



© Michal Stipek

LUFTQUALITÄT IM WALLIS

■ BERICHT 2024



CANTON DU VALAIS
KANTON WALLIS

Département de la mobilité, du territoire et de l'environnement
Service de l'environnement

Departement für Mobilität, Raumentwicklung und Umwelt
Dienststelle für Umwelt

VORWORT

Eine wichtige Aufgabe meiner Dienststelle besteht darin, für eine gute Luftqualität im Wallis zu sorgen und damit die Gesundheit der Bevölkerung und die Umwelt zu schützen. So engagiert sie sich seit 1985 dafür, dass Massnahmen zur Verringerung der Schadstoffemissionen an der Quelle umgesetzt werden. Bei den Schadstoffen, die wir mit Hilfe des Messnetzes «RESIVAL» überwachen, können wir seit fast 20 Jahren eine stetige Verbesserung feststellen, insbesondere beim Stickstoffdioxid und beim Feinstaub.

Diese Entwicklung zeigt, dass die Luftreinhaltepolitik, die der Kanton in Koordination mit dem Bund und bei Bedarf mit Unterstützung der Gemeinden betreibt, erfolgreich ist. Mit Ausnahme von Ozon, das von März bis September die in der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) festgelegten Begrenzungen nach wie vor überschreitet, werden die meisten Immissionsgrenzwerte (IGW) heute eingehalten.

Der Bericht für das Jahr 2024, den Sie hier vor sich haben, zeigt und kommentiert die Verbesserungen der Luftqualität und welche die Herausforderungen für die Zukunft sind. Dazu gehört die Verringerung der Feinstaubwerte (PM10 und PM2.5), die seit 2018 stagnieren. Hierzu wären, wie die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene 2023 festhielt, strengere IGW in die LRV einzuführen. Zwar entspricht die heutige Situation den hauptsächlich gesetzlichen Anforderungen, doch die Kommission ist der Ansicht,

dass diese Anforderungen dem im Umweltschutzgesetz (USG) bekundeten Willen des Gesetzgebers nicht vollständig genügen.

Im Wallis werden die Beobachtungen zum Stand der Feinstaubbelastung durch die Einträge der episodisch auftretenden Saharasand-Ereignisse gestört. Doch für den Feinstaub aus Verbrennungs- und Abriebprozessen gibt es eine klare Vorstellung für lokale Handlungsansätze und deren Auswirkungen auf die Luftqualität.

Mehrere Seiten des vorliegenden Berichts widmen sich den Massnahmen gegen Ammoniak. Dessen Überwachung ist in der LRV zwar nicht direkt verankert, dennoch gehört er neben dem Ozon und den Stickoxiden zu den Stoffen, die für empfindliche Ökosysteme und die Biodiversität am schädlichsten sind. Die Ergebnisse zeigen, dass die Ammoniakwerte in der Rhoneebene für einfache Pflanzen wie Moose und Flechten sowie für bestimmte höhere Pflanzen kritisch sein können.

Mit dem Engagement meiner Mitarbeitenden, die das ganze Jahr über ihre Überwachungs-, Analyse- und Informationsaufgaben wahrnehmen, und der wertvollen Unterstützung durch die Kaminfegerbranche und Fachfirmen sind wir weiterhin bestrebt, für eine optimale Luftqualität für die gesamte Walliser Bevölkerung zu sorgen.

Christine Genolet-Leubin

Chefin der Dienststelle für Umwelt

IHNALTSVERZEICHIS

VORWORT.....	3
ABBILDUNGEN.....	5
TABELLEN.....	7
DAS WESENTLICHE.....	8
1. LUFTREINHALTUNG UND PRÄVENTIONSMASSNAHMEN.....	9
2. FAKTOR WETTER UND LUFTVERSCHMUTZUNG.....	11
2.1. Das Wetter im jahresverlauf 2024.....	13
3. RESIVAL.....	16
4. OZON – O ₃	17
4.1. Steckbrief.....	17
4.2. Ergebnisse 2024.....	18
4.3. Entwicklung der Immissionen.....	20
4.4. AOT 40.....	21
5. FEINSTAUB – PM10.....	23
5.1. Steckbrief.....	23
5.2. Ergebnisse 2024.....	24
5.3. Entwicklung der Immissionen.....	25
6. FEINSTAUB – PM2.5.....	30
6.1. Steckbrief.....	30
6.2. Ergebnisse 2024.....	31
6.3. Entwicklung der Immissionen.....	32
7. ELEMENTARER KOHLENSTOFF (RUSS).....	33
8. STICKSTOFFDIOXID – NO ₂	35
8.1. Steckbrief.....	35
8.2. Ergebnisse 2024.....	36
8.3. Entwicklung der Immissionen.....	37
9. AMMONIAK – NH ₃	40
9.1. Steckbrief.....	40
9.2. Ergebnisse 2024.....	41
9.3. Entwicklung der Immissionen.....	42
9.4. Stand der Immissionen.....	44
10. GROBSTAUBNIEDERSCHLAG.....	47
10.1. Steckbrief.....	47
10.2. Ergebnisse 2024.....	48
10.3. Entwicklung der Immissionen.....	48
11. FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN – VOC.....	53
11.1. Steckbrief.....	53
11.2. Ergebnisse 2024 und Entwicklung der Immissionen.....	54
LITERATUR.....	60
ABKÜRZUNGEN, EINHEITEN UND SYMBOLE.....	61
ANHÄNGE.....	64

ABBILDUNGEN

ABBILDUNG 1 – DIE RESIVAL-MESSSTATIONEN	16
ABBILDUNG 2 – O ₃ , ÜBERSCHREITUNGEN DER STUNDENNORM NACH KONZENTRATIONSKLASSEN	19
ABBILDUNG 3 – O ₃ , ANZAHL STUNDEN >120 µg/m ³	19
ABBILDUNG 4 – O ₃ , MONATLICHE 98-PERZENTILE	19
ABBILDUNG 5 – O ₃ , ANZAHL STUNDEN ÜBER 120 µg/m ³ , REGIONALER HÖCHSTWERT	20
ABBILDUNG 6 – O ₃ , MAXIMALE STUNDENSPITZENWERTE NACH JAHREN	21
ABBILDUNG 7 – AOT 40 IN DEN JAHREN 1990 BIS 2024, REGIONALE MITTELWERTE	22
ABBILDUNG 8 – PRIMÄRE PM10-EMISSIONEN IM WALLIS 2023	23
ABBILDUNG 9 – PM10, REGIONALE JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024	26
ABBILDUNG 10 – PM10, MAXIMALE ANZAHL TAGE > 50 µg/m ³ , REGIONALE HÖCHSTWERTE (ROTE LINIE: TOLERANZSCHWELLE VON 3 TAGEN)	26
ABBILDUNG 11 – BLEI IM PM10 VON 2001 BIS 2024, REGIONALE MITTELWERTE	28
ABBILDUNG 12 – CADMIUM IM PM10 VON 2001 BIS 2024, REGIONALE MITTELWERTE	28
ABBILDUNG 13 – ERGEBNISSE 2014 - 2023 FÜR PAK UND BENZO(A)PYREN AN DER NABEL-STATION IN SITTEN	29
ABBILDUNG 14 – PRIMÄRE PM2.5-EMISSIONEN IM WALLIS 2023	30
ABBILDUNG 15 – PM2.5 2018-2024 REGIONALE JAHRESMITTEL IN µg/m ³ (ROTE LINIE, LRV-GRENZWERT)	32
ABBILDUNG 16 – EK, JAHRESMITTELWERTE VON 2008 BIS 2024	33
ABBILDUNG 17 – EK 2024 IN MASSONGEX	34
ABBILDUNG 18 – PM10 PM2.5 2024 IN MASSONGEX	34
ABBILDUNG 19 – NO _x , Emissionen im Jahr 2023 im Wallis	35
ABBILDUNG 20 – NO ₂ , TAGESMITTELWERTE IN SITTEN UND BRIGERBAD IN 2024	37
ABBILDUNG 21 – NO ₂ JAHRES- UND REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE VON 1990 BIS 2024	38
ABBILDUNG 22 – NO ₂ , MAXIMALE ANZAHL DER ÜBERSCHREITUNGEN DER TAGESNORM VON 2000 BIS 2024	39
ABBILDUNG 23 – NH ₃ , EMISSIONEN WALLIS 2023	40
ABBILDUNG 24 – ERGEBNISSE DER MESSKAMPAGNE 2024 IN VIONNAZ ÜBER STICKSTOFFIMMISSIONEN FÜR AMMONIAK UND STICKSTOFFDIOXYD	41
ABBILDUNG 25 – ERGEBNISSE DER MESSKAMPAGNE 2024 IN VISP ÜBER STICKSTOFFIMMISSIONEN FÜR AMMONIAK UND STICKSTOFFDIOXYD	42
ABBILDUNG 26 – JÄHRLICHE AMMONIAKKONZENTRATIONEN IN WALLIS VON 2000 BIS 2024	43
ABBILDUNG 27 – KARTE DER KRITISCHEN WERTE FÜR GASFÖRMIGES AMMONIAK IN DER SCHWEIZ IM JAHR 2020	44
ABBILDUNG 28 – KARTE DER KRITISCHEN BELASTUNGEN DURCH STICKSTOFFDEPOSITIONEN IN DER SCHWEIZ IM JAHR 2020	45
ABBILDUNG 29 – STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2024 REGIONALE MITTELWERTE	49
ABBILDUNG 30 – BLEI IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2024, REGIONALE MITTELWERTE	50
ABBILDUNG 31 – CADMIUM IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2024, REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE	51
ABBILDUNG 32 – Zink in µg/(m ² × d) IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2024, REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE	52
ABBILDUNG 33 – NMVOC-Emissionen (VOC ausser Methan) im 2023	53
ABBILDUNG 34 – BENZOL, JAHRESMITTEL	54
ABBILDUNG 35 – BENZOL, MONATSMITTEL 2024	54
ABBILDUNG 36 – TAGESWERTE VON BENZOL IM JAHR 2024 BEI DEN 4 STATIONEN IN DER EBENE	56
ABBILDUNG 37 – BENZOL -IMMISSIONEN AN DER STATION BRIGERBAD IM JAHR 2024 (90° = OST, 270° = WEST)	57

