammenhang zeigt Abbildung 40 unten die Ergebnisse für das Jahr 2022 an den beiden Talstationen im Oberwallis. Bis Ende September wird der Tageshöchstwert nicht überschritten. Im Oktober wird er an der Station Baltschieder dreimal überschritten. Die Ursache dafür ist Benzol. 1,4-DCB trägt maximal 6 % zu den Ergebnissen bei, nämlich am 29. Oktober.

Im November und Dezember war es vor allem die Station Brigerbad, die wiederholt den kritischen Wert von 12.5 µg/m³ überschritten hat. 17 Tage waren betroffen. Benzol, CV und 1,3-BuD waren dafür verantwortlich, wobei die Beiträge zu den Ergebnissen unterschiedlich ausfielen. Für den höchsten Tageswert von 30 µg/m³, der am 23.

November registriert wurde, ist 1,3-BuD für 71 Massenprozent des Wertes verantwortlich. Der Rest entfiel zu 26 % auf CV und zu 3 % auf Benzol. Im Dezember 2022 wurde ein technisches Problem an dem Analysator festgestellt, der für die Messung von niedrig siedenden VOCs wie 1,3-BuD und CV bestimmt ist. Die Folgen wurden so weit wie möglich behoben. Exzesse, die den empfohlenen Zielwert von $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten, werden im Folgenden

zu Informationszwecken veröffentlicht. Sie spiegeln krebserregende VOC-Werte wider, die für die öffentliche Gesundheit bedenklich sind, da der jährliche RL-Wert der WHO von $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für benzolähnliche toxische VOCs sowohl in Brigerbad (VOC_{carc}-Mittelwert 2022: $2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) als auch in Baltschieder (VOC_{carc}-Mittelwert 2022: $2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) überschritten wird.

ABBILDUNG 40 - IMMISSIONEN VON KREBSERREGENDEN VOCs IN DER EBENE DES OBERWALLIS IM JAHR 2022



LITERATUR

- [1] BAFU (Hrsg.) 2022: Die Luftqualität im Jahr 2021. Ergebnisse des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). Bundesamt für Umwelt, Bern. Umweltzustand Nr. 2227: 29 S.
- [2] Empa, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik, 8600 Dübendorf, August 2022: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe im PM10 an ausgewählten Stationen des NABEL sowie der Kantone, Messbericht 2021. A. Fischer und C. Hüglin.
- [3] Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL), 2013: Feinstaub in der Schweiz 2013. Bern 66 pp.
- [4] Forschungsstelle für Umweltbeobachtung (FUB), Rapperswil, Juni 2022, 79 S.: Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2021. Messbericht. Seitler E., Meier M.
- [5] Forschungsstelle für Umweltbeobachtung (FUB), Rapperswil, Januar 2021, 131 S.: Atmosphärische Stickstoff-Deposition in der Schweiz 2000 bis 2019. Seitler E., Meier M., Ehrenmann Z.

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)

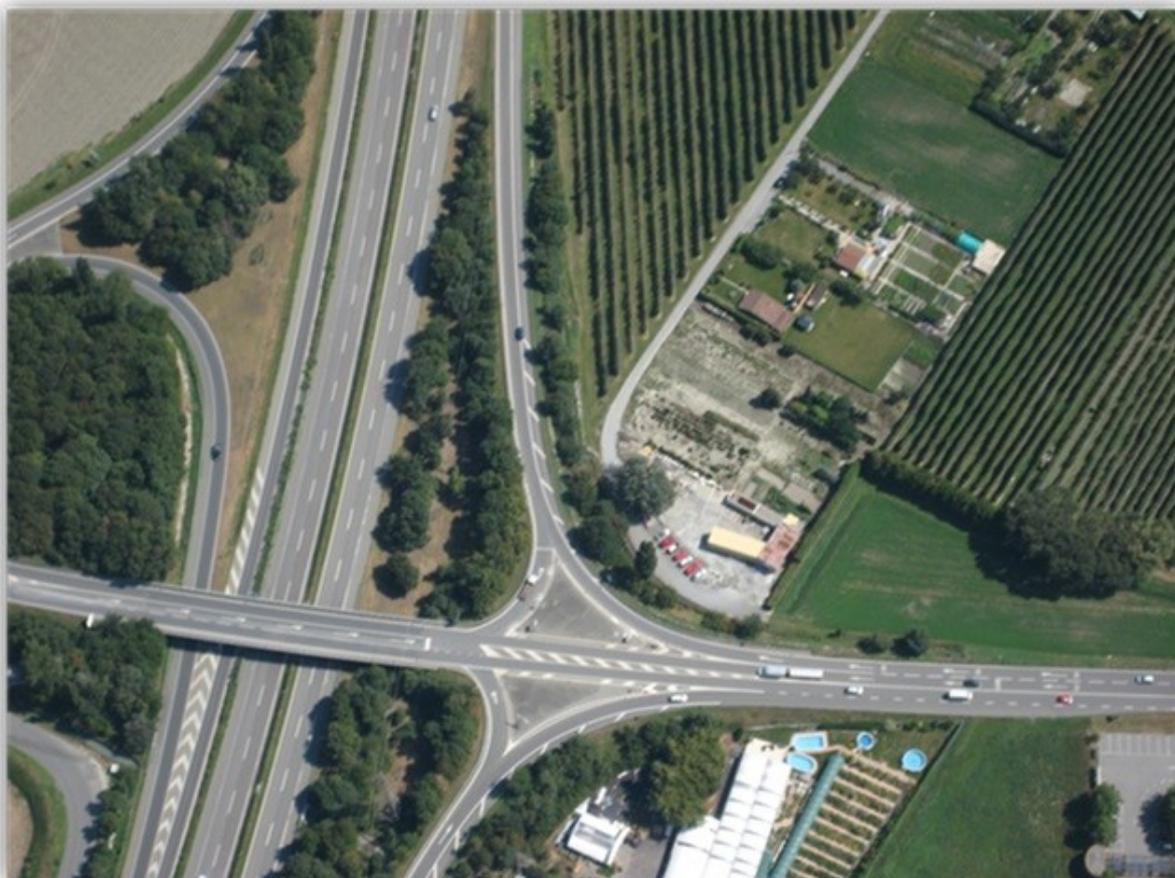
FW	Fernwärme
H ₂	Molekularer Wasserstoff
HBEFA	Das Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (E: Handbook Emission Factors for Road Transport - HBEFA)
IARC	International Agency for Research on cancer. D : Internationale Agentur für Krebsforschung (eine Agentur der WHO)
IGW	Immissionsgrenzwert
KKRL	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 Cercl'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))
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/naebel)
NH ₃	Ammoniak
NMVOG	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (VOC ohne Methan)
N ₂ O	Lachgas, Distickstoffmonoxid,
NO	Stickstoffmonoxid (1 ppb entspricht 1.25 ug/m ³ bei 293.15 K (20°C) und 1013.25 hPa (mbar))
NO ₂	Stickstoffdioxid (1 ppb entspricht 1.91 ug/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 ug/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
PM2.5	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	Zinc

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 beigeordneten Bericht veröffentlicht. Die Bilanz für das Jahr 2022 ist auf der Website der Dienststelle für Umwelt (Rubrik Luftqualität) abrufbar.

Die Hauptziele des kantonalen LRV-Plans werden seit 2014 bei den PM10- und NO-Werten² in der Walliser Umgebungsluft erreicht. Die Einhaltung der LRV-Begrenzungen hat sich in den letzten neun Jahren verstärkt.

Seit dem Bericht für das Jahr 2021 werden die Massnahmenblätter des kantonalen LRV-Plans nicht mehr automatisch in den Jahresbericht über die Luftqualität im Wallis integriert.

A2 : Resival : Allgemeines



© Chab Lathion

Die Messstationen des RESIVAL

ABBILDUNG 41 – LAGE DER MESSSTATIONEN DES MESSNETZES RESIVAL



LRV-Grenzwerte

TABELLE 1 - LRV-GRENZWERTE

Substanzen	Immissionsgrenzwert	Statistische Definitionen
Stickstoffdioxid (NO₂)	30 µg/m ³	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
	100 µg/m ³	95 % der Halbstundenmittelwerte eines Jahres ≤ 100 µg/m ³
	80 µg/m ³	Durchschnitt pro 24 Stunden; darf auf keinen Fall mehr als einmal pro Jahr überschritten werden
Ozon (O₃)	100 µg/m ³	98 % der Halbstundenmittelwerte eines Monats ≤ 100 µg/m ³
	120 µg/m ³	Stundenmittelwert; darf auf keinen Fall mehr als einmal pro Jahr überschritten werden
Feinstaub (PM₁₀)	20 µg/m ³	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
	50 µg/m ³	24-Stunden-Mittelwert; darf nicht öfter als 3 Mal pro Jahr überschritten werden
Feinstaub (PM_{2.5})	10 µg/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/(m ² ×d)	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Blei (Pb) im Staubniederschlag	100 µg/(m ² ×d)	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Cadmium (Cd) im Staubniederschlag	2 µg/(m ² ×d)	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)
Zink (Zn) im Staubniederschlag	400 µg/(m ² ×d)	Jahresdurchschnitt (arithmetischer Mittelwert)

Die Grenzwerte für SO₂ 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

Die Immissionsgrenzwerte berücksichtigen die Messunsicherheit. Die Beurteilungskriterien, die es erlauben, die erhaltenen Messungen mit den Immissionsgrenzwerten der LRV zu vergleichen, sind folgende:

- x \leq IGW: Der Immissionsgrenzwert wird eingehalten.
- x $>$ IGW: Der Immissionsgrenzwert wird überschritten.

Wo:

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

IGW: Grenzwert nach LRV

Die Immissionsmessungen halten sich an die Messempfehlungen des BAFU. Gemäss den Bestimmungen dieser Normen beträgt die Messunsicherheit bei Jahresmittelwerten nicht mehr als $\pm 10\%$ und bei Tageswerten höchstens $\pm 15\%$. Diese Intervalle werden eingehalten, solange sich die Messmethoden strikt an die normativen Anforderungen halten, die auf experimentellen Validierungen basieren. Das Resival-Netzwerk wendet diese Praxis an. Systematische Fehler werden durch häufige Kalibrierungsprüfungen und eine Korrektur der beobachteten Abweichungen behoben.

Analytisches Programm

TABELLE 2 - 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
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.

Seit 2018 ist eine neue Messmethode für elementaren Kohlenstoff, die auch den organischen Kohlenstoff bestimmt, an der Station Massongex implementiert. Im Jahr 2018 wurden die PM2.5-Messungen mit einer provisorischen Methode durchgeführt. Ab 2019 werden alle Resival-Stationen ausser Les Giettes und Eggerberg mit kontinuierlichen Analysatoren und HVS wie bei PM10, aber mit speziellen PM2.5-Filterköpfen gemessen. Ab 2023 tun dies auch die beiden Stationen Les Giettes und Eggerberg.

Die Messung der Radioaktivität fällt in den Zuständigkeitsbereich des Bundes. Das nationale Radioaktivitätsmessnetz (NADAM, www.naz.ch) umfasst 76 Sonden, die über die ganze Schweiz verteilt sind, darunter fünf im Wallis in Sitten, Visp, Ulrichen, Zermatt und auf dem Pass des Grossen St. Bernhard.

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

Analytische Methoden

TABELLE 3 - 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	Umwelt AG 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 Tagmittelwerte	Gravimetrie High Volume Sampler SN EN 12341:2014	HVS Digital DHA-80	Jährliche Kontrolle
	Kontinuierlich ½-h-Mittelwerte	Beta-Absorption (PM10) Äquivalent EN 12341	THERMO ESM FH62 I-R	Alle drei Monate mit einem Referenzabsorptionsmittel
	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, ~halbmonatliche Mittelwerte	TSP: APDA-Filter CE: TOT EUSAAR_2	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	Schalenanemometer Ultraschallanemometer	FRIEDRICHS METEK	Jährliche Kontrolle

Qualitätssicherung

TABELLE 4 - 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, PM_{2.5})	HVS-Gravimetrie (Digital DA80)	EN 12341 (gleichwertig)	11.11.2008
Feinstaub (PM₁₀)	Beta-Absorption (Betameter)	EN 12341 (gleichwertig)	11.11.2008
Feinstaub (PM₁₀ und PM_{2.5})	Optische Zählung der Konzentrationen in Partikelanzahl (p/cm ³)	EN 12341 (gleichwertig)	11.11.2008

Unsere Immissionsmessungen werden alle zwei Jahre von einer externen Stelle überprüft. Das Metas arbeitet bei der Bewertung der Ergebnisse mit. Die jüngste vom Umwelt- und Gesundheitsschutz Zürich (UGZ) und unter der Leitung von Cerc'l'Air durchgeführte Ringversuch fand im Juli 2019 bei der Resival-Station Brigerbad statt. Die Ergebnisse wurden regulär ausgewertet. Sie erfüllten die Anforderungen der durchgeführten Überprüfungen gut. Aufgrund der im März 2020 ausgebrochenen Coronavirus-Pandemie ist die nächste Kampagne für 2023 geplant. Im Rahmen des Programms wurde die zweijährliche Überprüfung für 2021 gestrichen.

Die Gruppe Luft ist nach der ISO-Norm 17'025 akkreditiert. Seit 2018 wurden im Labor der Dienststelle für Umwelt Arbeiten zur Anpassung des QMS an die 2017 eingeführte neue Version dieser Norm unternommen. Sie führten insbesondere zu einer neuen Erklärung zur Qualitätspolitik der Sektion SUL und zu einer Aktualisierung des Qualitätshandbuchs (QM). Das im August 2019 mit der Schweizerischen Akkreditierungsstelle durchgeführte externe Kontrollaudit wurde erfolgreich absolviert. Zu seinen Aufgaben gehörte es, die ordnungsgemässe Integration des geänderten Standards zu überprüfen. Im Januar 2021 wurde ein Audit zur erneuten Akkreditierung durchgeführt. Es wurde ebenfalls erfolgreich bestanden und die Zertifizierung wird für den Zeitraum von Juli 2021 bis Juli 2026 verlängert.

Veröffentlichungen

Die offizielle Veröffentlichung der RESIVAL-Immissionsresultate erfolgt jedes Jahr in diesem Luftreinhaltebericht.

Die Luftqualitätsdaten werden fortlaufend im Internet veröffentlicht unter :

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

Neben den Echtzeitdaten, die unter der Rubrik "Aktuelle Lage" auf der Walliser Kantonskarte zu sehen sind, werden auch die Daten der letzten drei Tage oder der letzten Woche grafisch dargestellt. Mit Hilfe des Datenabfragemoduls ist es möglich, eine Auswahl von Werten aus einer Datenbank zu erhalten, die im Jahr 1990 beginnt.

Die AirCheck-Applikation zeigt für das Wallis im Speziellen und für die ganze Schweiz jederzeit die aktuelle Situation der Luftverschmutzung. Die für das Wallis modellierten Karten ermöglichen seit 2013 eine stündlich aktualisierte Darstellung der Luftqualität im ganzen Land. Die App gibt auch Auskunft über Massnahmen und Verhaltensweisen, die bei Verschmutzungsepisoden zu ergreifen sind. Die Links zum kostenlosen Download der App mit iTunes Store und Google Play finden Sie unter:

- <https://www.vs.ch/de/web/sen/luftqualitat>
> **airCheck**

Die Website TransAlp'Air : Indice de la qualité de l'air (www.transalpair.eu) berichtet über die Immissionsmessungen der französischen Instanzen für die Departemente Savoyen, Obersavoyen und L'Ain und Italien (Autonome Region Aostatal). Die Schweizer Partner sind die Kantone Genf, Waadt und Wallis.

Die Daten werden auch an das Bundesamt für Umwelt weitergeleitet und sind in aggregierter Form auf nationaler Ebene verfügbar auf den Seiten :

- <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft.html>;
- <https://bafu.meteotest.ch/idb-tabellen/index.php> (stündliche oder tägliche Daten).

Das Geoportal des Kantons Wallis enthält interaktive Umweltkarten. Die Karte "RESIVAL und Schadstoffemissionen" zeigt die wichtigsten Emittenten von Luftverschmutzung im Kanton sowie sechs der Resival-Stationen des Luftqualitätsmessnetzes. Sie befindet sich unter:

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

Die Raffinerie in Collombey ist seit Sommer 2015 ausser Betrieb und stellt seit dieser Abschaltung keine Quelle der Luftverschmutzung mehr dar. Ihre Stilllegung wurde 2021 eingeleitet.

A3 - Resival : Ergebnisse nach Messstation



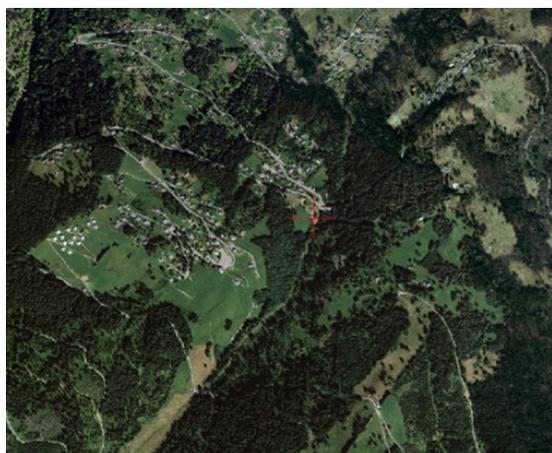
© Chab Lathion

Les Giettes

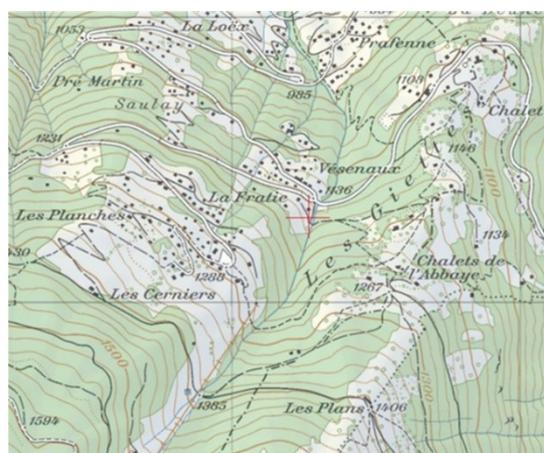
Tabelle 5 - Les Giettes, Standortbeschreibung

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 6 – LES GIETTES, ERGEBNISSE 2022

	Stickstoffdioxid (NO ₂)	Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	3
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	8
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	22
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	151
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	107
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	133
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	6
Schwebstaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	9
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	43
	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	0.02
Staubnieder-schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	101
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	1.2
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.41
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	15

ABBILDUNG 43 - LES GIETTES, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2022



TABELLE 7 - LES GIETTES, RÉSULTATS MENSUELS EN 2022

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m ³]	Durchschnitt	2	2	5	3	3	3	3	2	2	2	2	4
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m ³]	Durchschnitt	73	73	82	73	71	67	78	72	53	42	53	53
	[µg/m ³]	Mittl. H. max	94	97	118	124	131	151	150	148	96	86	84	89
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	3	10	31	33	30	0	0	0	0
	[µg/m ³]	Wert 98 %	89	94	110	111	118	132	133	127	88	71	77	79
PM10	[µg/m ³]	Durchschnitt	2	3	16	8	13	15	12	9	7	10	3	4
Staubniederschlag	[mg/m ² *d]	Durchschnitt	8	24	77	39	122	240	416	114	70	62	30	5
NO	[µg/m ³]	Durchschnitt	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

ABBILDUNG 44 - LES GIETTES, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2022

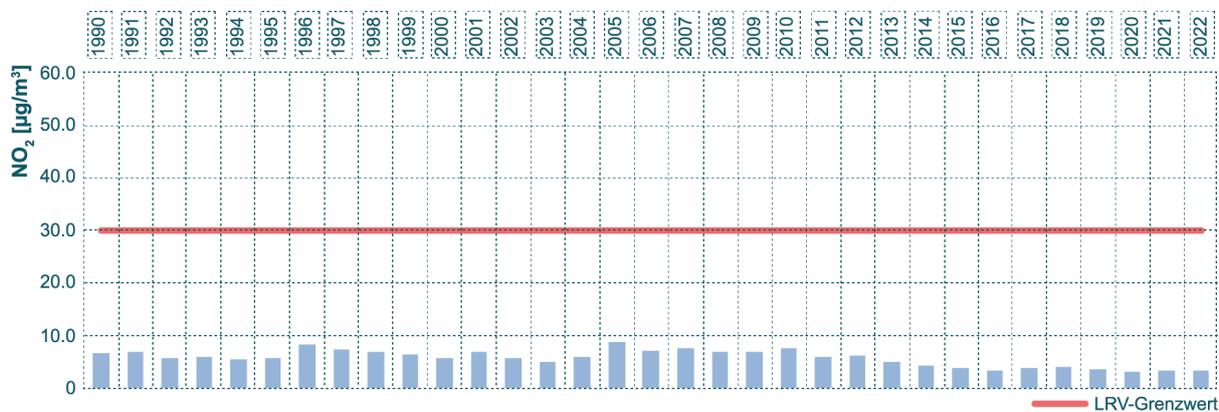
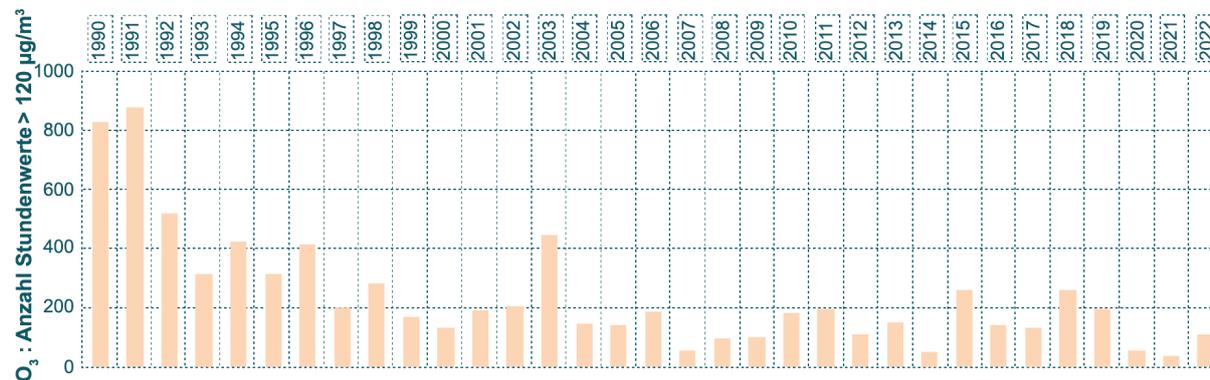


ABBILDUNG 45 - LES GIETTES, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120µg/m³ VON 1990 BIS 2022



Massongex

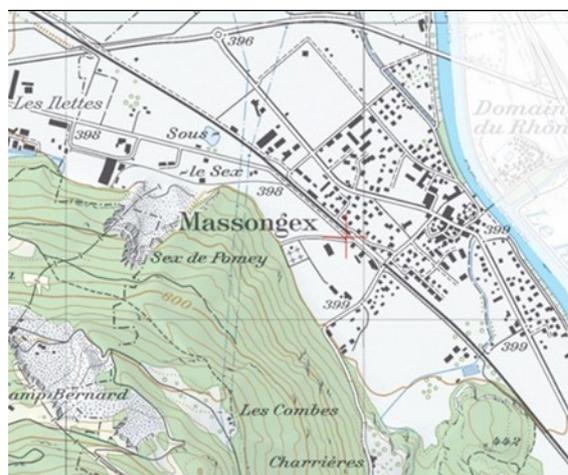
TABELLE 8 - MASSONGEX, STANDORTBESCHREIB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungssituation	Koordinaten MN95 MN03	Altitude [m.s.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	
* Nomenklatur bis 2021				

ABBILDUNG 46 –MASSONGEX, LAGE DES ORTES



© 2006 swisstopo JD06262



© 2006 swisstopo JD06262



© Chab Lathion

TABELLE 9 - MASSONGEX, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2022

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	13
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	33
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	37
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	159
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	180
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	145
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	6
Schwebstaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	15
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	43
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	0
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	4.23
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.07
Schwebstaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	9
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	36
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	8
Staubnieder- schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	89
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	1.7
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.05
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	20

ABBILDUNG 47 - MASSONGEX, JAHRESMITTELWERTE DER PM10 VON 1999 BIS 2022

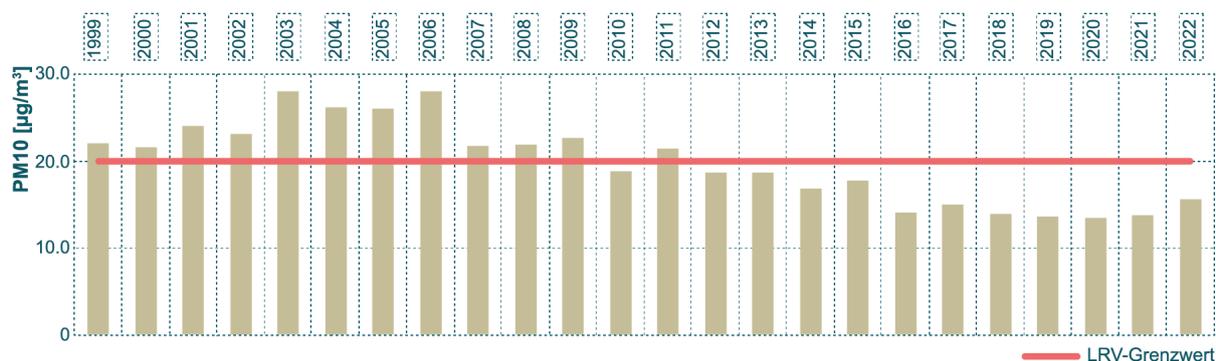


TABELLE 10 – MASSONGEX, ERGEBNISSE 2022 NACH MONATEN

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aou	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	24	16	16	10	8	7	8	8	8	11	15	20
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	25	43	57	61	66	68	78	72	51	32	32	25
	[µg/m³]	Mittl. H. max	81	94	115	119	130	149	159	152	108	79	80	86
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	7	38	71	64	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	67	87	104	109	116	136	145	135	94	71	72	70
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	19	11	25	12	14	21	15	16	9	17	12	14
Staubniederschlag	[mg/m ² *d]	Durchschnitt	17	34	81	64	233	116	149	51	80	67	47	129
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	10	3	3	2	2	1	1	2	3	3	5	5

ABBILDUNG 48 - MASSONGEX, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2022