ABBILDUNG 38 – BENZOL-IMMISSIONEN AN DER STATION MASSONGEX IM JAHR 2024 (0° = NORD, 180° = SÜD)	58
ABBILDUNG 39 – TOLUOL, JAHRESMITTEL	59
ABBILDUNG 40 – TOLUOL, MONATSMITTEL-WERTE 2024	59
ABBILDUNG 41 – LAGE DER MESSSTATIONEN DES MESSNETZES RESIVAL	68
ABBILDUNG 42 – LES GIETTES, LAGE DES STANDORTS	76
ABBILDUNG 43 – LES GIETTES, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024	78
ABBILDUNG 44 – LES GIETTES, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024	79
ABBILDUNG 45 – LES GIETTES, O ₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120µg/m ³ VON 1990 BIS 2024	79
ABBILDUNG 46 – MASSONGEX, LAGE DES ORTES	80
ABBILDUNG 47 – MASSONGEX, JAHRESMITTELWERTE DER PM10 VON 1999 BIS 2024	82
ABBILDUNG 48 – MASSONGEX, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024	82
ABBILDUNG 49 – MASSONGEX, O ₃ ANZAHL STUNDENWERTE >120 µg/m ³ VON 1990 BIS 2024	83
ABBILDUNG 50 – SAXON, LAGE DES STANDORTS	84
ABBILDUNG 51 – SAXON, JAHRESMITTELWERTE DER PM10 VON 1999 BIS 2024	86
ABBILDUNG 52 – SAXON, STICKSTOFFDIOXID-JAHRESMITTELWERTE VON 1990 BIS 2024	87
ABBILDUNG 53 – SAXON, O ₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m ³ VON 1990 BIS 2024	87
ABBILDUNG 54 – SITTEN, LAGE DES STANDORTS	88
ABBILDUNG 55 – SITTEN, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024	90
ABBILDUNG 56 – SITTEN, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024	91
ABBILDUNG 57 – SITTEN, O ₃ ANZAHL STUNDENWERTE >120 µg/m ³ VON 1990 BIS 2024	91
ABBILDUNG 58 – EGGERBERG, LAGE DES STANDORTS	92
ABBILDUNG 59 – EGGERBERG, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024	94
ABBILDUNG 60 – EGGERBERG, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024	94
ABBILDUNG 61 – EGGERBERG, O ₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m ³ VON 1990 BIS 2024	95
ABBILDUNG 62 – BRIGERBAD, LAGE DES STANDORTS	96
ABBILDUNG 63 – BRIGERBAD, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024	98
ABBILDUNG 64 – BRIGERBAD, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024	99
ABBILDUNG 65 – BRIGERBAD, O ₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m ³ VON 1990 BIS 2024	99
ABBILDUNG 66 – MONTANA, LAGE DES STANDORTS	100
ABBILDUNG 67 – MONTANA JAHRESMITTELWERTE PM10 VON 2002 BIS 2024	102
ABBILDUNG 68 – MONTANA, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 2002 BIS 2024	103
ABBILDUNG 69 – MONTANA, O ₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120µg/m ³ von 2002 BIS 2024	103
ABBILDUNG 70 – GEGENÜBERSTELLUNG DER IMMISSIONSWERTE IM WALLIS 2024 MIT DEN WICHTIGSTEN LRV-BEGRENZUNGEN	105
ABBILDUNG 71 – PM10, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 1999 BIS 2024	107
ABBILDUNG 72 – PM2.5, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 2012 BIS 2024	108
ABBILDUNG 73 – NO _x , Entwicklung der Belastungsniveaus von 1999 bis 2024	109
ABBILDUNG 74 – SO ₂ , ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 1999 BIS 2023	110
ABBILDUNG 75 – NMVOC, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 2005 BIS 2024	111

TABELLEN

TABELLE 1 – AUSWIRKUNG DER MASSNAHMEN AUF DIE WICHTIGSTEN LUFTSCHADSTOFFE	10
TABELLE 2 – METEOROLOGISCHE WERTE FÜR SITTEN*	13
TABELLE 3 – O ₃ , ERGEBNISSE 2024	18
TABELLE 4 – PM ₁₀ , ERGEBNISSE 2024	24
TABELLE 5 – PM _{2.5} , ERGEBNISSE 2024	31
TABELLE 6 – ELEMENTARER KOHLENSTOFF (EK), ERGEBNISSE 2024	33
TABELLE 7 – NO ₂ , ERGEBNISSE 2024	36
TABELLE 8 – GROBSTAUBNIEDERSCHLAG UND METALLGEHALT , IM JAHRESDURCHSCHNITT 2024	48
TABELLE 9 – BENZOL UND TOLUOL, ERGEBNISSE 2024	54
TABELLE 10 – LRV-GRENZWERTE	69
TABELLE 11 – ANALYSE-PROGRAMM RESIVAL	71
TABELLE 12 – IMMISSIONSMESSUNG, ANALYTISCHE METHODEN	72
TABELLE 13 – NACH DER NORM ISO-17025 AKKREDITIERTE MESSUNGEN	73
TABELLE 14 – LES GIETTES, STANDORTBESCHRIEB	76
TABELLE 15 – LES GIETTES, ERGEBNISSE 2024	77
TABELLE 16 – LES GIETTES, MONATLICHE ERGEBNISSE 2024	78
TABELLE 17 – MASSONGEX, STANDORTBESCHRIEB	80
TABELLE 18 – MASSONGEX, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024	81
TABELLE 19 – MASSONGEX, ERGEBNISSE 2024 NACH MONATEN	82
TABELLE 20 – SAXON, STANDORTBESCHRIEB	84
TABELLE 21 – SAXON, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024	85
TABELLE 22 – SAXON, ERGEBNISSE 2024 NACH MONATEN	86
TABELLE 23 – SITTEN, STANDORTBESCHRIEB	88
TABELLE 24 – SITTEN, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024	89
TABELLE 25 – SITTEN, MONATSERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024	90
TABELLE 26 – EGGERBERG, STANDORTBESCHRIEB	92
TABELLE 27 – EGGERBERG, ERGEBNISSE 2024	93
TABELLE 28 – EGGERBERG, MONATLICHE ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024	94
TABELLE 29 – BRIGERBAD, STANDORTBESCHRIEB	96
TABELLE 30 – BRIGERBAD, ERGEBNISSE 2024	97
TABELLE 31 – BRIGERBAD, MONATSERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024	98
TABELLE 32 – MONTANA, STANDORTBESCHRIEB	100
TABELLE 33 – MONTANA, ERGEBNISSE 2024	101
TABELLE 34 – MONTANA, MONATLICHE ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024	102

DAS WESENTLICHE

Ozon (O₃): Die Ozonbelastung beeinträchtigt lebende Organismen und schädigt inertes Material. Zum Ausdruck kommt sie vor allem durch die Anzahl der Stundengrenzwert-Überschreitungen. 2024 wurden alle Grenzwerte überschritten, womit gegen die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) verstossen wurde. Seit Messbeginn im Jahr 1990 werden im Wallis vom kantonalen Messnetz RESIVAL überhöhte Konzentrationen registriert. Auf die Spitzenwerte im historischen Hitzesommer 2003 folgten in den Jahren 2015, 2018 und 2022 markante Anstiege. Auslöser waren Hitzewellen und starke Sonneneinstrahlung. Diese Bedingungen begünstigen eine anhaltende Produktion dieses sekundären Schadstoffs, der sich aus Vorläufergasen in der Luft und mithilfe der Sonneneinstrahlung bildet.

Stickstoffdioxid (NO₂): Die Jahresmittelwerte sind von 2006 bis 2024 schrittweise gesunken. Daraus ergibt sich ein gesamthafter Rückgang um 54 %. Die Werte für 2024 unterbieten jene von 2023 noch und sind erneut in allen Regionen die niedrigsten seit Messbeginn im Jahr 1990. Seit 2013 wird der Jahresgrenzwert von 30 µg/m³ an den RESIVAL-Stationen eingehalten. An der eidgenössischen NABEL-Station Sitten Flughafen-A9 ist dies seit 2019 der Fall. NO₂ ist der direkte Vorläufer von O₃ in unserer Atemluft. NO_x (NO+NO₂) ist auch an der Versauerung des Regens, der Eutrophierung von Ökosystemen und der Bildung von Feinstaub beteiligt.

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

Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}): PM₁₀ und seine feinere Fraktion PM_{2.5} sind die Schadstoffe mit den grössten Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit. Die Jahresmittelwerte für PM₁₀ sind seit 2006 allmählich gesunken. Daraus ergibt sich ein gesamthafter Rückgang von 49 % im Jahr 2024 bei den RESIVAL-Stationen. Von 2020 bis 2022 war ein leichter Anstieg der Konzentrationen zu beobachten, was hauptsächlich auf die massiven Saharand-Ereignisse zurückzuführen war. Im Jahr 2024 gab es nur ein eher mässiges im April. Auch das regelmässig recht regnerische Wetter trug durch den Auswaschungseffekt zu einer besseren Luftqualität bei. Trotz aller Willkür der Wettereinflüsse wird die Jahresbegrenzung seit 2014 eingehalten. Kritischer sind die Jahreswerte für PM_{2.5}. 2022 überschritten sie die LRV-Begrenzung in der ländlichen Region. 2024 wurde die Begrenzung deutlich besser eingehalten. Weiterhin werden im Wallis pro Jahr etwa 100 vorzeitige Todesfälle auf die PM_{2.5}-Immissionen zurückgeführt.

Immissionsgrenzwerte (IGW): Diese sind in Anhang 7 der LRV enthalten und übernehmen weitgehend die 2005 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) festgelegten Leitlinien. Im Jahr 2021 veröffentlichte die WHO neue, strengere Luftqualitätsstandards. Im Jahr 2023 anerkannte die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene, dass diese mit den Grundsätzen des Umweltschutzgesetzes übereinstimmen, und empfahl daher, bestimmte LRV-IGW entsprechend anzupassen. Der Klimawandel hat das Potenzial, die bisher bekannten Wetterbedingungen grundlegend zu verändern. Seine Auswirkungen auf die Luftqualität machen deren Entwicklung schwieriger vorhersehbar und möglicherweise auch schwerer kontrollierbar.

Standort-Typ	Ozon (O ₃)	Feinstaub		Stickdioxid (NO ₂)	Staubniederschlag
		PM10	PM2.5		
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE					
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE					
STADTZENTRUM					
NÄHE VON INDUSTRIEN					

Obige Tabelle (Bedeutung Piktogramme s. Anh. 4) zeigt, dass mit Ausnahme des Ozons im gesamten Kanton die Langzeit-Immissionsgrenzwerte, d. h. die Jahresmittelwerte, der LRV im Wallis im Jahr 2024 eingehalten wurden. Diese Langzeitwerte werden festgesetzt, um die schädigenden Auswirkungen regelmässiger Expositionen gegenüber einer starken Luftverschmutzung vorzubeugen. Die neuen WHO-Standards von 2021 würden nun sicherstellen, dass die Einhaltung des Tages-IGW auch die Einhaltung des Jahresmittelwerts bedeutet und umgekehrt.

Nach dem Massstab der heutigen Langzeit-IGW werden übermässige Immissionen seit 2014 vermieden, ausser beim O₃ und einmal beim PM_{2.5}. Doch die unternommenen Anstrengungen müssen fortgesetzt werden, um der gesamten Walliser Bevölkerung jederzeit und dauerhaft eine optimale Luftqualität zu gewährleisten. An manchen Orten bestehen weiterhin lokale Herausforderungen, für welche Massnahmen an der Quelle und von Fall zu Fall angezeigt bleiben.