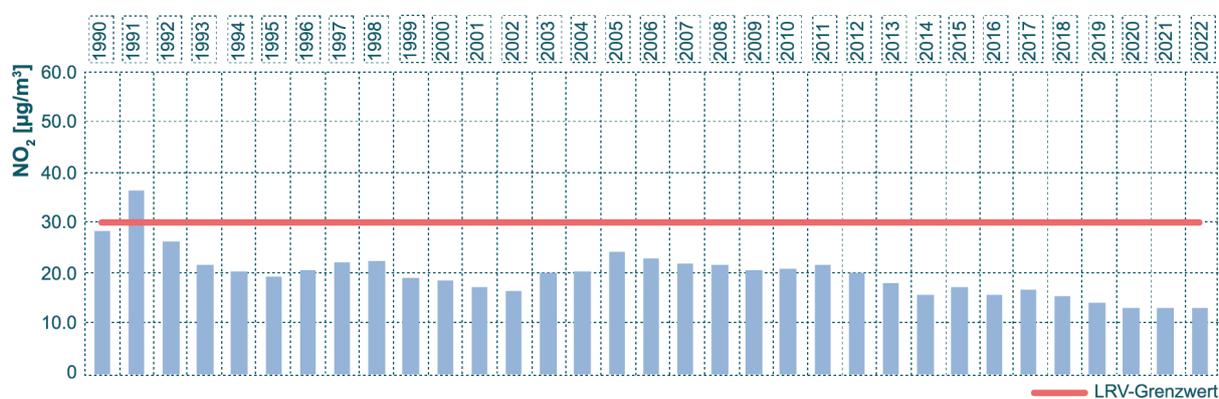
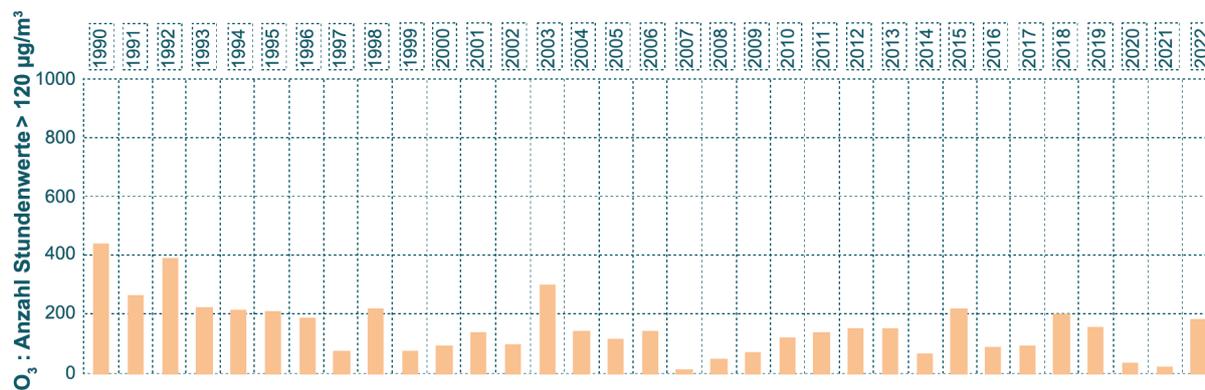


ABBILDUNG 49 - MASSONGEX, O₃ ANZAHL STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2022



Saxon

TABELLE 11 - SAXON, STANDORTBESCHREIB

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 12 - SAXON, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2022

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	13
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	41
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	46
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	158
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	223
	Perzentil 98 % monatlich Maximum	[µg/m ³]	100	141
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	6
Schwebstaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	15
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	51
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	1
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	2.7
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.06
Schwebstaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	11
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	65
	Tagesmittelwert >25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	14
Staubnieder- schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	153
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	5.0
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.14
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	30

ABBILDUNG 51 - SAXON, JAHRESMITTELWERTE DER PM10 VON 1999 BIS 2022

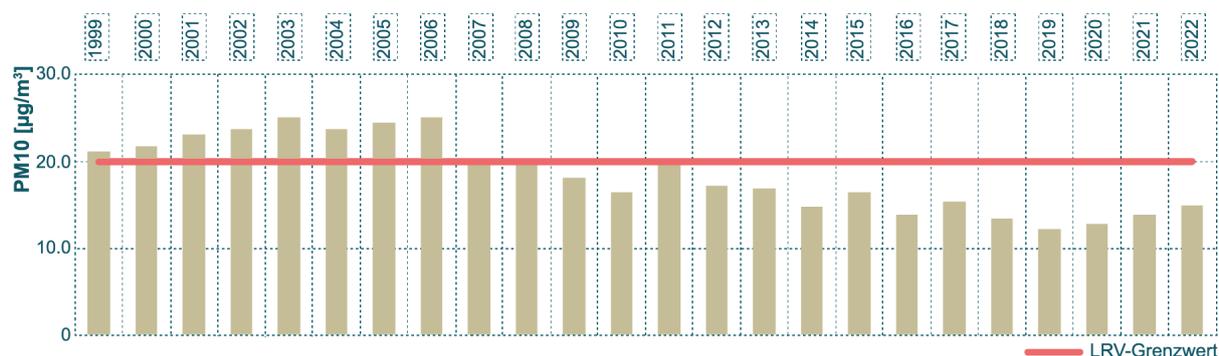


TABELLE 13 – SAXON, ERGEBNISSE 2022 NACH MONATEN

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sieben	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	29	16	15	9	7	7	7	7	8	12	17	25
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	24	44	56	67	71	67	80	71	52	22	23	13
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	82	100	120	123	132	154	158	141	105	88	84	77
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	6	23	50	86	58	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	74	86	112	117	123	135	141	133	98	72	74	62
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	19	10	24	13	14	19	16	14	10	19	13	16
Staubniederschlag	[mg/m ² *d]	Durchschnitt	16	17	130	319	350	124	363	303	77	73	53	4
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	13	5	5	4	2	2	4	3	3	7	10	15

ABBILDUNG 52 – SAXON, STICKSTOFFDIOXID-JAHRESMITTELWERTE VON 1990 BIS 2022

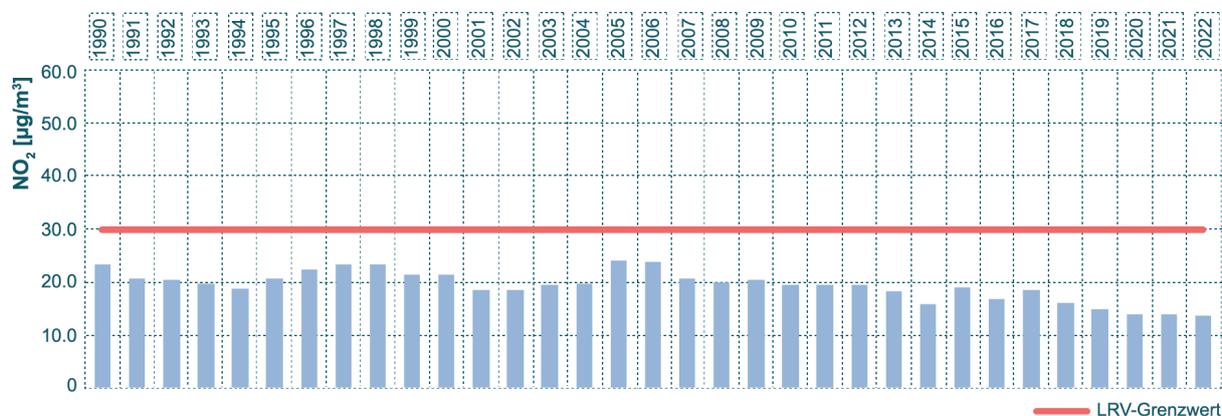
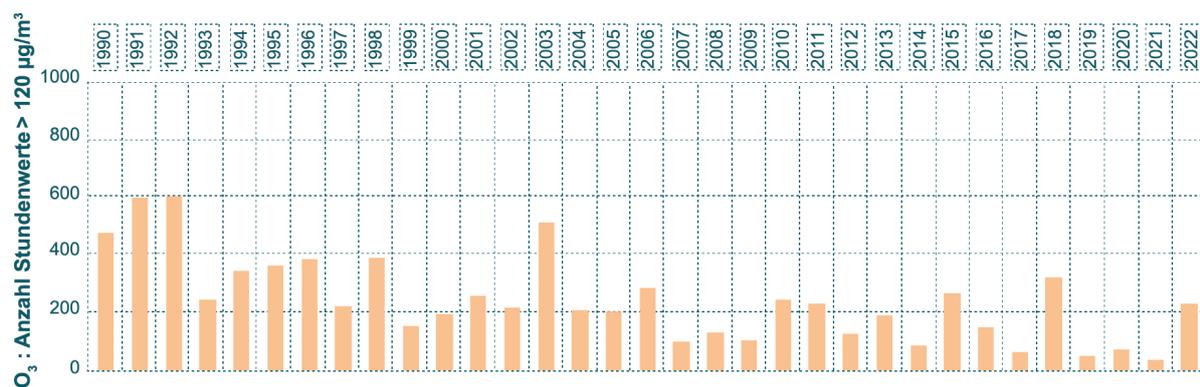


ABBILDUNG 53 - SAXON, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2022

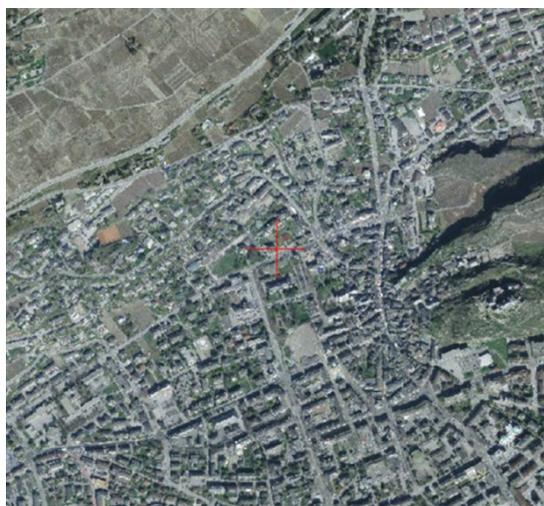


Sitten

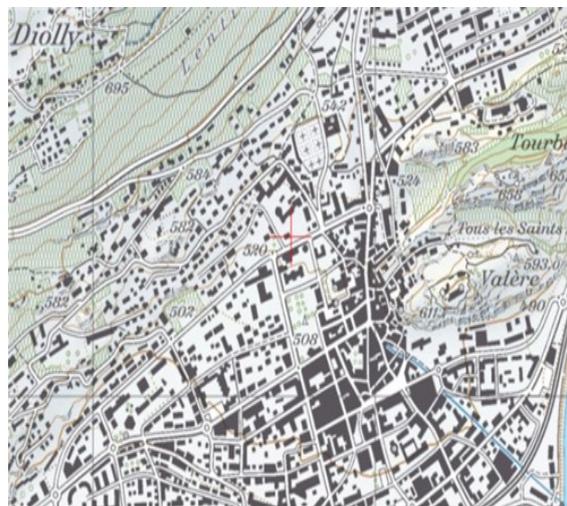
TABELLE 14 - SITTEN, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungssituation	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 15 - SITTEN, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2022

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	18
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	48
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	54
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	165
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	253
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	150
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	5
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	15
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	55
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	3
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	3.7
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.07
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	9
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	32
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	6
Staubnieder- schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	62
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	1.9
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.00
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	29

ABBILDUNG 55 - SITTEN, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2022

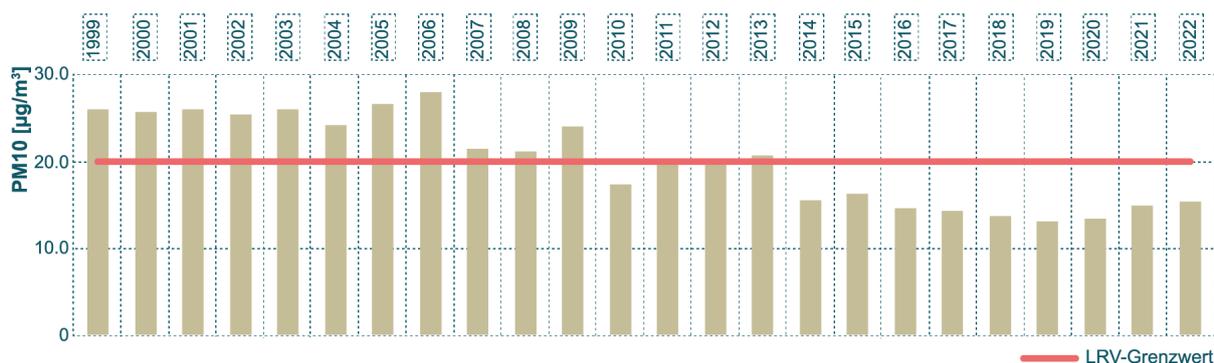


TABELLE 16 - SITTEN, MONATSERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2022

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	39	21	19	14	10	10	9	10	12	19	26	32
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	22	45	62	60	75	68	92	82	56	23	21	13
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	75	95	117	101	130	132	155	165	102	86	71	66
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	20	18	134	81	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	66	85	108	95	124	122	150	138	96	68	60	49
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	18	11	22	12	15	19	16	14	10	16	13	15
Staubniederschlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	13	40	105	137	99	53	79	37	41	53	48	33
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	14	6	3	3	2	2	2	2	3	8	12	20