1. LUFTREINHALTUNG UND PRÄVENTIONSMASSNAHMEN

Luftverschmutzung kann lokal begrenzt oder unbegrenzt sein, je nachdem, ob sie aus einer einzelnen Anlage stammt oder aus einer Gruppierung von Anlagen und Verkehrsinfrastrukturen. Wenn der ganze Kanton oder ein erheblicher Teil seiner Bevölkerung von übermässigen Immissionen betroffen ist, verlangt die Luftreinhalte-Verordnung (LRV, SR 814.318.142.1), dass ein Massnahmenplan erstellt und umgesetzt wird. Die Absicht ist, die Verschmutzungswerte gesamthaft zu senken, indem man bei den zahlreichen Emissionsquellen für Luftschadstoffe ansetzt.

Der Plan bleibt so lange in Kraft, wie die Grenzwerte in Anhang 7 LRV nicht eingehalten werden. Im Jahr 2009 verabschiedete der Kanton Wallis einen solchen Plan. Damals überschritten die Jahreswerte für PM10 und Stickstoffdioxid (NO₂) im Wallis die von der Verordnung erlaubten Höchstwerte. Auch beim Ozon wurden während der Belastungsspitzen von März bis September Überschreitungen der Grenzwerte festgestellt.

Tabelle 1 auf der nächsten Seite zeigt die angestrebten Wirkungen des Walliser Plans von 2009. Der Hauptschwerpunkt liegt auf der Verringerung der Verschmutzung durch Feinstaub PM10, denn PM10, einschliesslich der feineren Fraktion 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 bei vorhandenem Feinstaub als krebserregend ein. Ebenfalls angestrebt wird die Verringerung der Belastung durch Stickoxid (NO_x) und flüchtige organische Verbindungen (VOC). Diese Schadstoffe sind Vorläufer des Ozons, das sich in unserer Atemluft bildet.

Die Ziele des kantonalen Plans für die Jahreswerte von Stickstoffdioxid (NO₂) und PM10 werden seit 2014 erreicht. Hingegen kommt es beim Ozon weiterhin zu Überschreitungen der LRV-Grenzwerte.

Obwohl diese Verschmutzung bezüglich ihrer Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit weniger kritisch ist und nur sporadisch je nach Wetterlage auftritt, bleibt sie ein gravierender Verstoss gegen die LRV-Bestimmungen.

Die Einhaltung der Ziele des kantonalen Massnahmenplans ist in erster Linie das Ergebnis der Kontrollen und Massnahmen, die von den Kaminfegeern und dem Kaminfegeerverband (AVMR), zugelassenen Fachpersonen und der DUW an den Anlagen durchgeführt werden.

Die neuen, im Herbst 2021 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) erlassenen Leitlinien stellen die Luftqualitätsziele in Frage. Sie tragen dem Wissensstand über die Auswirkungen der Luftverschmutzung Rechnung, der seit den vorherigen, von der Luftreinhalte-Verordnung weitgehend übernommenen Leitlinien von 2005 gewonnen wurde. Die neuen WHO-Standards liegen unter den Jahreswerten, die 2024 von den Stationen des Walliser RESIVAL-Netzes für PM2.5 und NO₂ beobachtet wurden, zumindest in der Ebene. Wenn die LRV diese Werte übernehmen würde, würden diese Schadstoffe zusammen mit dem Ozon zu den übermässigen Immissionen zählen. Aufgrund ihrer jährlichen Konzentration in der Luft würden sie zu einer chronischen Belastung in Bezug auf die von der WHO nun empfohlenen Langzeit-Begrenzungen. Aus diesem Grund hat das BAFU ein Verfahren eingeleitet, um die Immissionsgrenzwerte in Anhang 7 der LRV langfristig, voraussichtlich bis 2030, anzupassen.

TABELLE 1 – AUSWIRKUNG DER MASSNAHMEN AUF DIE WICHTIGSTEN LUFTSCHADSTOFFE

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

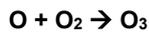
+++ Hauptschadstoffe, auf die die Massnahme abzielt

+ Schadstoffe, deren Rückgang durch die Massnahme begünstigt wird

2. FAKTOR WETTER UND LUFTVER- SCHMUTZUNG

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

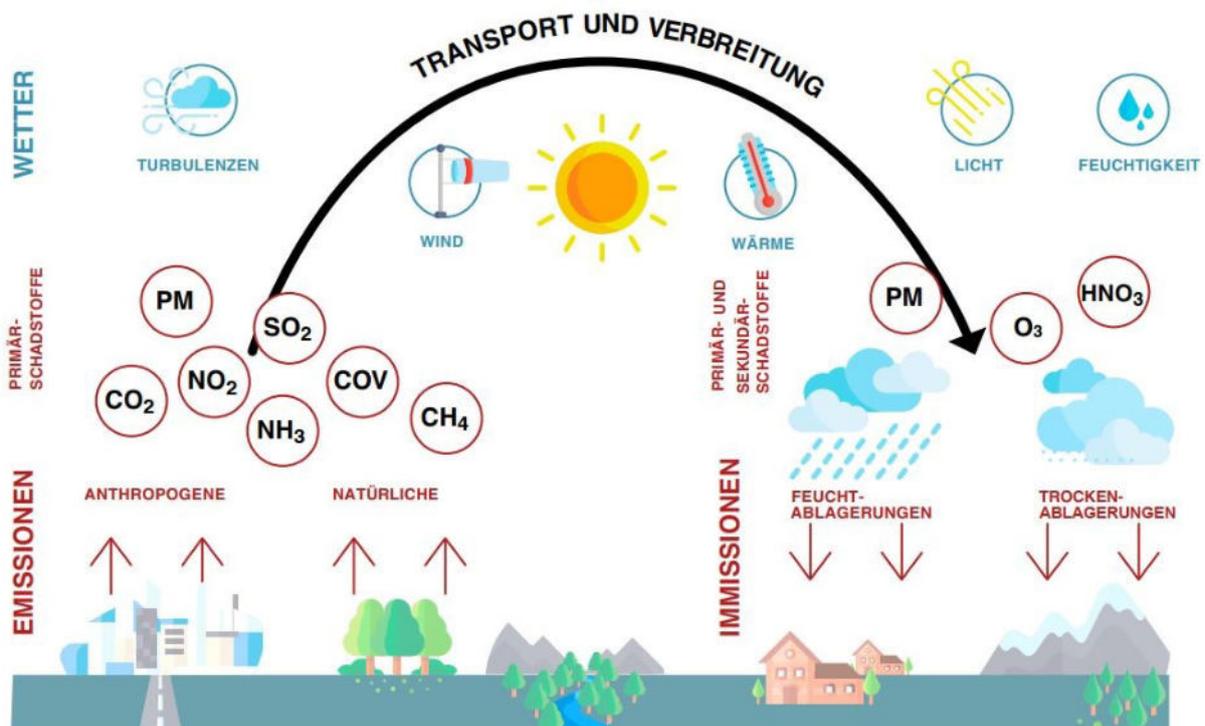
Die Schlüsselreaktionen dafür sind:



Die Gesamtreaktion $\text{NO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{O}_3$ ergibt sich aus einem ersten Schritt der Photodissoziation von

NO_2 durch ultraviolette (UV) Sonnenstrahlung, unmittelbar gefolgt von einem zweiten Schritt, der Bindung des freigesetzten atomaren Sauerstoffs (O) mit dem molekularen Sauerstoff (O_2) in der Atmosphäre, um so Ozon zu erzeugen. Letzteres wird als Sekundär-schadstoff bezeichnet. Beide Stoffe werden in der LRV behandelt. Der eine hält seine Begrenzungen gut ein (NO_2), der andere nicht (O_3). Dies liegt unter anderem an der katalytischen Wirkung von NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$) bei der Bildung von O_3 in Gegenwart von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Da das NO_2 nach seiner Spaltung regeneriert wird, ohne Ozon zu verbrauchen, reichen relativ geringe Konzentrationen in der Luft aus, um den Sekundärschadstoff wirksam zu erzeugen. Aufgrund des photochemischen Prozesses spielt die Sonneneinstrahlung eine wichtige Rolle bei dieser Produktion. Bei gutem Wetter und langen Phasen heisser Sommertage werden die höchsten O_3 -Werte begünstigt.

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



Das geografische Wallis besteht aus einem grossen, abknickenden Zentraltal, das von hohen Bergen bis über 3000 m Höhe umgeben ist, die von Seitentälern

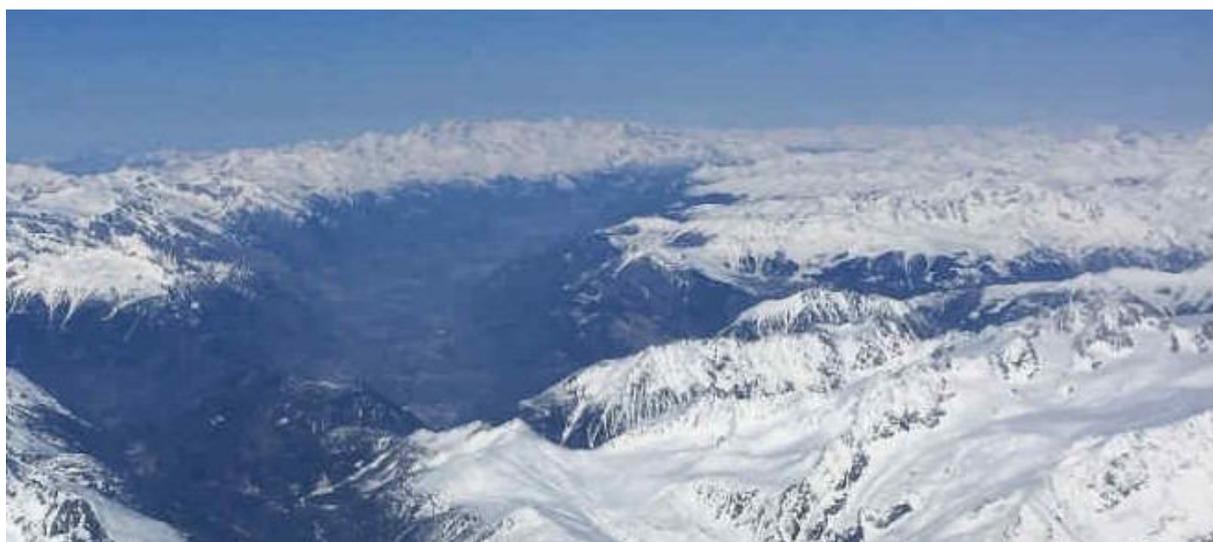
durchschnitten werden. Dieses Relief wird von Winden mit unterschiedlicher und manchmal sehr lokaler Dynamik durchzogen.