ABBILDUNG 56 - SITTEN, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2022

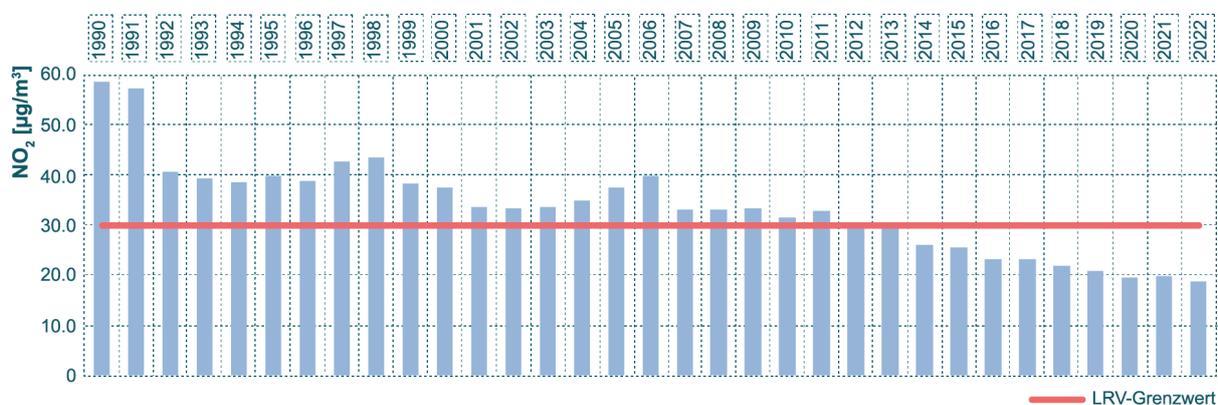
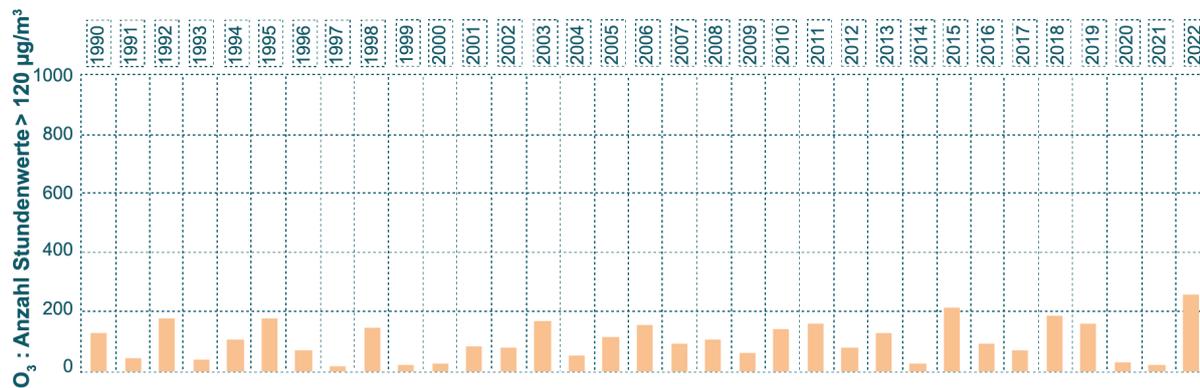


ABBILDUNG 57 - SITTEN, O₃ ANZAHL STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2022

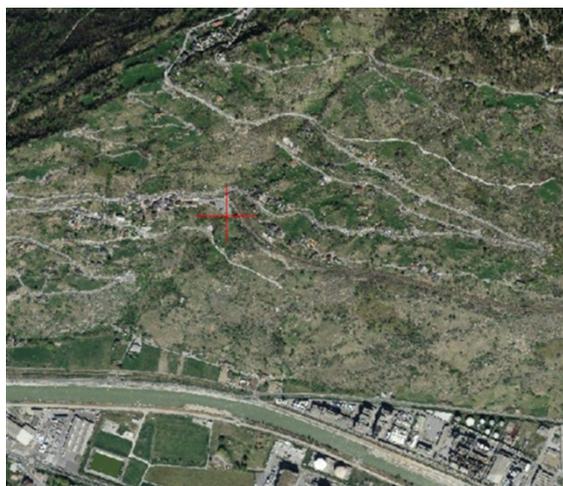


Eggerberg

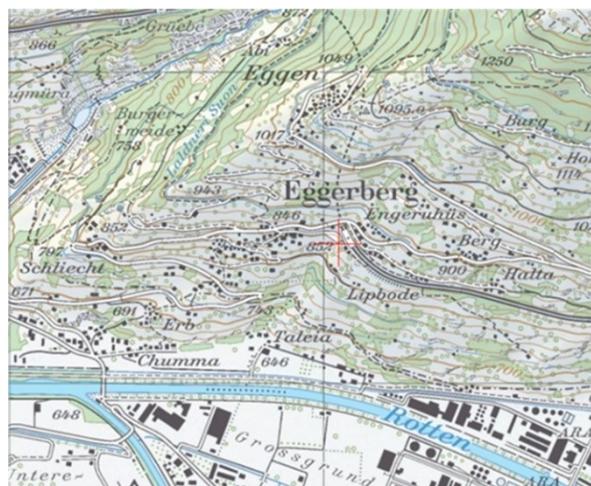
TABELLE 17 - EGGERBERG, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungssituation	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 18 - EGGERBERG, ERGEBNISSE 2022

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	8
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	24
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	29
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	165
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	401
	Perzentil 98 % monatlich Maximum	[µg/m ³]	100	154
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Tag]	0	7
Schwebstaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	12
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	107
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	3
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	2.4
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.05
Staubnieder-schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	142
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	1.4
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.05
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	15

ABBILDUNG 59 - EGGERBERG, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2022

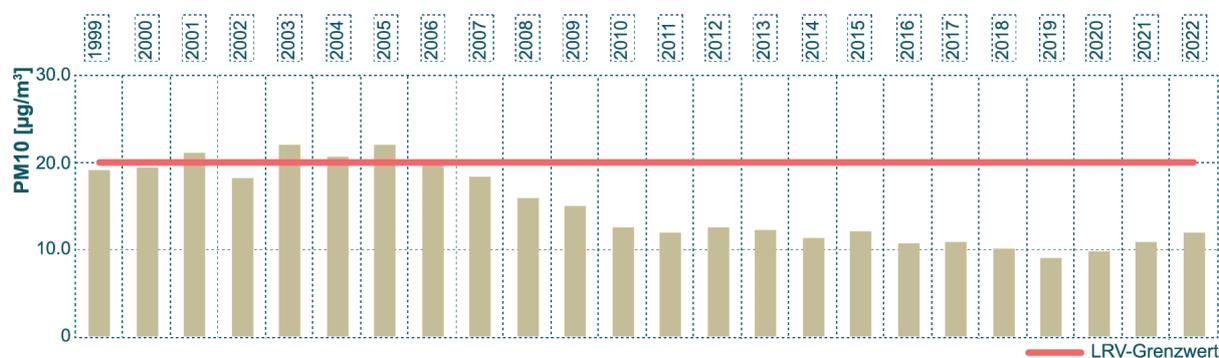


TABELLE 19 - EGGERBERG, MONATLICHE ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2022

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aou	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	13	9	8	8	7	5	5	6	7	9	11	13
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	53	65	85	81	76	80	99	94	68	46	50	44
	[µg/m³]	Mittl. H. max	81	101	132	123	124	149	164	165	117	90	93	88
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	19	4	6	63	160	149	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	78	92	122	117	115	134	154	151	108	85	86	78
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	9	7	24	10	15	19	14	10	7	14	8	6
Staubniederschlag	[mg/m ² *d]	Durchschnitt	14	28	874	49	62	140	74	25	30	55	275	82
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	2	1	1	2	3	1	1	1	1	2	2	2

ABBILDUNG 60 - EGGERBERG, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2022

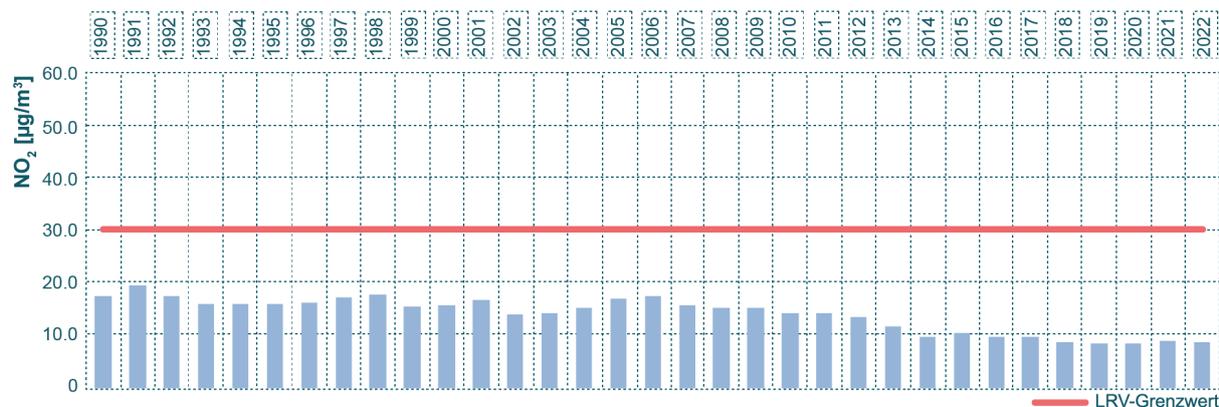
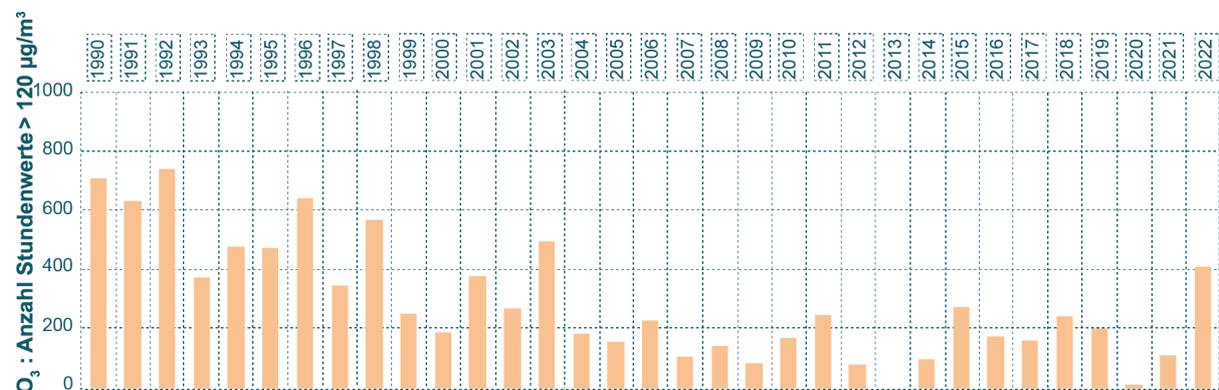


ABBILDUNG 61 - EGGERBERG, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2022



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

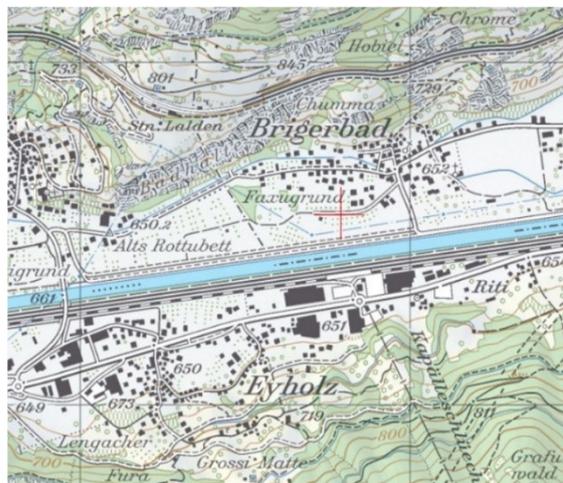
TABELLE 20 - BRIGERBAD, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungssituation	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 21 - BRIGERBAD, ERGEBNISSE 2022

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	18
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	54
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	74
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	139
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	107
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	129
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	6
Schwebstaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	16
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	130
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	5
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	3.5
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.08
Schwebstaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	9
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	42
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	4
Staubnieder- schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ^{2*j}]	200	41
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	100	1
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	2	< LQ
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	400	12

ABBILDUNG 63 - BRIGERBAD, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2022

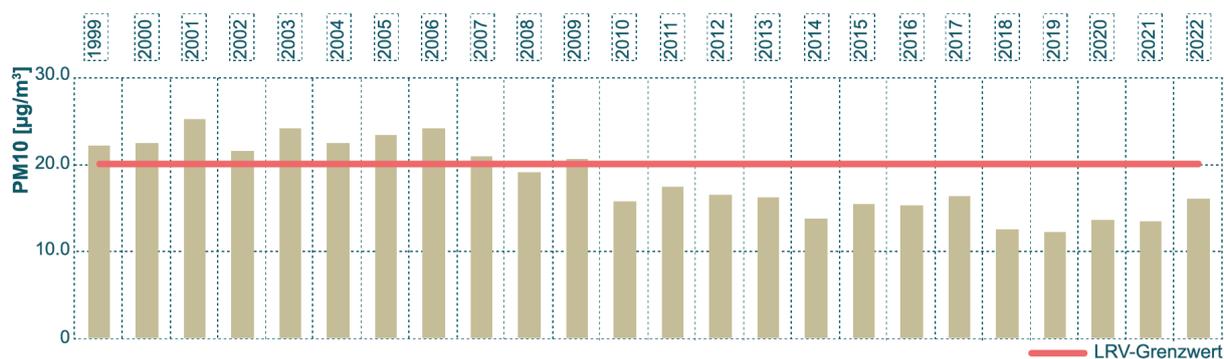


TABELLE 22 - BRIGERBAD, MONATSERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2022

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
			Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	46	21	17	9	8	9	9	10	12
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O³)	[µg/m³]	Durchschnitt	17	50	75	72	68	69	78	72	55	27	25	19
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	78	103	129	123	118	128	139	135	107	81	79	81
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	19	4	0	23	43	18	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	74	94	122	115	109	122	129	121	98	72	72	66
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	15	10	32	9	13	17	15	13	9	13	11	14
Staubniederschlag	[mg/m²*t]	Durchschnitt	16	33	38	132	47	30	61	19	59	27	21	2
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	32	6	3	2	1	1	1	1	2	7	11	16

ABBILDUNG 64 - BRIGERBAD, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2022

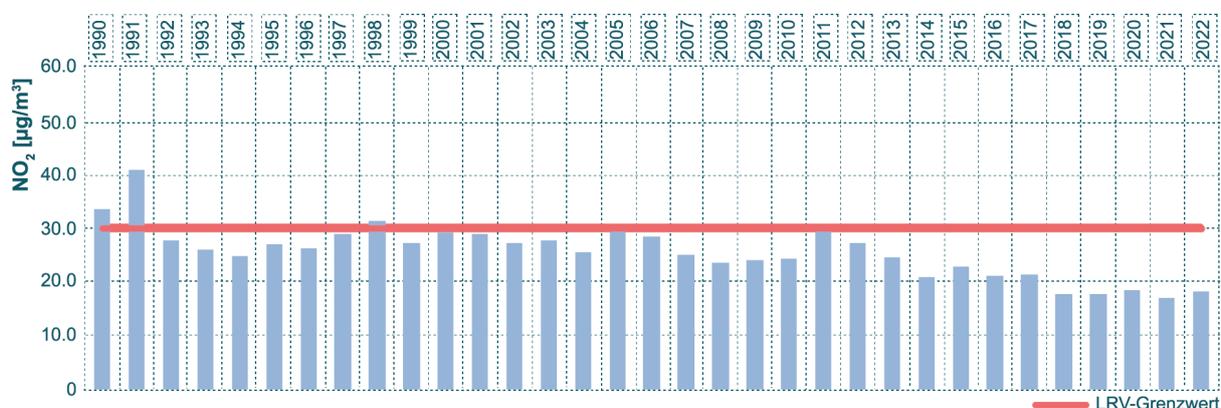
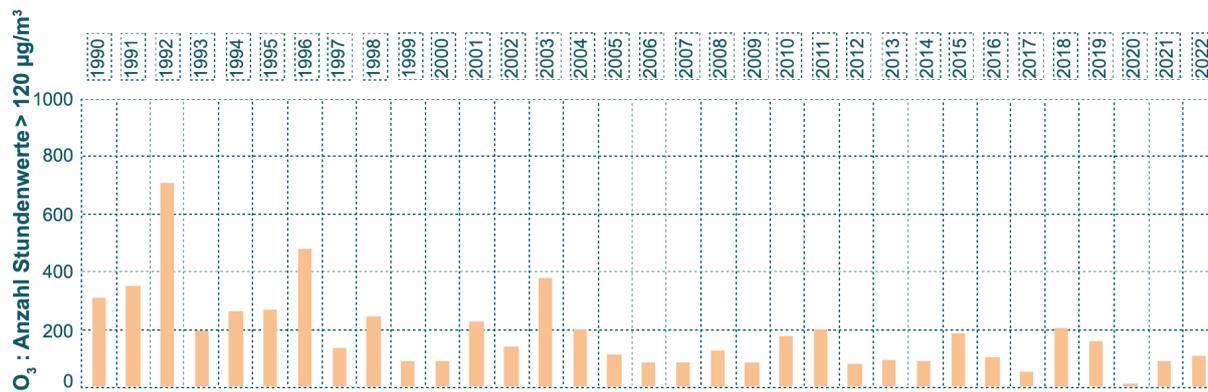


ABBILDUNG 65 - BRIGERBAD, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2022



Montana

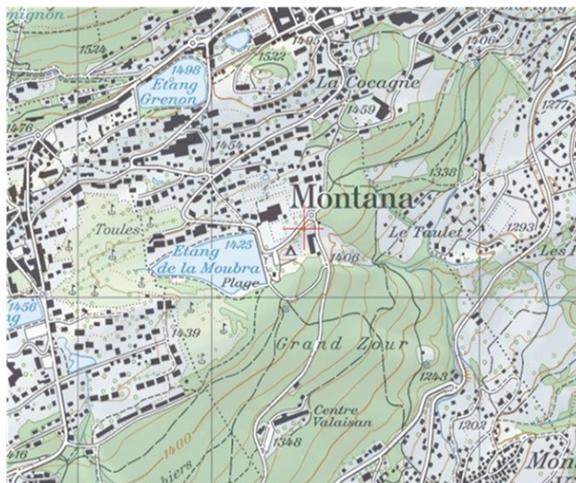
TABELLE 23 - MONTANA, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrsbelastung	Ausbreitungssituation	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 24 - MONTANA, ERGEBNISSE 2022

		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	30
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	124
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	26
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	119
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	6
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	10
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	88
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	5
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	1.9
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.04
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)	5
Staubniederschlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	66
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	1.4
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.00
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	19

ABBILDUNG 67 - MONTANA JAHRESMITTELWERTE PM10 VON 2002 BIS 2022

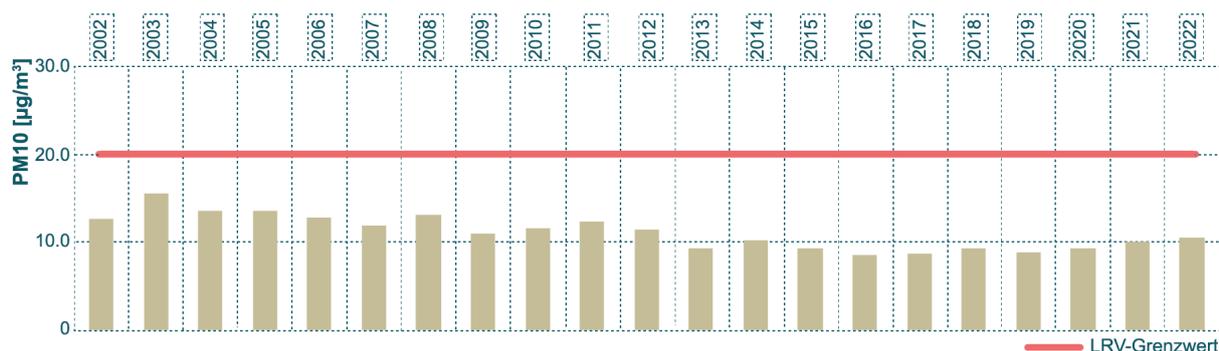


TABELLE 25 - MONTANA, MONATLICHE ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2022

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Mittelwert	18	14	10	6	5	4	5	5	6	7	9	12
		Anzahl Mittelwert. 24hMw > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m³]	Mittelwert	62	72	86	82	74	71	77	73	62	48	54	46
	[µg/m³]	Max. h-Mw.	91	103	124	123	116	116	115	124	97	78	82	88
		Anzahl Mw.. >120	0	0	12	3	0	0	0	11	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	87	97	119	115	109	107	108	118	90	73	77	80
PM10	[µg/m³]	Mittelwert	6	7	25	9	7	13	14	13	7	12	5	5
Staubniederschlag	[mg/m ² *]	Mittelwert	30	58	83	63	131	136	104	43	61	45	29	7
NO	[µg/m³]	Mittelwert	3	3	2	1	1	1	1	1	1	2	3	3

ABBILDUNG 68 - MONTANA, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 2002 BIS 2022

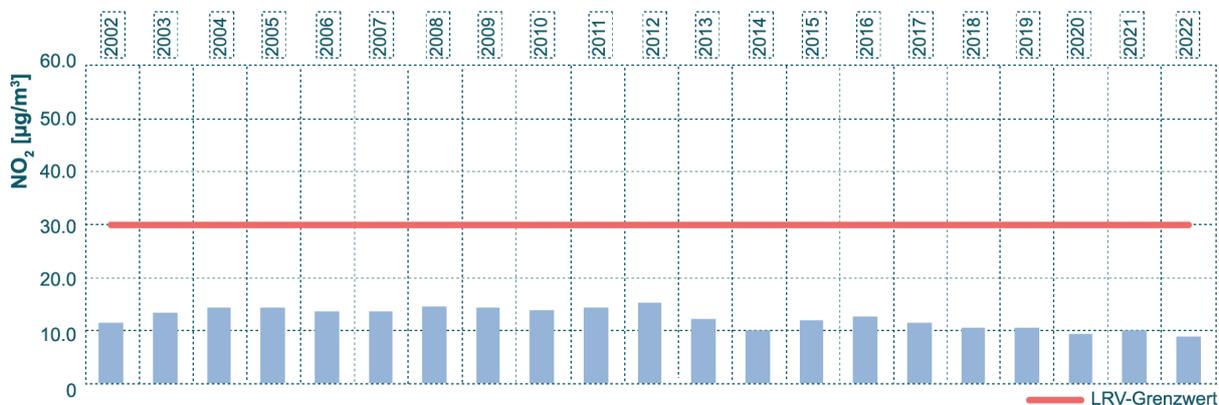
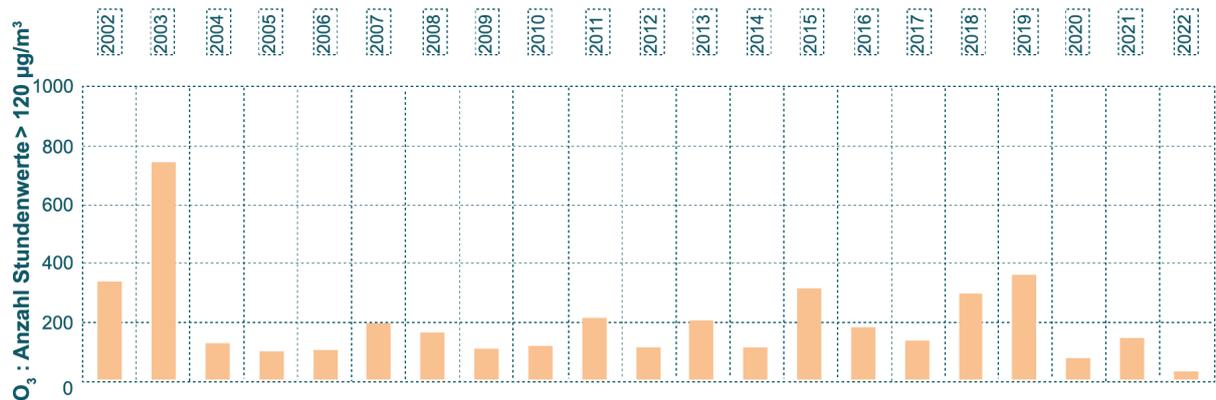


ABBILDUNG 69 - Montana, O₃ Anzahl der Stundenwerte >120µg/m³ von 2002 bis 2022



A4 – RESIVAL, Piktogramme zur Luftqualität

NO₂, PM10, PM2.5, Staubniederschlag, NH₃

			NO ₂ (VLI : 30)	PM10 (VLI : 20)	PM2.5 (VLI : 10)	RP (VLI : 200)	NH ₃ (VLI : 3)
	Jahresmittel	< 0.9 × VLI	< 27	< 18	< 9	< 180	< 2
	Jahresmittel	≥ 0.9 × VLI und ≤ 1.1 × VLI	27 bis 33	18 bis 22	9 bis 11	180 bis 220	2 bis 4
	Jahresmittel	> 1.1 × VLI	> 33	> 22	> 11	> 220	> 4

Anmerkungen: Jahreswerte auf ganze Zahlen gerundet; Immissionsgrenzwerte (IGW) nach Anhang 7 LRV für NO₂, PM10, PM2.5 in µg/m³ und RP (Staubniederschlag) 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 in einer typischen Region (ländliches Hochland, ländliches Flachland, Stadtzentrum, Industrienähe). Für Ammoniak beziehen sie sich auf bestimmte Ökosysteme und gelten für höhere Pflanzen.

A5 – Luftqualität und Präventionsmassnahmen

In diesem Anhang 5 sollen die Messergebnisse der Luftqualität im Wallis und die Daten aus dem kantonalen Emissionskataster gegenübergestellt werden, um die jeweiligen Informationen miteinander zu vergleichen. Die Werte werden seit dem Jahr 2000 berücksichtigt. Dieser Ansatz beleuchtet die wichtigsten Effekte, die den im Wallis ergriffenen Massnahmen zur Verringerung der Luftverschmutzung zuzuschreiben sind. Dies dient der Anforderung von Art. 33 LRV, dass ihre Wirksamkeit beurteilt und die Öffentlichkeit darüber informiert werden muss. Die Entwicklungen seit 2009, als der kantonale LRV-Plan verabschiedet wurde, werden daher genauer untersucht.