Die Meteorologie unterscheidet zwei Föhntäler im Kanton. Das erste reicht ungefähr von Brig bis Siders, das zweite von Martigny bis Le Bouveret. Bei schwachen Winden wird das Wallis zum Kessel, in dem die Luftverschmutzung vor allem von regionalen Schadstoffquellen und der Atmosphärenchemie beherrscht wird. Bei starken Winden kommt es zu erheblichen Einträgen kontinentaler und transalpiner Schadstoffe. In Fällen mit sehr grosser Reichweite sind sie transkontinental. Einträge von Ozon und seinen Vorläuferstoffen von jenseits des Atlantiks und Saharasand, der von Nordafrika aus als atmosphärischer Staub in grosse Höhen getragen wird, sind solche Phänomene.

Die Walliser Stationen des RESIVAL-Netzes messen die Luftqualität in der atmosphärischen Grenzschicht (AGS). Diese reicht typischerweise vom Boden bis in eine Höhe von etwa 1500 m. Darüber liegt die freie Atmosphäre, genauer gesagt, die freie Troposphäre, die sich in unseren Breitengraden bis zur Tropopause in 10'000 bis 12'000 m Höhe erstreckt. In der

Luftmasse einer bestimmten Wetterlage schwankt die Temperatur in der AGS erheblich mit dem Tages- und Nachtzyklus.

Tagsüber wird der Boden durch die Sonneneinstrahlung erwärmt und diese Wärme wird in die AGS zurückgestrahlt. Nachts kühlt sich der Boden ab und gibt dabei Infrarotstrahlung ab. Durch den Kontakt mit der kälteren Bodenoberfläche sinkt die Temperatur der Luft in ihrer Nähe. Die nächtliche Abkühlung ist in trockenen, klaren und windstillen Nächten, wenn die Erdstrahlung wirksam abgeleitet wird, am grössten. Das folgende Bild zeigt die AGS, in der das RESIVAL-Netz die Luftverschmutzung in der Region Mittelwallis misst. Die Schneedecke beginnt bei etwa 1800 m. ü. M. Die RESIVAL-Stationen beurteilen die Luftqualität unterhalb dieser Höhe für die Standort-Typen. Bestimmte, örtlich sehr beschränkte Situationen, in der Grössenordnung von Wohnquartieren in Siedlungsgebieten, weichen manchmal erheblich von den RESIVAL-Kriterien ab.



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

Schadstoffe sammeln sich dann leicht in den Kaltluftseen an, und an solchen Tagen werden normalerweise die höchsten Luftschadstoffkonzentrationen beobachtet. Eine bekannte Ausnahme bildet Ozon, dessen Konzentrationsspitzen neben seinen atmosphärischen Vorläufern auch von den sommerlichen Sonnen- und Wärmebedingungen abhängen. Auch ihnen sind Hochdrucklagen förderlich. Windstille Warm- und Kaltfronten mit ihrer Wolkendecke, die durch Luftmassenströme aus Hoch- und Tiefdruckgebieten entstehen und durch die Erdrotation gekrümmt werden, begünstigen hingegen die Ausbreitung von Schadstoffen in der Luft.

Turbulenzen spielen bei der Vermischung von Luftschadstoffen eine wichtige Rolle. Es gibt die bereits erwähnte thermische Turbulenz in Form von vom Boden aufsteigenden Wärmeflüssen. Dynamische Tur-

bulenzen stehen im Zusammenhang mit dem Windregime. Ihre Effekte bestimmen die Mischungshöhe, d. h. die Höhe, die das Volumen begrenzt, in dem die am Boden emittierten Schadstoffe effektiv vermengt werden. Sie verändert sich im Verlaufe des Tages und kann von 100, 200 bis zu 2000 m über dem Boden liegen. Die RESIVAL-Stationen messen die Luft in der ersten Schicht von 10 Metern über dem Boden, die sich in der Mischungshöhe befindet. Das ist die Luft, die wir normalerweise atmen, wenn wir unsere Freizeit nicht mit Gleitschirmfliegen verbringen. Episodische Einbrüche von Schadstoffen, die durch den geostrophischen Wind, d. h. den in der freien Atmosphäre zirkulierenden Wind, der weder durch Oberflächeneinflüsse noch durch Turbulenzen in der Mischschicht gestört wird, werden jedoch bei der Durchmischung der oberen und unteren Luftschich-

ten bis zum Boden transportiert. Die den Meteorologen wohlbekannte Subsidenz ist ein solches Phänomen, bei dem innerhalb eines Hochdruckgebiets die Luft über einer ganzen Region absinkt.

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

TABELLE 2 – METEOROLOGISCHE WERTE FÜR SITTEN*

Meteorologischer Parameter	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Mittlere Temperatur [°C]	11.4	11.0	10.5	11.8	11.5	11.2	11.4	12.5	11.8	11.6	10.3	12.2	11.8	11.7
Sonnenscheindauer [h]	2427	2212	2067	2022	2249	2086	2231	2271	2174	2279	2181	2400	2182	1965
Niederschläge [mm]	485	615	568	530	500	587	567	633	608	545	696	486	822	635

* 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 2024

2.1.1. ÜBER DAS GANZE JAHR

Laut dem Klimabulletin von MeteoSchweiz für das Jahr 2024 lag die mittlere landesweite Jahrestemperatur mit 7.2°C 1.4°C über der Norm 1991-2020 (Durchschnitt aus 30 Jahren). Nach 2022 und 2023 ist dies der dritthöchste Wert seit Beginn der Messungen im Jahr 1864. Die neun wärmsten Jahre wurden nach 2010 verzeichnet. Nach einer 2021 eingelegten Pause nahe an der Norm schreitet die Klimaerwärmung weiter voran. Ausgedrückt als Klimatendenz ist die Jahrestemperatur in der Schweiz heute um 2.9 °C höher als in der vorindustriellen Referenzperiode 1871–1900, mit einer Unsicherheit von etwa ±0.3 °C. Wie das Wetter hat auch die globale Erwärmung Auswirkungen auf die Luftqualität. Starke Niederschläge begünstigen die atmosphärische Auswaschung und eine Verringerung der Verschmutzung durch Nassdeposition. In einem insgesamt wärmeren Klimakontext ist nun aber die Oberflächentemperatur der Ozeane sowie der unteren Schichten der Atmosphäre höher.

Die Verdunstung aus den Ozeanen ist grösser und gleichzeitig die Kapazität der wärmeren Atmosphäre,

Wasserdampf als Vorläufer von Niederschlag zu fassen, höher. Der Klimawandel verstärkt somit das Potenzial für starke Niederschläge und macht sie wahrscheinlicher als im Klima davor. Dieser Wandel könnte somit zu einer besseren Luftqualität führen. Allerdings sind dabei auch häufigere Hitzewellen oder Dürren zu berücksichtigen, die beispielsweise dazu führen können, dass die trockene und heisse Luft die darin enthaltenen Schadstoffe nur schwer abgeben kann und diese somit länger in der Luft verbleiben.

In Sitten entsprach der Niederschlag 2024 106 % des Durchschnitts seit 2014 (11-jähriger Durchschnitt). Geht man etwas weniger weit zurück als der 30-Jahres-Standard von MeteoSchweiz, so lag die Temperatur in der Walliser Hauptstadt in diesem Jahr bei 101 % und die Sonnenscheindauer bei 90 % des Durchschnitts 2014-2024. Abgesehen von anhaltenden Niederschlägen und einem deutlichen Defizit an Sonnenschein waren die Jahreswerte für 2024 im Vergleich zum Durchschnitt der Vorjahre recht normal. Die Temperatur in Sitten liegt in einem Kalenderjahr zwischen 4 und 6 °C über dem nationalen Wert. Dieser Unterschied wird durch die geografische Lage bedingt.

2.1.2. VON JANUAR BIS MÄRZ

Das erste Quartal war insgesamt mild mit Tageshöchsttemperaturen über dem Normalwert (1991–2020). Allerdings gab es wenig Sonnenschein und es fiel regelmässiger Niederschlag. In allen Regionen lagen die Ozonwerte sowohl bei den Stundenwerten als auch beim monatlichen 98-Perzentil innerhalb der Vorgaben der Luftreinhalteverordnung (LRV), mit Ausnahme von Montana, wo der Wert im März geringfügig überschritten wurde. Was den Feinstaub betrifft, so verzeichnete MeteoSchweiz in den ersten drei Monaten 33 Tage mit Saharastaub-Ereignissen (Saharan Dust Event, SDE). Die stärksten Ereignisse wurden vom 27. bis 31. März beobachtet, wobei jenes vom 29. März durch einen hohen PM10-Wert an der Bundesmessstation auf dem Jungfrauoch ($> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) bestätigt wurde. Tatsächlich wurden in

2.1.3. VON APRIL BIS JUNI

Der oft sehr regnerische Mai trug zu einem sehr niederschlagsreichen Quartal ohne nennenswerte Trockenperioden bei. Die Sonnenscheindauer lag jeden Monat weit unter dem maximalen Wert. Die Temperaturen blieben nahe der Norm von 1991–2020. Es gab zahlreiche Föhnphasen, die im Frühjahr und Frühsommer häufiger auftraten als üblich. Unter diesen Bedingungen wurden die Ozonwerte im Wallis kaum überschritten, während die Überschreitungen des monatlichen P98-Perzentils nie mehr als 20 % des Normalwerts betrug (Abbildungen 3 und 4).

MeteoSchweiz meldete für das zweite Quartal 49 Tage mit Saharastaub-Ereignissen, was durch hohe PM10-Werte am Jungfrauoch an 11 Tagen bestätigt wurde. Dazu gehörten auch der 7. und 8. April, als in der Romandie hohe Tageskonzentrationen an Feinstaub gemessen wurden. Der höchste Wert im Wallis wurde von RESIVAL am Montag, dem 8. April, in Les Giettes und Sitten mit $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, gefolgt von Saxon und Massongex mit 69 bzw. $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die

2.1.4. VON JULI BIS SEPTEMBER

Die Monate Juli und August waren heiss, aber nicht trocken. In der Schweiz endete der Sommer mit dem zweitwärmsten August seit Beginn der Messungen im Jahr 1864. Im Wallis lagen die Temperaturen von Anfang Juli bis etwa 8. September über dem Durchschnitt von 1991–2020, jedoch ohne Hitzewelle. Die meisten Überschreitungen der Stundenhöchstwerte für Ozon wurden in diesem Quartal beobachtet (Abbildung 3), allerdings nicht so hoch wie in sehr heissen und sonnigen Sommern. Im September sank die Sonneneinstrahlung deutlich unter den Normalwert, was die Anzahl der stündlichen Ozonüberschreitungen stark verringerte und die monatlichen P98-

der Romandie am 29. und 30. März sehr hohe Tageswerte für PM10 gemessen. Das Wallis blieb jedoch von diesem Ereignis verschont. Dagegen wurden in Massongex an drei Tagen, vom Mittwoch dem 10. bis Freitag dem 12. Januar, Tageswerte über dem Luftreinhalte-Grenzwert für PM10 ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemessen. Diese Werte wurden nachträglich durch Kalibrierungen mit der HVS-Gravimetriemethode bestätigt. In diesem Zeitraum wurden keine signifikanten SDE gemeldet, aber in der Romandie herrschten damals moderate Inversionswetterlagen, die die Ansammlung von Schadstoffen aus lokalen Quellen begünstigen. Eine für das Chablais spezifische regionale Verschmutzung könnte diese drei Tage mit Überschreitungen erklären, ebenso wie die vier vorherigen Tage am 18., 26., 29. und 30. Dezember 2023.