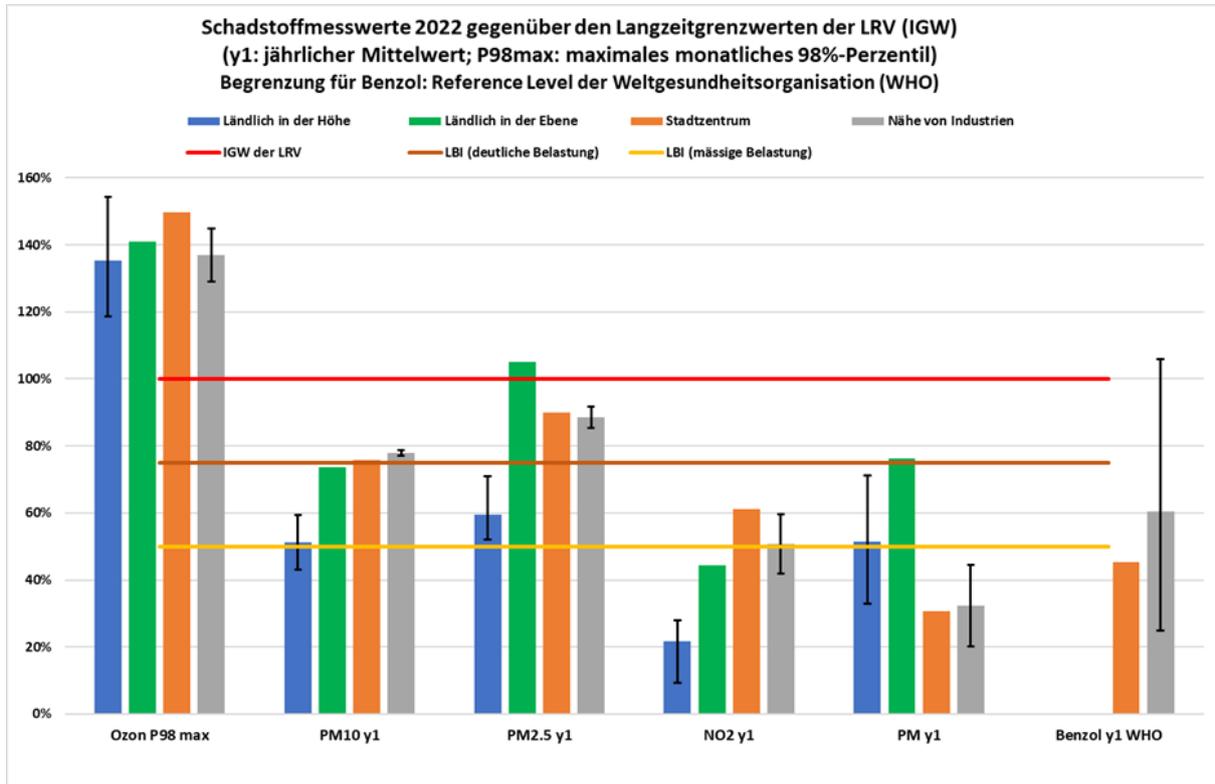
Aktualisierungen von Quelldaten im Emissionskataster bringen manchmal Korrekturen an früheren Versionen mit sich. Ein Beispiel betrifft den Strassenverkehr. Die Emissionsfaktoren basieren auf den Zulassungsprotokollen der Fahrzeuge. Diese weisen manchmal Ungenauigkeiten auf und sind sogar Gegenstand von Schummeleien, wie der Dieselskandal um das Jahr 2015 herum gezeigt hat. Von 2014 bis 2022 gab es daher vier aufeinanderfolgende Versionen des computer-gestützten Bundeshandbuchs der Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (MICET 3.2, 3.3, 4.1, 4.2). Jedes Mal wurde der kantonale Kataster entsprechend angepasst. Der Nicht-Strassensektor, Heizungen und ihre Emissionsfaktoren, die Emissionen von Haushaltslösungsmitteln, Strassen und Gebäuden wurden ebenfalls aktualisiert. Bei den kantonalen Daten betreffen sie Gemeindefusionen, den Strassenverkehrslastplan, Viehbestandskontingente, Energieverbrauchsdaten nach Brennstoffart, Fernheizkraftwerke, Jahresberichte über Industrieemissionen 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, Stickoxide und Benzol. Für Ozon ist das monatliche 98 %-Perzentil ausschlaggebend. Die Jahreswerte der Schadstoffe sollten mindestens ein Drittel unter diesen Begrenzungen liegen. Abbildung 70 stellt die

Situation für das Jahr 2022 dar. Die Balken für die hochgelegenen ländlichen Regionen und die Regionen in der Nähe der Industrie stehen für die Minimal- und Maximalwerte, die an den drei bzw. zwei Stationen gemessen wurden, die diese Regionen repräsentieren. Das Ziel wäre, dass alle Ergebnisse deutlich unterhalb der Schwelle einer signifikanten Verschmutzung im Sinne der Indikatoren für die langfristige Umweltverschmutzung (LBI) liegen. Während im Jahr 2021 die Werte für Feinstaub PM10, Stickstoffdioxid (NO₂), Staubniederschlag (PM) und Benzol diese Absicht positiv erfüllten, bestehen im Jahr 2022 nur NO₂ und Benzol fort. Ein wesentlicher Unterschied zwischen diesen beiden Jahren ergibt sich aus dem Wetter. Wie das Beispiel von Sitten im Kapitel «Wetterfaktoren und Luftverschmutzung» für Temperatur, Sonnenschein und Niederschlag zeigt, war das Jahr 2021 deutlich regenreicher als 2022. Die Auswaschung der Luft - rain-out, wash-out - bei Niederschlägen ist ein starker Prozess zur Verringerung der Luftverschmutzung. Sein ausgeprägtes Vorkommen im Jahr 2021 begünstigte eine gute Luftqualität. Die Dürreperioden im März und von Mai bis August 2022 hingegen beeinträchtigten die Luftqualität.

Jahreswerte, die bis zu 25 % unterhalb der LRV-Begrenzung liegen, entsprechen einer signifikanten Verschmutzung. Sie sind anfällig für Schwankungen der meteorologischen Bedingungen von einem Jahr zum anderen und garantieren keinen nachhaltigen Nutzen für Mensch und Umwelt im Sinne der Grundsätze des Umweltschutzgesetzes. Im Jahr 2022 ist im Wallis die Belastung durch Feinstaub PM2.5 und PM10 im Stadtzentrum und in der Nähe von Industrie und Staubniederschlag in der ländlichen Region des Flachlandes von diesem Typ (Abbildung 70). Die Belastung ist bei den anderen Werten gering bis mässig, ausser bei Ozon, das wie immer in allen Regionen eine deutliche Überschreitung der Grenzwerte zeigt. Die betroffenen Monate reichen von März bis September. Im Jahr 2022 wird die LRV-Begrenzung für PM2.5 auch in ländlichen Regionen des Tieflands überschritten. Sie stellt eine eindeutig schädliche Belastung für Mensch und Natur dar

ABBILDUNG 70 - GEGENÜBERSTELLUNG DER IMMISSIONSWERTE IM WALLIS 2022 MIT DEN WICHTIGSTEN LRV-BEGRENZUNGEN



Die folgenden Abbildungen 71 bis 75 zeigen die relativen Beiträge der Bereiche zu den Verschmutzungsquellen gemäss den Katasterdaten. Sie zeigen die zeitliche Entwicklung unter

Berücksichtigung technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Veränderungen.

Feinstaubbelastung PM10

Die folgende Abbildung 71 zeigt die Entwicklung der jährlichen Emissionsmengen von primärem PM10 vom Jahr 2000 bis zum Jahr 2021. Die Jahresmittelwerte der Freiluftmessungen des gesamten PM10, d. h. der primären und sekundären Anteile, für jede der Referenzregionen sind übereinandergelagert. Bis 2005 war eine Stagnation bei den Immissionen zu beobachten, während die primären PM10-Emissionen um etwa 25 % zurückgingen. Der Rückgang der Emissionsmengen um 25 % im Jahr 2021 im Vergleich zu 2005 spiegelt nur teilweise den entsprechenden Rückgang der PM10-Gesamtwerte in der Luft um 40 % wider. Bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen hat also ein stärkerer Rückgang der sekundären PM10-Konzentrationen zusätzlich zu den primären PM10-Konzentrationen zu dem Gesamtrückgang beigetragen. Dieser grössere Beitrag ist auf den starken Rückgang der Emissionen von sekundären PM10-Vorläufersubstanzen, vor allem NO_x und SO₂, von 2005 bis 2021 zurückzuführen². Sie verursachen Nitrate und Sulfate, die im Winter etwa 40 % und im

Sommer etwa 20 % der Komponenten des Gesamt-PM10 ausmachen.

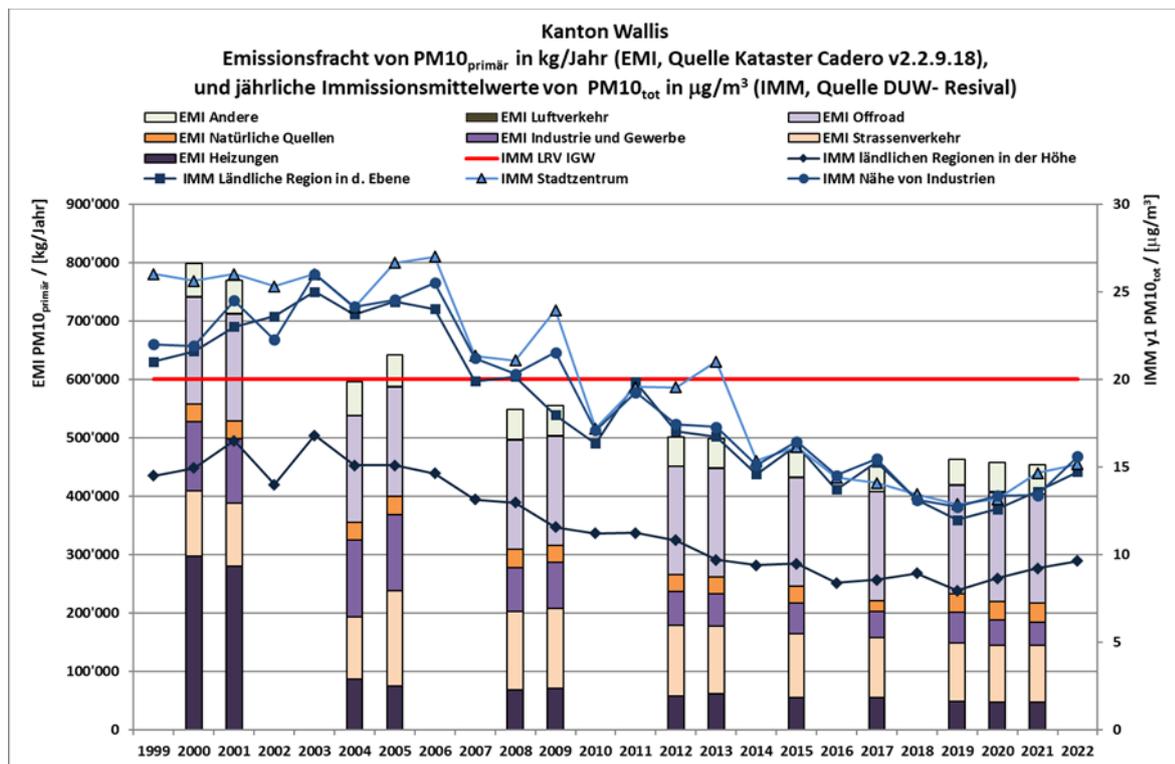
Seit 2009, als der kantonale LRV-Plan in Kraft trat, setzte sich die zwischen 2005 und 2010 begonnene rückläufige Entwicklung bis 2019 mit einer recht gleichmässigen Rate fort. Die seit 2007 in der LRV eingeführten neuen Beschränkungen für Staubemissionen aus Industrie- und Heizungsanlagen sowie für Maschinen, die Russ emittieren, sind die wichtigsten Vorsorgemassnahmen, 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 Erlass über Abfallfeuer im Freien aus dem Jahr 2007 ist ein weiterer wichtiger Beitrag zu den festgestellten Verbesserungen.

Seit 2019 steigen die PM10-Werte wieder deutlich an. Diese Beobachtung würde befürchten lassen, dass die Präventionsmassnahmen ihr Potenzial ausgeschöpft haben und sich die Situation wieder verschlechtert. In den drei Jahren von 2020 bis 2022

gab es jedoch starke Episoden von Saharastaub-Ereignissen. Ihre Intensität war so hoch, dass die Jahresmittelwerte deutlich beeinflusst wurden. Ohne diese transkontinentalen Einträge würden die PM10-Werte in etwa auf dem Niveau von 2019 stagnieren. Für das Jahr 2022 mit seinen Niederschlagsdefiziten

zeigt die DUW-Analyse jedoch, dass die PM10-Jahreswerte im Talgebiet zwischen 14 und 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen werden, was ziemlich genau den Werten entspricht, die durch die SDE verursacht wurden. Die SDE haben vor allem die Jahresmittelwerte in der Höhe um +15 bis +18 % erhöht.

ABBILDUNG 71 - PM10, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 1999 BIS 2022



Feinstaubbelastung PM2.5

Die folgende Abbildung 72 zeigt die Entwicklung vom Jahr 2012 bis zum Jahr 2021 der jährlichen Emissionsmengen von primärem PM2.5 gemäss Kataster. Die Ergebnisse der Jahresdurchschnittswerte der Messungen des gesamten PM2.5 im Freien, d. h. der primären und sekundären Anteile, werden für jede der Referenzregionen ab dem Beginn der Messungen im Jahr 2018 hinzugefügt. In den hochgelegenen ländlichen Regionen hatten die Messungen bereits 2015 in Montana begonnen. Während die Emissionswerte in den letzten 5 Jahren stagnierten, steigen die Immissionen in ländlichen Gebieten von 2019 bis 2022 ähnlich wie PM10 an. Das ist verständlich, solange PM2.5 ein Bruchteil von PM10 mit vergleichbarer Zusammensetzung für die Hintergrundbelastung ist. Die Sandeinbrüche der Sahara tragen zu den Ergebnissen bei, wenn auch in geringerem Masse als bei PM10. Die höchsten täglichen PM2.5-Werte, die 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ überschreiten, werden ausserdem durch Waldbrände (August 2022) und gewöhnliche Verbrennungsquellen (Januar,

März 2022) verursacht. In Stadtzentren und in der Nähe von Industrieanlagen, wo die Belastung durch nahegelegene Quellen, die Verbrennungspartikel ausstossen, höher ist, ist eine Stagnation der Immissionen zu beobachten. Diese Orte werden jedoch von der Hintergrundverschmutzung beeinflusst. Das Ausbleiben eines ähnlichen Anstiegs wie in den ländlichen Gebieten könnte auf einen Rückgang der PM2.5-Belastung durch gewöhnliche Quellen hindeuten, die hauptsächlich aus Verbrennungsprozessen stammen. Dies würde der scheinbaren Stagnation zugrunde liegen, die nicht durch den Beitrag der SDE aufrechterhalten wird. Ob diese Hypothese zutrifft, wird sich in einem Jahr ohne starke Einbrüche von Saharasand zeigen.

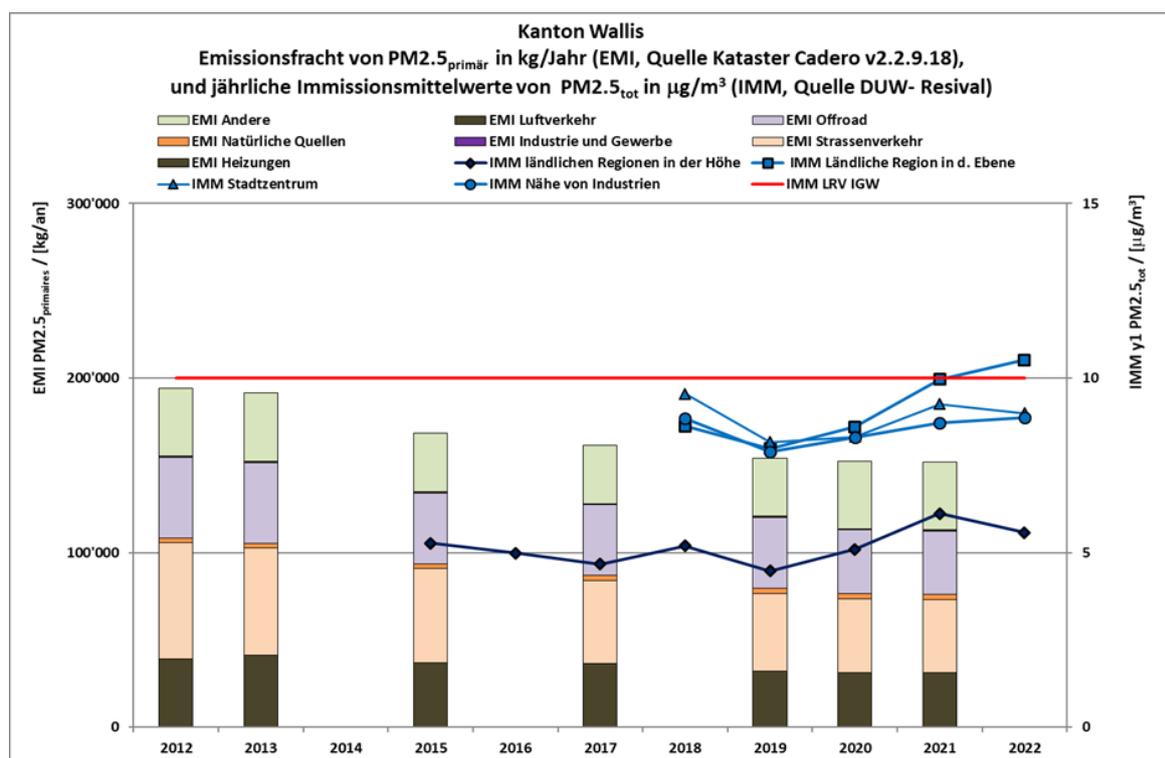
Seit 2009 stammen die grössten Rückgänge an primärem PM2.5 laut Kataster aus den Bereichen Strassenverkehr, Offroad und Heizungen. Der Rückgang der Emissionen um 30 % im Jahr 2021 im Vergleich zu 2009 im Bereich der Heizungen ist auf

optimierte oder abgeschaffte Feuerungen zurückzuführen. In den Bereichen Strassenverkehr und Offroad sind die Emissionen von Abriebpartikeln heute nicht mehr als 10 % geringer als zum Zeitpunkt der Verabschiedung des kantonalen Plans. Der Grossteil des Rückgangs der PM2.5-Emissionen aus dem Strassenverkehr und dem Offroad-Sektor um 50 % bzw. 38 % im Jahr 2021 gegenüber 2009 ist daher auf einen deutlichen Rückgang der Verbrennungspartikel in diesen Bereichen

zurückzuführen. Partikelfilter an den Auspuffrohren von Dieselmotoren tragen zu dieser Entwicklung bei.

Der Fall der Industrien bleibt ausgenommen, da ihre Feinstaubemissionen ausschliesslich unter PM10 verbucht werden. In Wirklichkeit sind aber in der Industrie immer noch grosse Ölkessel in Betrieb und die verschiedenen Abfallverbrennungsöfen stossen Verbrennungstaub aus.

ABBILDUNG 72 - PM2.5, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 2012 BIS 2022

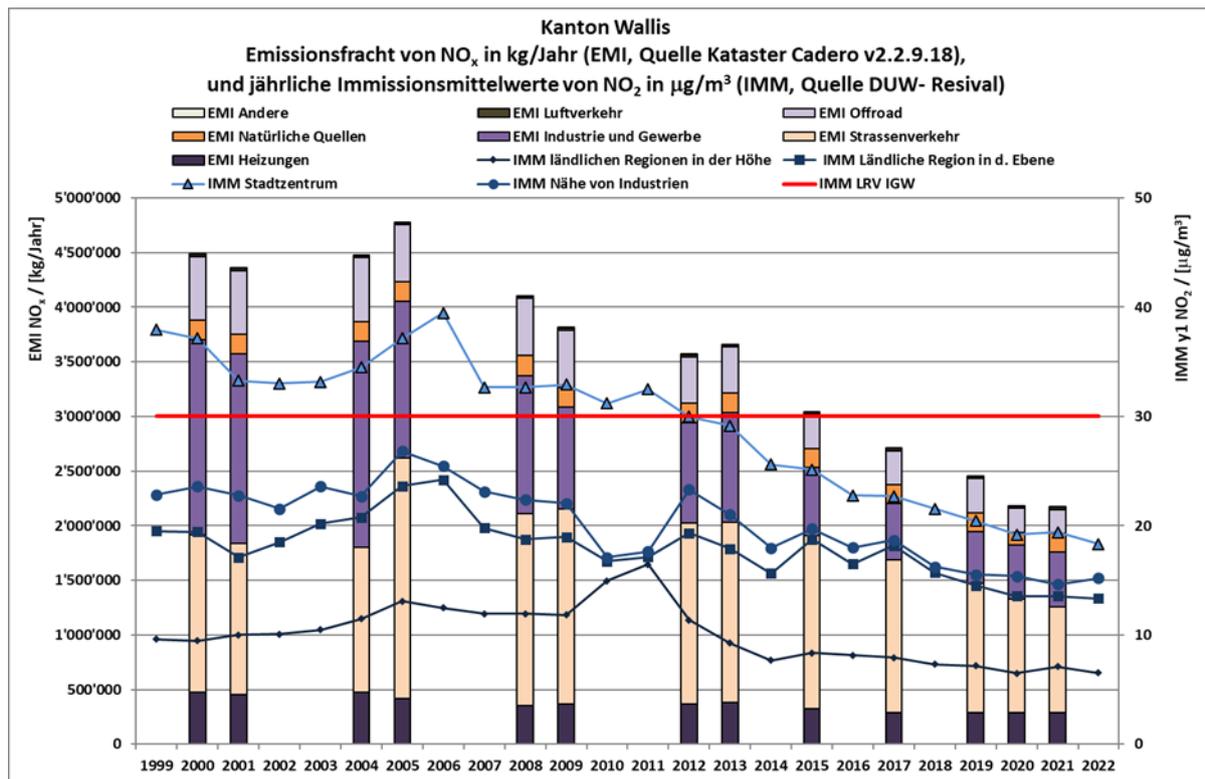


Stickstoffdioxidbelastung (NO₂) laut Quellen von Stickoxide (NO_x)

Abbildung 73 zeigt die Entwicklung der jährlichen NO_x-Emissionsmengen von 2000 bis 2021 sowie die entsprechenden Ergebnisse von Stickstoffdioxidmessungen (NO₂) in der freien Luft als Jahresmittelwerte für den jeweiligen Standort-Typ. Hinsichtlich des Beitrags der NO_x-Emissionen zur sekundären PM10-Bildung machen Nitrate im Winter etwa 25 % und im Sommer etwa 5 % der Komponenten des gesamten PM10 aus. Eine deutliche Verringerung der emittierten Mengen des Vorläufergases verringert den PM10-Gehalt signifikant. Dieser Effekt ist im Winter am stärksten ausgeprägt, da dieser Zeitraum aufgrund des höheren Feinstaubgehalts in der Atmosphäre am kritischsten ist.

Abbildung 73 zeigt, dass die ungefähre Stagnation der NO₂-Werte in der Luft zwischen 1999 und 2006 durch die ziemlich konstanten NO_x-Emissionsmengen gut belegt ist. Danach gehen die Werte zurück, sowohl bei den Emissionen mit einem Rückgang von 54% im Jahr 2021 im Vergleich zu 2005 als auch bei den Immissionen mit einem Rückgang von 46 % 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. Sie betragen im Jahr 2021 gegenüber 2005 53 %, 65 %, 58 % bzw. 32 %. Die Stilllegung der Raffinerie in Collombey im Jahr 2015 führte zu einem starken Einbruch der Emissionen im Bereich Industrie um etwa 500 Tonnen/Jahr weniger.

ABBILDUNG 73 - NO_x, Entwicklung der Belastungsniveaus von 1999 bis 2022



Der Rückgang der NO_x-Werte in städtischen Gebieten war im Vergleich zu den anderen Stationen etwas verzögert, da er erst 2012 und nach einem deutlichen Anstieg von 2004 bis 2006 wesentlich einsetzte. Seit 2013 liegen die Jahreswerte unter den LRV-Grenzwerten. Der Abstand hat sich bis 2021 vergrößert, um schliesslich einen mässigen Verschmutzungsgrad zu gewährleisten. In hochgelegenen ländlichen Gebieten wurde innerhalb

von vier Jahren von 2011 bis 2014 ein deutlicher Rückgang verzeichnet. Die Erklärung dafür liefert der Emissionskataster nicht, der zu über 99 % für die Freisetzung in Bodennähe gilt. Die seit 2014 erreichten relativ stabilen Höhenkonzentrationen sind im Durchschnitt um 33 % niedriger als im Zeitraum 2000 - 2006. Es ist eine deutliche grundlegende Verbesserung zu beobachten. Die zwischenzeitlichen Schwankungen von 2007 bis

2012 haben sich nicht fortgesetzt. Der relative Rückgang der NO₂-Hintergrundbelastung um 33 % in höheren Lagen (-3.6 µg/m³) ist stärker als der Hintergrundrückgang in ländlichen Flachlandregionen, der 24 % beträgt (-5 µg/m³). Letztere bedeutet jedoch einen grösseren Rückgang der durchschnittlichen Konzentrationen. Dies ist hauptsächlich auf die Sanierungen und Optimierungen der Walliser Emissionen aus Heizungen, Industrieabwässern und dem Strassenverkehr zurückzuführen.