SDE im Juni führten hingegen zu keiner Überschreitung des Grenzwerts an den RESIVAL-Messstationen.

Vom 28. bis 30. Juni gab es eine lange SDE-Periode. Auf dem Jungfrauoch erreichten die täglichen PM10-Konzentrationen Spitzenwerte von $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der 29. Juni war auch ein Tag mit schweren Unwettern, wie aus dem Jahresbericht von MeteoSchweiz hervorgeht: «Aus Süden wurde feuchte und instabile Luft zum Alpenraum geführt. In Teilen des Oberwallis und des Tessins gingen kräftige Gewitter nieder, die in kurzer Zeit enorme Niederschlagsmengen brachten. Die enormen Regenmengen liessen Bäche und Flüsse in kurzer Zeit massiv anschwellen und über die Ufer treten. Das Hochwasser und die von reissenden Bächen mitgeführten Geröllmassen hinterliessen abermals massive Schäden». Das Überlaufen der Rhone und der Navizence verursachte grosse Schäden in Chippis und Siders. Aufgrund dieser Bedingungen führten die starken Saharastaub-Ereignisse nicht zu übermässigen Tageswerten von PM10. Der höchste von RESIVAL in diesen drei Tagen gemessene Wert betrug $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Les Giettes am 29. Juni.

Perzentile nahe an den Luftreinhalteverordnung-Grenzwert senkte (Abbildung 4). Darüber hinaus lagen die Niederschläge, die die Luft auswaschen, im September über dem Normalwert, während sie im Juli nahe am Normalwert und im August deutlich darunter lagen.

Von Juli bis September wurden 11 Tage mit Saharastaub gemeldet, die an zwei Tagen durch hohe PM10-Werte am Jungfrauoch bestätigt wurden. Die RESIVAL-Stationen haben jedoch in diesem Quartal keine Überschreitungen des LRV-Grenzwerts für PM10 gemessen.

2.1.5. VON OKTOBER BIS DEZEMBER

Die Monate Oktober und November waren besonders mild. Der Herbst war im Oktober grau und sonnenarm. In der ersten Novemberhälfte brachte anhaltendes Hochdruckwetter im Wallis wie in den meisten Regionen der Schweiz überdurchschnittlich viel Sonnenschein. Die Ozonwerte blieben jedoch unter den LRV-Begrenzungen, da die Sonnenscheindauer am Tag nach der Herbst-Tagundnachtgleiche stark verkürzt ist. Der Dezember, der erste Monat des meteorologischen Winters, lag im Wallis sowohl hinsichtlich der Niederschläge als auch der Temperaturen und der Sonnenscheindauer nahe der Norm von 1991–2020. Die Niederschläge, die in diesem Quartal recht

gleichmässig verteilt waren, begünstigten eine relativ geringe Luftverschmutzung. Das höchste Tagesmittel für PM10 im RESIVAL-Netz wurde in Brigerbad mit $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Im gleichen Zeitraum wurde der höchste Tageswert für NO₂ mit $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an derselben Messstation gemessen (LRV-Grenzwert: $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Von Oktober bis Dezember wurden 55 Tage mit interkontinentalem Sandeintrag aus der Sahara gemeldet, von denen jedoch keiner durch einen hohen PM10-Wert ($> 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$) an der Bundesmessstation Jungfrauoch bestätigt wurde. Diese Einträge können daher als gering bis mässig bezeichnet werden.

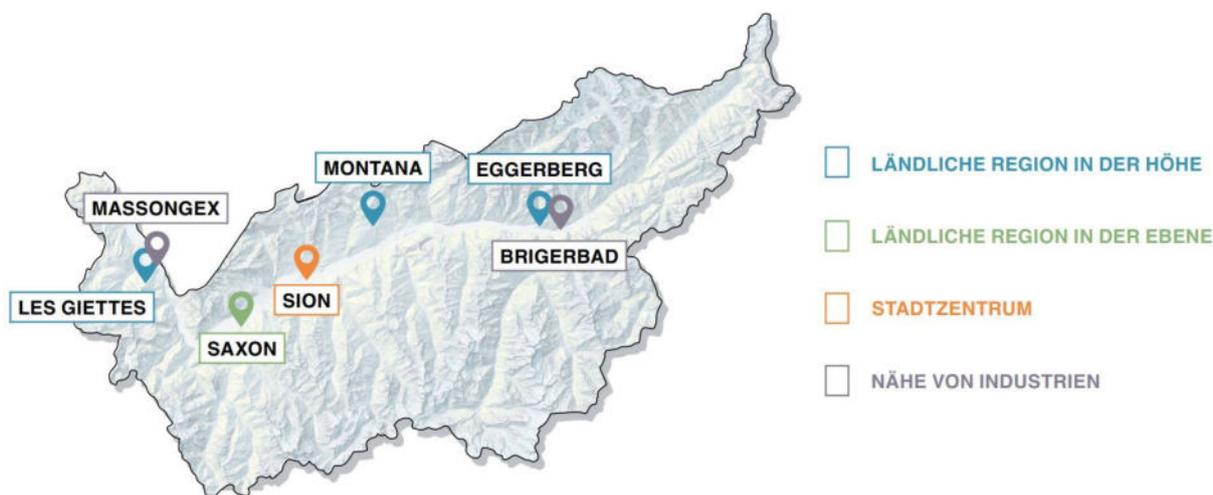
3. RESIVAL

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

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

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

ABBILDUNG 1 – DIE RESIVAL-MESSSTATIONEN



4. OZON – O₃

4.1. Steckbrief

Die Ozonbildung in unserer Umwelt erfolgt auf zwei unterschiedliche Arten:

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

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

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

Vorläufer von Ozon sind die VOC, die zum einen auf den Menschen, zum anderen auf natürliche Quellen zurückzuführen sind. Im Wallis überwiegen letztere (siehe Kapitel VOC).

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

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

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



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

4.2. Ergebnisse 2024

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

Die LRV-Grenzwerte verlangen zum einen, dass die Stundenwerte die Schwelle von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (60 ppb unter Normbedingungen) nicht mehr als einmal pro Jahr überschreiten und zum anderen, dass 98 % der Halbstundenmittelwerte eines Monats (P98) nicht über $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb unter Normbedingungen) liegen dürfen. Das P98 oder monatliche 98 %-Perzentil ist überschritten, wenn die Konzentrationen während knapp 15 Stunden, aufeinander folgenden oder nicht, in einem Monat über dem Grenzwert liegen. Dieses Ergebnis ist ein Indikator für wiederholte Ozonbelastungen. Mit mehr als 2 Monaten (2024: 5 bis 7) und 2 Stunden oder mehr (2024: 2 bis 80) pro Jahr, in denen die Grenzwerte in allen Regionen überschritten werden (Tab. 3), **ist die Luftqualität in Bezug auf Ozon als unzureichend zu beurteilen.**

In Bezug auf die Anzahl Überschreitungen des Stundengrenzwertes führt die Station Eggerberg die Rangliste an, gefolgt von Montana und Saxon. Die ausgeprägten Schwankungen zwischen den drei Stationen in der Höhe lassen sich vor allem durch die wechselhafte Bewölkung erklären, welche die für die

regionale Ozonbildung notwendige Sonneneinstrahlung beeinflusst. Luft, die stark von direkten NO-Quellen wie dem Strassenverkehr und Brennstoffheizungen beeinflusst wird, enthält aufgrund der Titrationsreaktion verringerte Ozonwerte.

Von den Stationen in der Ebene ist Sitten oft diejenige, wo dieser Effekt am stärksten wirkt. Im Jahr 2024 wurden dort jedoch mehr Überschreitungen verzeichnet als an den Stationen Massongex und Les Giettes. Diese beiden befinden sich im Chablais. Dies zeigt, wie die Ozonbildung von den regionalen Bedingungen abhängig ist. Im Jahresmittel war die Ozonbelastung in Sitten mit $46 \mu\text{g}/\text{m}^3$ jedoch etwas geringer als in Massongex mit $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Überschreitungen der Stundenwerte lagen zwischen 120 und $140 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Abbildung 2). Der höchste Wert mit $137 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wurde am 30. Juli zwischen 17 und 18 Uhr in Eggerberg gemessen. Die höchsten Stundenwerte der anderen Stationen wurden im August gemessen. Im Wallis wurden die Stundengrenzwerte hauptsächlich vom 25. bis 31. Juni, vom 12. bis 13. August und vom 28. August bis 2. September überschritten. An keinem Tag wurden an allen RESIVAL-Stationen gleichzeitig Ozonwerte von über $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Das Jahr 2024 war in Bezug auf übermässige Ozonbelastungen relativ harmlos.

TABELLE 3 – O₃, ERGEBNISSE 2024

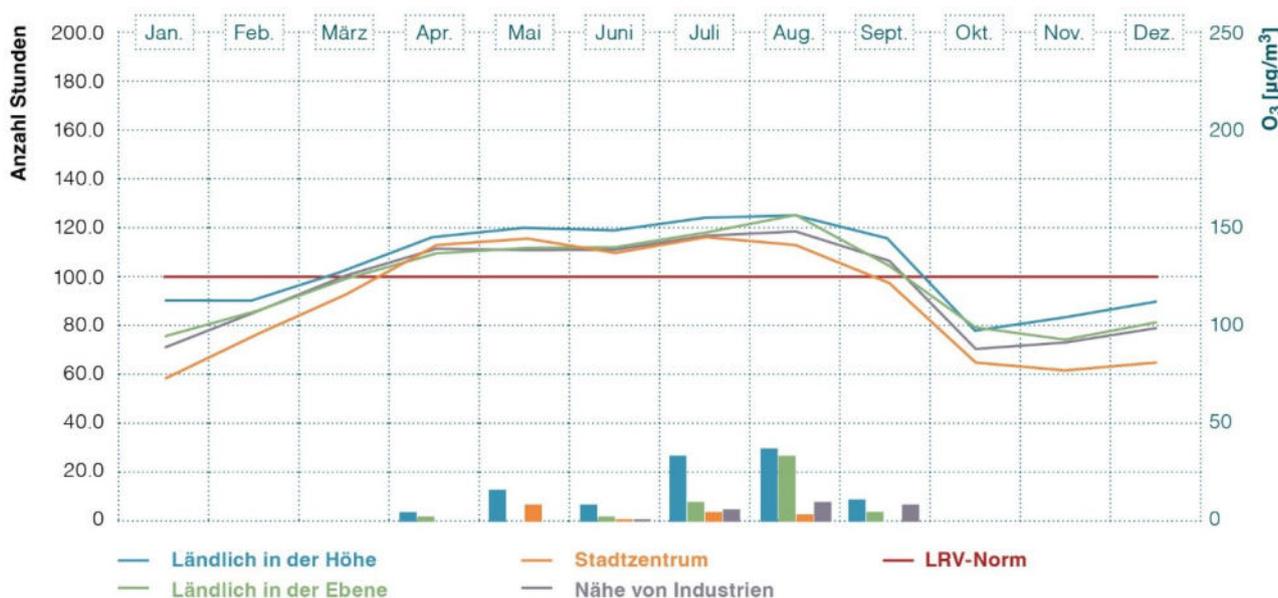
REGIONEN	STATIONEN	O ₃				
		Anz. Stunden > 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anz. Tage mit Std. >120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Maximaler Stundenwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Anz. Monate mit P98 >100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	P98 % Monats- höchstwerte [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	2	2	125	5	113
	Eggerberg	80	24	137	6	124
	Montana	51	14	129	7	125
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	43	13	135	6	125
STADTZENTRUM	Sion	15	5	128	5	116
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	7	7	129	5	113
	Brigerbad	20	8	130	6	118
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-Perzentile (P98) liegen von April bis September über den gesetzlichen Anforderungen (Abbildung 4), mit Ausnahme des Stadtzentrums von Sitten im September. Montana wies im März eine leichte Überschreitung auf, obwohl der P98-Wert tatsächlich nahe dem der Stationen in der Ebene lag, mit Ausnahme der Station Sitten. Die höchsten Werte wurden im Juli und August gemessen.

Wenn der transalpine Wind weht, kann es an den RESIVAL-Stationen in der Höhe zu Ozoninträgen aus den höheren Lagen kommen, wo die Luft ozonreicher ist. Die P98-Werte über der LRV-Begrenzung

im September wurden an den fünf RESIVAL-Stationen ausserhalb des Chablais gemessen. Die zahlreicheren und intensiveren Föhnphasen oberhalb von Martigny in diesem Monat trugen zu diesem regionalen Unterschied bei.

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 gegenüber anderen Luftschadstoffen entgegengesetzten Jahresverlauf, deren Konzentrationen im Winter normalerweise höher sind als im Sommer.

4.3. Entwicklung der Immissionen

Angesichts der Wetterbedingungen im Jahr 2024, das durch mangelnden Sonnenschein und regelmäßige Regenfälle gekennzeichnet war, sind die Ergebnisse für die Überschreitungen gegenüber den beiden Vorjahren rückläufig.

Im Jahr 2024 liegen die Zahlen für Stundenwerte über 120 µg/m³ nahe denen von 2020 und 2021, die einen deutlichen Rückgang verzeichneten (Abbildung 5). In der Region in der Nähe von Industrien ist dies der niedrigste Wert seit Beginn der Messungen im Jahr 1990. An den vier Standort-Typen ist im Zeitraum 2014-2024 eine rückläufige Tendenz zu beobachten. Dies war seit langem nicht mehr der Fall. Die von Jahr zu Jahr stark variierenden Ozonkonzentrationen führen jedoch zu grossen zwischenjährlichen Schwankungen in den Tendenzen. Die Werte für den Zeitraum 2004 bis 2014 erscheinen stabiler als die Werte seit 2015 in Abbildung 5. Wenn die fortschreitende Erderwärmung zu immer vielfältigeren

Wetterbedingungen von einem Jahr zum anderen führt, könnte dies diese Beobachtung erklären.

Die maximalen Stundenwerte für Ozon (Abbildung 6) für das Jahr 2024 liegen nahe denen von 2020 und 2021 und deutlich unter denen von 2022 und 2023, in denen es zu ausgeprägten Hitzewellen kam. Ein Rekordtiefwert wird in der Region in Industrienähe mit 130 µg/m³ erreicht. In allen Regionen hält sich ein leichter, aber anhaltender Rückgang im gleitenden 11-Jahres-Durchschnitt.

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

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

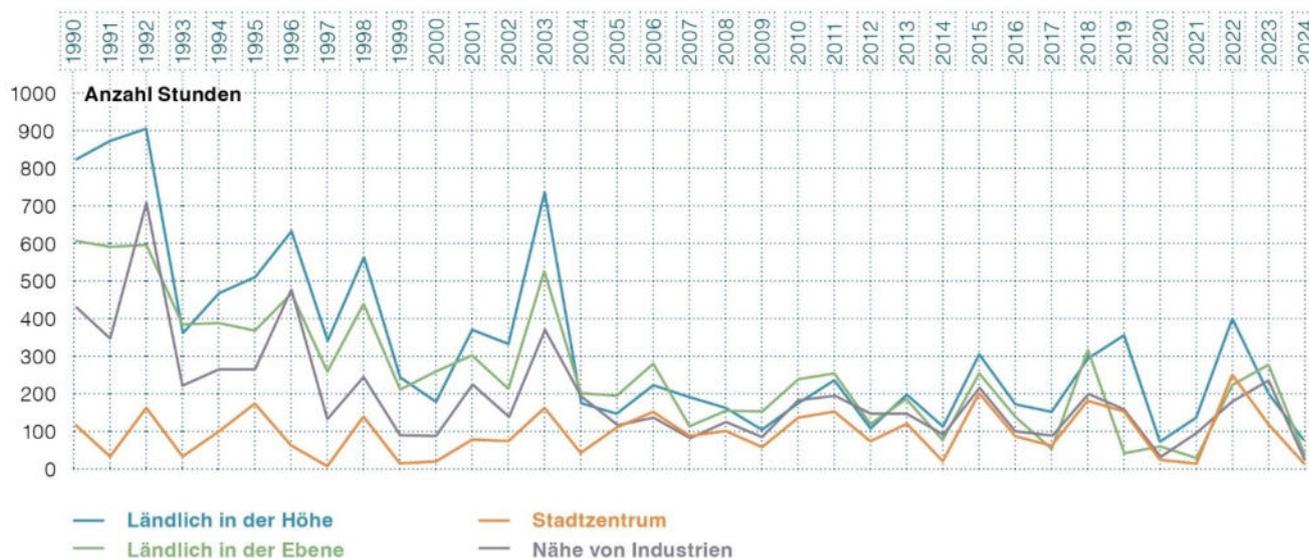
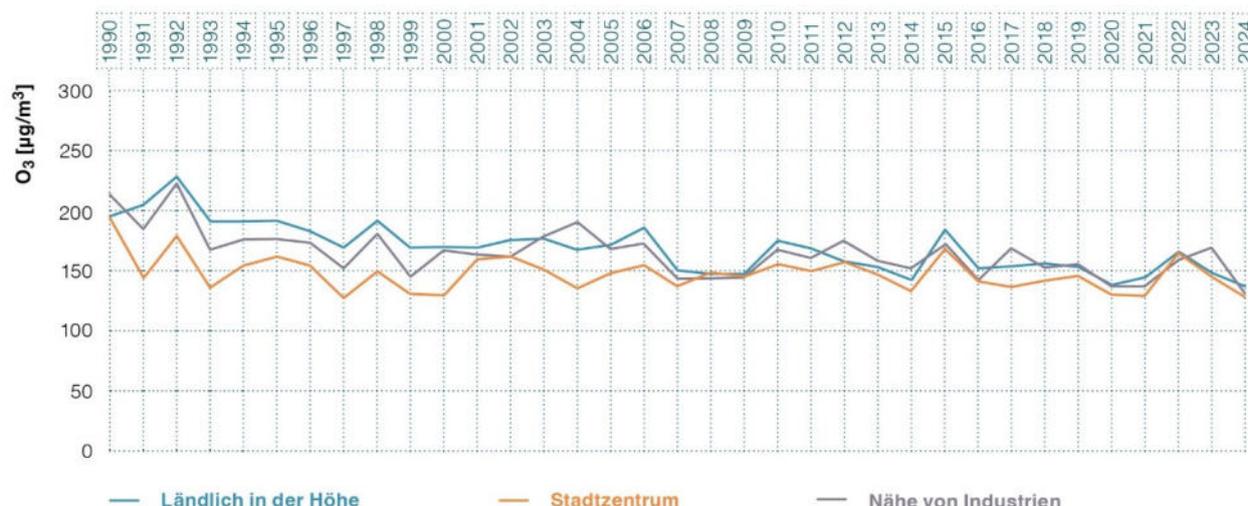


ABBILDUNG 6 – O₃, MAXIMALE STUNDENSPITZENWERTE NACH JAHREN



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

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

4.4. AOT 40

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

Der kritische Wert für den Schutz von Wald und Kulturland liegt bei 5 ppb×h. Bei höheren Konzentrationen leidet die Vegetation: Nekrose auf den Blättern, geringerer Ernteertrag, Schwächung der Wälder. Ozon ist neben Ammoniak und Stickoxiden der schädlichste Luftschadstoff für Ökosysteme. Es destabilisiert und schwächt sie. Eine anhaltende Ozonbelastung kann das Wachstum und die Vitalität empfindlicher Pflanzenarten beeinträchtigen. Laut einer aktuellen Studie von Agroscope, auf die sich das

BAFU bezieht [1], liegen die durchschnittlichen Ernteaufträge bei Weizen in der Schweiz bei etwa 3 %, können aber je nach Region und Jahr auch über 10 % betragen. Auch die Biodiversität ist gefährdet.

2024 bewegten sich die Konzentrationen zwischen 8 und 10 ppm×h (Abb. 7). Sie liegen nahe denen von 2020 und 2021, die einen historischen Tiefstand in den ländlichen Regionen in der Ebene darstellten, und deutlich unter denen von 2022 und 2023, Jahren mit hohen Ozonbelastungen im Sommer. Die kritische Schwelle wurde jedoch an allen Standort-Typen überschritten, wie jedes Jahr seit 2001.

ABBILDUNG 7 – AOT 40 IN DEN JAHREN 1990 BIS 2024, REGIONALE MITTELWERTE



Die höchsten Werte, ohne die Station Sitten, resultieren aus Episoden mit ausgeprägter Ozonbelastung, die in sehr sonnigen und warmen Sommern oder während längerer Hitzewellen auftraten, d.h. 2003, 2015, 2018, 2019, 2022 und 2023.