Der Kataster für die Gemeinde Sitten führt den bemerkenswerten Rückgang der NO₂-Immissionswerte um 40 % in der städtischen Umgebung von Sitten von 2011 bis 2021, der sich 2022 leicht verstärkt, in erster Linie auf den Strassenverkehr, dann auf den Offroad-Sektor und schliesslich auf Heizungen zurück. Bei den Emissionen sind die NO_x-Emissionen 2021 um 37 % niedriger als 2011. Dies entspricht 87 Tonnen weniger Emissionen aus dem

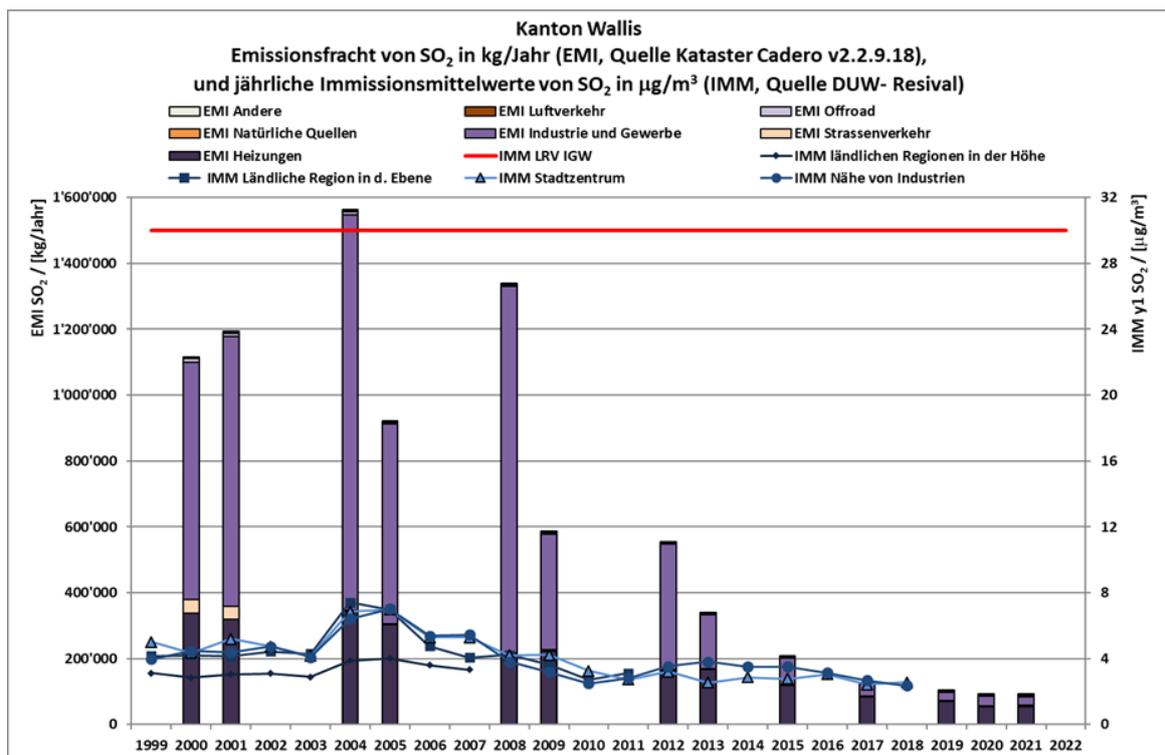
Strassenverkehr in der Agglomeration Sitten und 9 bzw. 6.5 Tonnen weniger aus dem Offroad-Verkehr und den Heizungen, was insgesamt 104 Tonnen weniger Emissionen pro Jahr ergibt. Die Abnahmen an der Nabel-Station in Sitten Flughafen-A9 verdeutlichen ebenfalls den starken Rückgang der NO₂-Immissionen an Stellen, die starkem Verkehr ausgesetzt sind. Der Rückgang beträgt 32 % im Jahr 2022 im Vergleich zu 2011. Es ist anzumerken, dass der Anteil von NO₂ am NO_x an dieser Station allmählich steigt. Er stieg von 41 % im langjährigen Durchschnitt 1999-2001 auf 54 % für den Zeitraum 2020-2022. Tatsächlich ist die Abnahmerate von NO in der Umgebungsluft an der Bundesstation deutlich grösser als die von NO₂. Das in den Abgasen von Verbrennungsmotoren vorherrschende Stickstoffmonoxid wird allmählich in geringeren Mengen freigesetzt. Der Anteil dieses primären Schadstoffs wird zugunsten des sekundären Schadstoffs Stickstoffdioxid, der auch aus Quellen in grösserem Massstab stammt, abgeschwächt.

Schwefeldioxidbelastung (SO₂)

Abbildung 74 zeigt die Entwicklung vom 2000 bis 2021 der jährlichen Emissionsmengen von SO₂ sowie die Immissionen dieses Schadstoffs als Jahresmittelwerte nach Typregionen bis zum letzten Messjahr von Resival im Jahr 2018. SO₂ 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 Collombey im April 2015 führte zu einem starken Einbruch der Emissionen im industriellen Bereich um etwa 137 Tonnen/Jahr weniger im Jahr 2016 gegenüber 2014.

ABBILDUNG 74 - SO₂, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 1999 BIS 2021



Die LRV hat den Schwefelgehalt in Benzin und Diesel stufenweise geregelt. Seit 2000 lag die Begrenzung bei 150 mg/kg bzw. 350 mg/kg. Ab 2005 wurde sie dann für beide Kraftstoffe auf 50 mg/kg gesenkt. Im Jahr 2009 senkte die LRV den Grenzwert schliesslich auf die aktuellen 10 mg/kg. 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 "Extraleicht Eco" zu verwenden. Diese umweltfreundlichere Qualität zeichnet sich durch einen maximalen Schwefelgehalt von 0.005 Massenprozent aus, der 95 % unter dem des Heizöls "extra leicht" liegt, das auch als Euro-Heizöl bezeichnet wird.

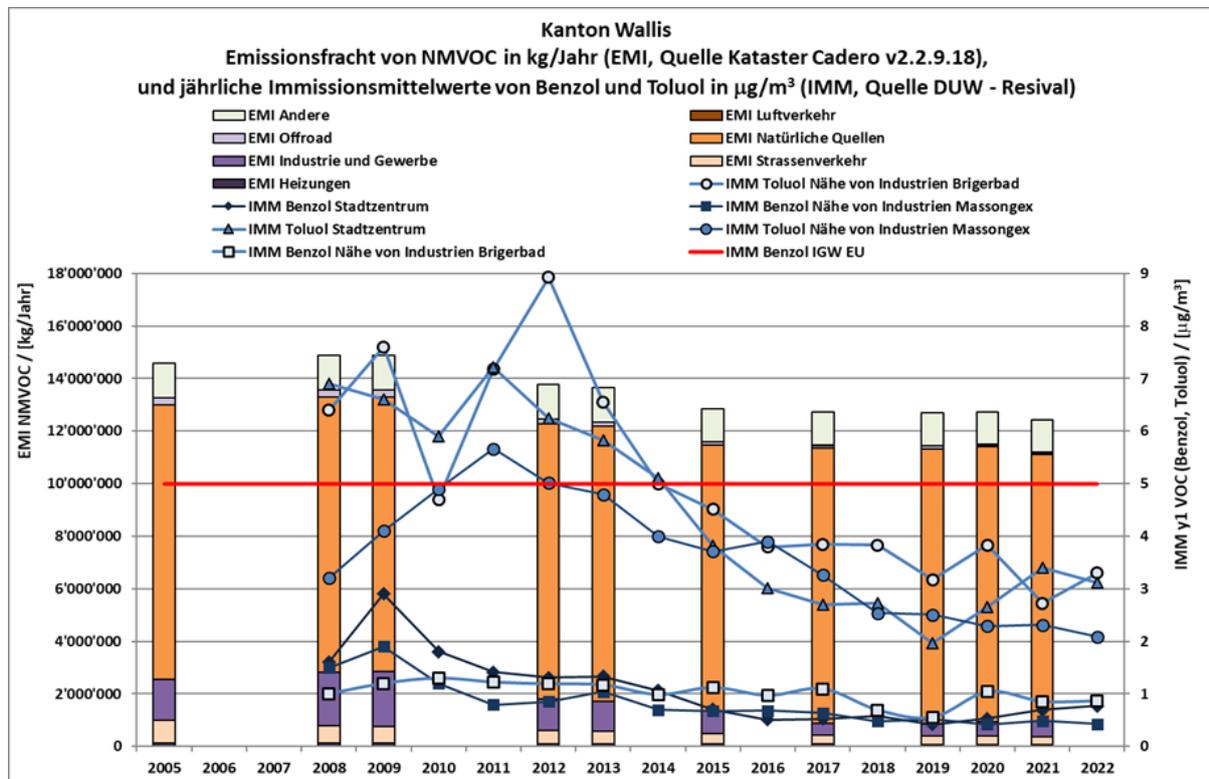
Verschmutzung durch flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Die folgende Abbildung 75 zeigt die Entwicklung der jährlichen NMVOC-Emissionsmengen (VOC ohne Methan) von 2005 bis 2021 sowie die Messergebnisse als Jahresmittelwerte für die beiden wichtigsten VOC an den Standort-Typen im Wallis bis 2022. Dabei handelt es sich um Benzol und Toluol.

gesunken. Im Offroad betrug der Rückgang 67 % (-166 to/Jahr). Mit 344 to/Jahr weniger im Bereich Natur sind dies die Hauptbeiträge zum Gesamtrückgang von 17 %. Der Rückgang der natürlichen Emissionen um 3 % spiegelt den Rückgang der Vegetationsfläche im Kanton wider. Die Urbanisierung der Rhoneebene und die Zunahme der Siedlungs- und Infrastrukturflächen um mehr als 50 % in den letzten 30 Jahren tragen zu diesem Trend bei. Um die natürlichen Ressourcen zu schonen und der Holzenergie eine gute Zukunft zu sichern, wird ihre Mässigung wohlwollend zur Kenntnis genommen.

Die Gesamtmenge der emittierten NMVOCs ist bis 2021 im Vergleich zu 2005 bzw. 2009 um 15 % bzw. 17 % gesunken. Derzeit machen natürliche Emissionen 81 % der emittierten Mengen aus. Von 2009 bis 2021 sind die NMVOC-Emissionen im Bereich der Industrie um 71 % (-1'495 to/Jahr) und im Bereich des Strassenverkehrs um 53 % (336 to/Jahr)

ABBILDUNG 75 - NMVOC, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 2005 BIS 2022



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 Menge gesundheitsschädliche VOCs wie Benzol enthält. Im Vergleich zu den Gesamtemissionen im Jahr 2021, die hauptsächlich durch die Vegetation verursacht werden, ist dies wenig (4.5 %). Waldbrände gehören zu den Emissionsquellen von krebserregendem Benzol, das im Verbrennungsprozess entsteht. Eine stärkere Trockenheit könnte sie begünstigen, ebenso wie die Freisetzung grosser Mengen an Feinstaub, der unverbrannt bleibt.

Die Abwärtsentwicklungen zwischen den ersten vier Jahren und den letzten vier Jahren sind bei Benzol und Toluol an allen drei Stationen ähnlich (Abbildung 75). Die Station Brigerbad sticht jedoch bei Benzol deutlich hervor. Sie verzeichnete einen Rückgang dieses Schadstoffs um 30 Prozent im Vergleich zum mehrjährigen Durchschnitt 2019-2022 im Vergleich zum Mehrjahresmittel 2008-2011. An den beiden anderen Stationen in Sitten und Massongex beträgt dieser Rückgang 66-69 %. Sitten ist der Ort mit den grössten Verbesserungen mit einem Rückgang von 69 % bei Benzol und 58 % bei Toluol. Einerseits ist der Strassenverkehr in der Umgebung der städtischen Stationen stärker als in der Nähe der Industrie. Andererseits profitieren die Emissionen von Haushalten und Unternehmen in der Stadt nicht von den sehr hohen Fabrikschornsteinen, die für eine stark verdünnte Luftverschmutzung sorgen, die so weit wie möglich von ihrer unmittelbaren Umgebung entfernt ist. Aus diesem Grund hat die Stadtstation in den letzten zehn Jahren erhebliche Verbesserungen bei den Benzol- und Toluolemissionen aus dem Strassenverkehr und den Aktivitäten der örtlichen Unternehmen erzielt. Die Rückgänge der Toluol-Immissionen zwischen den

Zeiträumen 2008-2011 und 2019-2022, die zwischen 49 und 58 % liegen, sind 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. Im Oberwallis ist es jedoch stärker von lokalen Besonderheiten abhängig. Der Verlauf von Brigerbad in Abbildung 83 unterscheidet sich in allen Proportionen von demjenigen von Sitten und Massongex. Die Schadstoffquellen, die Topologie und die Winde, die für das Rhonetal zwischen Brig und Visp spezifisch sind, tragen dazu bei, dass sich das Rhonetal bei bestimmten Schadstoffen abhebt.

Für Industrieanlagen sind die Daten des [Swiss PRTR \(admin.ch\)](https://www.admin.ch) eine zusätzliche Quelle zu den Informationen, die auf den vom Kanton verlangten Meldungen nach Art. 12 LRV basieren. Für das Wallis sind derzeit 19 grosse Unternehmen im nationalen Register eingetragen, wobei die Auswahlkriterien des Systems berücksichtigt wurden. Sie sind in drei Bereichen tätig: chemische Industrie, Abfallentsorgung und Metallverarbeitung. Für das Jahr 2021 meldet Swiss PRTR 197 Tonnen NMVOC, die von den Standorten dieser Einrichtungen emittiert wurden. Der Rückgang um 15-20 % im Vergleich zu den beiden Vorjahren ist auf drei grosse Unternehmen der chemischen Industrie zurückzuführen.

Die DUW erhält Berichte auf einer breiteren Basis, die nun 45 grosse Unternehmen umfasst. Im Jahr 2021 verursachen sie 512 Tonnen VOC, die in die Luft freigesetzt werden, eine Belastung, die 2.6 Mal höher ist als die vom Swiss PRTR angenommene. Diese Menge wird dem Bereich Industrie des Walliser Katasters zugewiesen.