Bis 2006 hob sich die Messstation im Stadtzentrum von Sitten von den anderen Regionen ab. Sie befand sich wie heute an einer Strasse, die Teil eines dichten Strassennetzes ist. Typischerweise wurden an

Messstationen in Stadtzentren damals niedrigere Ozonkonzentrationen (siehe auch Abbildung 5) und deutlich höhere Stickstoffdioxidwerte (NO₂) gemessen als ausserhalb von Agglomerationsräumen (siehe Abbildung 21). Die Ozonwerte waren niedriger, da mehr Stickstoffmonoxid (NO) vorhanden war, das Ozon abbaut, bevor es sich in Stickstoffdioxid umwandelt. Der Beitrag des immer umweltfreundlicher werdenden Fahrzeugbestands ist ausschlaggebend für diese Entwicklung.

5. FEINSTAUB – PM10

5.1. Steckbrief

Feinstaub bleibt dauerhaft in der Luft schweben und stellt ein zentrales Problem für die Luftreinhaltung dar. Als PM10 werden Feinpartikel mit einem Durchmesser von weniger als zehn Mikrometer (<10 µm) bezeichnet. Das menschliche Auge nimmt Staub ab einer Grösse von 20 bis 40 µm wahr. Die Feinstaubbelastung ist daher für das blosse Auge unsichtbar. Doch in Emissionen tritt sie oft mit gröberem Staub zusammen auf, der sie sichtbar macht. Es gibt Primärpartikel, die direkt aus Quellen wie Verbrennung oder Abrieb stammen, und Sekundärpartikel, die durch die physikalische oder chemische Umwandlung von Vorläufergasen in der Atmosphäre entstehen. Verschiedene Nukleations-, Kondensations- und Koagulationsprozesse beeinflussen ihre Grösse. Wenn seine Fraktion kleiner als 2.5 µm ist, dringt Feinstaub bis in die Bronchien und tiefer in die Atemwege ein.

Zu den häufigsten gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch diese Verschmutzung gehören Bronchitis, Husten, Atemnot und Asthma. Sie erhöhen die Sterblichkeitsrate durch Krebs und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Eine Studie aus dem Jahr 2013 ergab, dass ein Anstieg von 10 µg/m³ in weniger als vier Tagen zu notfallmässigen Spitaleinlieferungen führt. Das BAFU weist darauf hin, dass die Verringerung der Feinstaubkonzentration in der Luft in den 1980er- und 1990er-Jahren zu etwa 15 % zur Erhöhung der Lebenserwartung in den USA beigetragen hat [1].

Im Wallis betragen die Emissionen von primären PM10-Partikeln im Jahr 2023 423 Tonnen. 24 % der Emissionen stammen aus dem motorisierten Verkehr, 9 % aus Heizungen, 3 % aus Industrie und Gewerbe und 8 % aus der Natur und der Viehzucht. Andere Quellen, hauptsächlich land- und forstwirtschaftliche Tätigkeiten, Bautätigkeit und Bahnverkehr, sind zu 56 % beteiligt (Abb. 8).

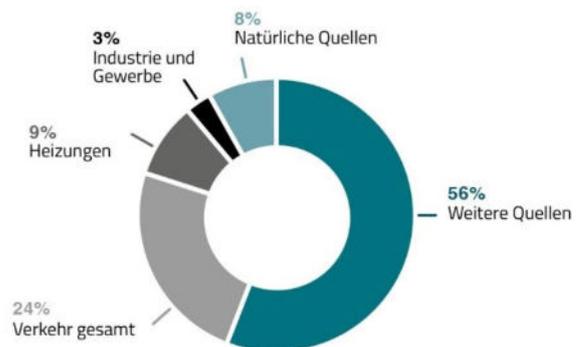
FEINSTAUB PM10 - LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK	
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	👍 gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	👍 gut
STADTZENTRUM	👍 gut
NÄHE VON INDUSTRIEN	👍 gut

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



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

ABBILDUNG 8 – PRIMÄRE PM10-EMISSIONEN IM WALLIS 2023



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

Daten: Kantonales Emissionskataster (CADERO).

5.2. Ergebnisse 2024

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

Der Jahresgrenzwert von 20 µg/m³ wurde an allen Standort-Typen klar eingehalten (Tabelle 4). Der Tagesgrenzwert von 50 µg/m³ wurde hingegen am 9., 10. und 11. Januar sowie am 8. April 2024 in Massongex überschritten. In Les Giettes war dies am 7. und 8. April der Fall, in Saxon und Sitten am 8. April. Die LRV toleriert drei Überschreitungstage pro Jahr. Mit 4 Überschreitungstagen stellt die Station Massongex erneut, wie schon 2023, eine Situation im Unterwallis dar, die mit der Tagesbegrenzung der LRV nicht konform ist. In den beiden Monaten Dezember 2023 und Januar 2024 wurden sieben Tage mit PM₁₀-Überschreitungen verzeichnet, die nicht auf Saharastaub-Ereignisse zurückzuführen sind.

Dass Saharastaub-Ereignisse (engl. Sand Dust Event oder Saharan Dust Event, SDE) zu Überschreitungen der LRV-Grenzwerte führen, ist bekannt. Nach dem problemlosen Jahr 2019, in dem es keine Überschreitung der PM₁₀-Begrenzungen gab,

waren die folgenden drei Jahre deutlich von massiven SDE geprägt. Filtert man die Daten mit den Tageswerten von über 10 µg/m³ PM₁₀ an der nationalen Jungfrauoch-Station und mit einer MeteoSchweiz-Aufzeichnung, die einen SDE identifiziert, dann waren die Tagesüberschreitungen im April 2024 an den RESIVAL-Stationen auf Saharastaub zurückzuführen. Dies ist bei den Überschreitungen im Januar in Massongex nicht der Fall. Die übermässigen Immissionen im Dezember 2023 und Januar 2024 sind auf eine für die Region Chablais spezifische Verschmutzung zurückzuführen. Während sie 2023 allein eine Nichteinhaltung der LRV-Vorschriften darstellten, lagen sie 2024 innerhalb der 3-Tage-Toleranz, und es war ein SDE, der am 4. Tag die Überschreitung verursachte, die zu einer erneuten Nichteinhaltung der LRV-Vorschriften führte.

Es ist anzumerken, dass an der nationalen Jungfrauoch-Station 2020 12 Tage mit PM₁₀-Konzentrationen über 10 µg/m³ verzeichnet wurden, im Jahr 2021 an 20 Tagen, im Jahr 2022 an 27 Tagen, im Jahr 2023 an 26 Tagen und im Jahr 2024 an 15 Tagen. Je nach Anzahl und Intensität wirkt sich dies auf die PM₁₀-Werte an den RESIVAL-Stationen und mehr oder weniger auf deren Einhaltung der LRV-Begrenzungen aus.

Eine Analyse von RESIVAL zeigt, dass interkontinentale Feinstaub-Ereignisse, die zu PM₁₀-Tageswerten von über 10 µg/m³ an der Messstation Jungfrauoch führen, einen Anstieg des PM₁₀-Jahresmittels bewirken, und zwar bis zu +6.5 %, (2020, Montana), +15 % (2021, Les Giettes), +18 % (2022, Montana), +15 % (2023, Les Giettes) und +13 % (2024, Les Giettes).

TABELLE 4 – PM₁₀, ERGEBNISSE 2024

REGIONEN	STATIONEN	PM ₁₀			Blei Jahresmittel Pb [ng/m ³]	Cadmium Jahresmittel Cd [ng/m ³]
		Jahresmittel [µg/m ³]	Anzahl Tage > 50 µg/m ³	Tageshöchstwert [µg/m ³]		
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	8.1	2	75	1.0	0.05
	Eggerberg	9.3	0	42	1.6	0.03
	Montana	8.1	0	46	0.9	0.05
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	12	1	69	1.8	0.04
STADTZENTRUM	Sion	13	1	75	2.2	0.04
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	14	4	73	2.3	0.04
	Brigerbad	13	0	49	2.3	0.05
LRV-NORM		20	3	50	500	1.5

Die niedrigsten Jahresmittelwerte weisen die Stationen in der Höhe auf, die sich oberhalb der Temperaturumkehr befinden, welche im Wallis im Winter bis auf ca. 1000 m ü. M. liegen und die Luftverschmutzung abfangen. Dies ist beispielsweise bei den Stationen Les Giettes und Montana der Fall. Die Messstation Eggerberg auf 840 m ü. M. im Oberwallis weist einen etwas höheren Durchschnittswert auf. Sie ist Kaltluftseen stärker ausgesetzt, die die Ansammlung von Schadstoffen begünstigen. 2024 ist die Feinstaubbelastung in den ländlichen Regionen in der Höhe als gering einzustufen. In der Ebene ist sie mässig.

Die Darstellung der PM₁₀-Belastung weicht von den obigen Schlussfolgerungen ab, wenn man die Tageswerte betrachtet. Die Bandbreite der Höchstwerte reicht von 42 bis 75 µg/m³ in der Höhe und von 49 bis 75 µg/m³ in der Ebene, verhält sich also ähnlich, und die bei den Jahresmittelwerten beobachtete Höhenstaffelung ist nicht mehr erkennbar. In der gleichen Grössenordnung wurde an 2 Tagen die Tagesbegrenzung in Les Giettes auf 1140 m ü. M. überschritten, im Vergleich zu 0 bis 4 Tagen in der Rhoneebene. Diese Beobachtungen lassen sich durch Saharasand-Ereignisse erklären. Die Stationen im Gebirge sind nicht besser davor abgeschirmt.

Von März bis Mai wird in der Walliser Luft der Kampf gegen den Frühlingfrost, der die Obstproduktion beeinträchtigt, ausgefochten. Zu den Mitteln, die dafür eingesetzt werden, gehören durchaus auch luftschonende Techniken, wie etwa die Frostschutzberegnung mit Wasser. Andere Methoden hingegen schaden der Luft. Dabei handelt es sich vor allem um die Verwendung von Paraffin-Frostschutzkerzen. Sie setzen schädliche Rauchgase frei, die krebserregenden Russ verbreiten. Seit 2014 schildern die RESIVAL-Berichte ihre Beobachtungen zu diesen Ereignissen. Die Messstation in Saxon, die in einem dicht bestandenen Obstkulturgebiet liegt, ist dafür bestens geeignet. Im Jahr 2024 traten die wichtigsten Bodenfrostnächte, die typischerweise zwischen Mitternacht und Mittag auftraten, am 7., 11., 14. und 25. März auf. In diesem Monat wurden Frostkerzen angezündet,

die in Saxon zwischen 1 und 11 Uhr einen PM₁₀-Spitzenwert von 90 µg/m³ am 25. März verursachten. Eine zweite Frostperiode gab es zwischen dem 18. und 27. April. Die Messstation in der ländlichen Ebene verzeichnete am 19. April zwischen 3 und 10 Uhr einen Spitzenwert von 280 µg/m³ und am 26. April zwischen 5 und 13 Uhr einen weiteren Spitzenwert von 70 µg/m³. In diesen Phasen lag der höchste Tageswert in Saxon bei 33 µg/m³ PM₁₀ am 19. April. Die Tagesbegrenzung wurde an den RESIVAL-Stationen während der gesamten Frostperiode eingehalten.

Eine Studie der DUW von 2021 im Auftrag der kantonalen Dienststelle für Landwirtschaft ermittelte einen Massenstrom der Staubemissionen pro Frostkerze von 1 g pro Stunde im besten Fall (perforiertes Holzpelletrohr) und bis zu 7 g pro Stunde im schlechtesten Fall (Paraffin-Frostkerzen aus Erdölfraktionen, aber auch aus handwerklich hergestelltem Kerzenwachs). Aus Gründen der öffentlichen Gesundheit empfiehlt die DUW, diese zu vermeiden, soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Die mobile Station Baltschieder westlich von Visp verzeichnete im Jahr 2024 einen PM₁₀-Jahresmittelwert von 15 µg/m³. Sie liegt etwas höher als die der RESIVAL-Stationen, und es handelt sich um eine signifikante Belastung. Im Oktober und November wurden vier Tageswerte über dem Grenzwert von 50 µg/m³ gemessen. Zwei der Überschreitungen wurden wahrscheinlich durch Saharastaub-Ereignisse (SDE) verursacht. Die beiden anderen, vom 20. Oktober und 11. November, aber nicht. Angesichts der PM₁₀-Werte, die an den beiden RESIVAL-Messstationen im Oberwallis (Eggerberg und Brigerbad) an diesen Tagen gemessen wurden, muss eine lokal sehr begrenzte Verschmutzung die Ursache für diese übermässigen Immissionen sein. Im Jahr 2024 stellten die vier Tage, an denen der LRV-Grenzwert von 50 µg/m³ an der mobilen Messstation Baltschieder überschritten wurde, einen Verstoß dar.

5.3. Entwicklung der Immissionen

Alle Werte seit 1999 wurden mittels der Gravimetrie-Referenzmethode (s. oben) ermittelt und sind daher direkt vergleichbar. Insgesamt haben sich die PM₁₀-Konzentrationen zwischen 1999 und 2006 nur geringfügig verändert. Seit 2006 lässt sich an allen Standort-Typen im Jahresmittel eine klar rückläufige Entwicklung beobachten (Abb. 9), was auch der landesweiten Tendenz (s. Ergebnisse NABEL [1]) entspricht. Der deutliche Rückgang von 2024 gegenüber

2006 fiel mit -42 % in den ländlichen Regionen in der Höhe am moderatesten aus, mit -53 % im Stadtzentrum am stärksten. 2024 wurde die Jahresbegrenzung, d.h. der Langzeit-Grenzwert, an allen RESIVAL-Stationen im Kanton seit 2014 zum elften Mal in Folge eingehalten. Seit 2018 ist eine allgemeine Stagnation der Werte zu beobachten (Abbildung 9). Die wiederholten leichten Anstiege von 2020 bis

2022 lassen sich durch starke Saharasand-Ereignisse erklären. Seit 2023 sind die Werte wieder rückläufig.

2017 nahm die Zahl der Tageswert-Überschreitungen nach häufigen Inversionslagen im Januar und Februar wieder einen Aufschwung. 2019 wurde zum ersten Mal seit Messbeginn 1999 an keiner RESIVAL-Station ein Tageswert über der LRV-Norm gemessen. 2020 konnte dieses hervorragende Ergebnis nicht wiederholt werden, aber die Anzahl der Überschreitungen pro Station und Standort-Typ lag innerhalb der seit der LRV 2018 geltenden Toleranz von maximal 3 Tagen. Seit 2021 werden an den RESIVAL-Messstationen jedes Jahr Verstösse gegen die LRV festgestellt (Abbildung 10; 2021 Saxon und Brigerbad, 2022 Montana und Brigerbad, 2023 und 2024 Massongex). Holzheizungen und der Strassenverkehr in der Region Chablais könnten die

Hauptursache für die übermässigen Immissionen im Dezember 2023 und Januar 2024 gewesen sein. Saharasand ist eine natürliche Verschmutzung, die aus mikroskopisch kleinen Quarzkörnern besteht. Ihre Grösse reicht bis zu 100 µm bei feinem Sand und macht die Atmosphäre undurchsichtig. Sie verursachen Gesundheitsschäden durch Entzündungen der Atemwege. Schätzungen zufolge wird fast die Hälfte des Staubtransports aus der Sahara über den Luftweg nach Westen und in den Atlantik befördert. Dies würde eine wichtige Mineralstoffzufuhr, insbesondere Phosphor, für die Karibik und die Nordküste Südamerikas darstellen. Eine neue Studie spricht von einer deutlichen Zunahme der Häufigkeit und Intensität von SDE. Begünstigt werden sie durch anhaltende Dürren im Maghreb seit 2020 und durch Wetterbedingungen, die solche Vorfälle begünstigen (s. MeteoSchweiz-Blog vom 5. und 27. April 2024).

ABBILDUNG 9 – PM10, REGIONALE JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024

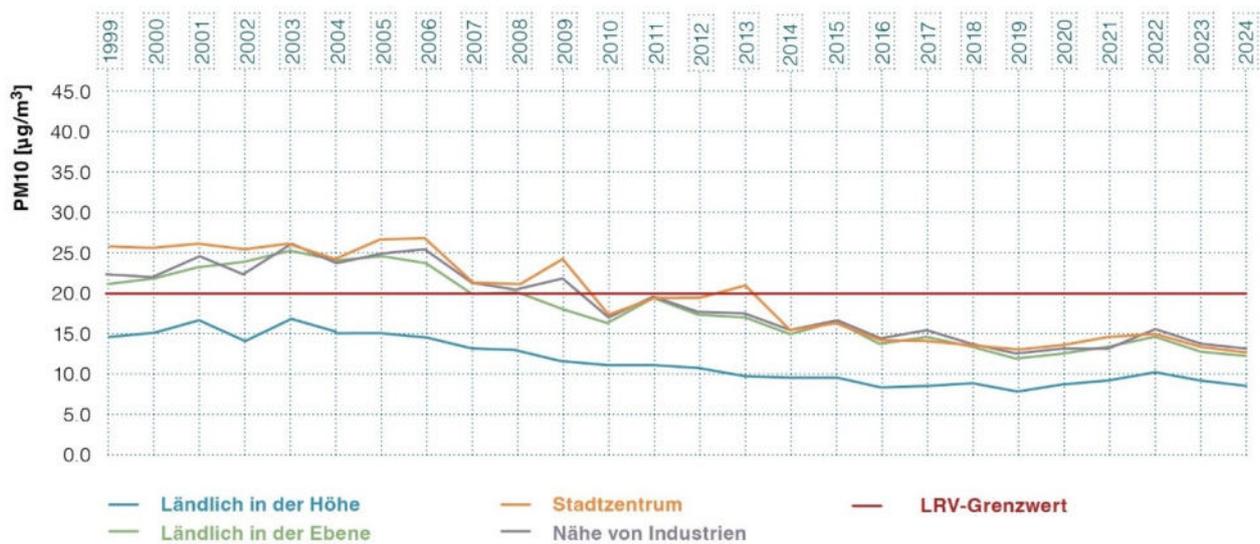
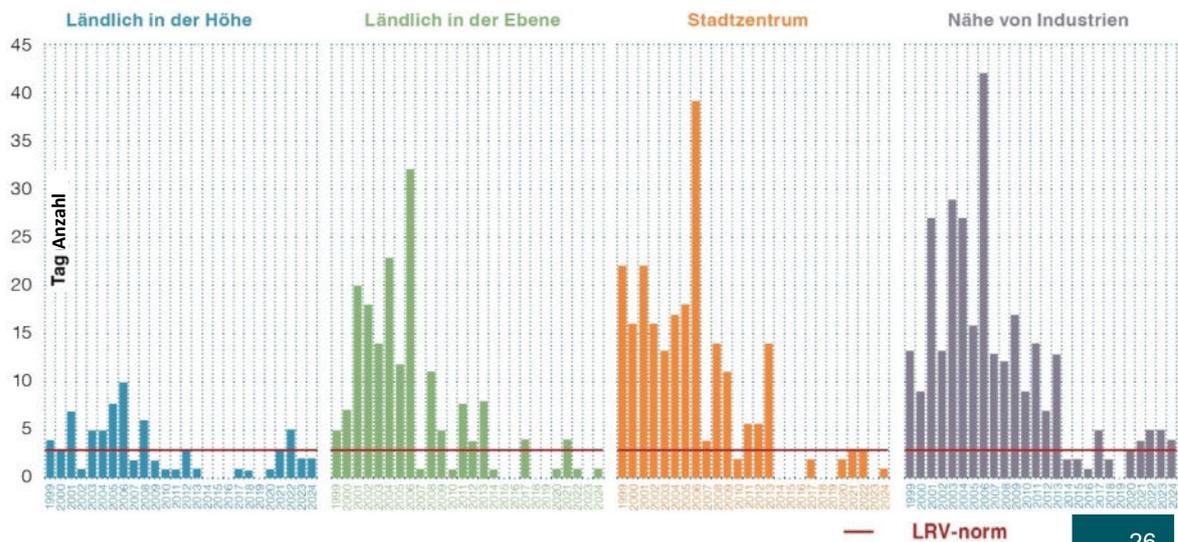


ABBILDUNG 10 – PM10, MAXIMALE ANZAHL TAGE > 50 µg/m³, REGIONALE HÖCHSTWERTE (ROTE LINIE: TOLERANZSCHWELLE VON 3 TAGEN)



Gemäss Emissionskataster stammen 65 % der im Kanton im Jahr 2023 emittierten Feinstaubmenge aus abrasiven Prozessen, wie Brems- und Reifenabrieb. Daran sind hauptsächlich die beiden Bereiche Strassenverkehr und Offroad-Sektor beteiligt, mit 64 bzw. 35 % an den insgesamt ausgestossenen Abriebpartikeln.

44 % der 2023 im Kanton ausgestossenen primären Feinstaubmengen stammen aus Maschinen des Offroad-Sektors, die z. B. auf Baustellen, auf Bahngeländen, in der Land- und Forstwirtschaft sowie in Steinbrüchen und Kieswerken zum Einsatz kommen. Dieser Anteil wird in Abbildung 8 als «Andere Quellen» aufgeführt und stellt den grössten Beitrag dar. Im Jahr 2023 waren laut Kataster die Hauptquellen für primäre PM10 ausser Brems- und Reifenabrieb der Bereich «andere Quellen» (29 % aus Gras- und Strohtrocknung, illegaler Abfallverbrennung und verschiedenen Lösungsmitteln), Heizungen (27 %), Natur und Viehzucht (22 %) sowie die Industrie (9 %). Der Rest (12 %) stammt aus dem Strassen-, Nichtstrassen- und Luftverkehr. Der nicht abrasive Teil des emittierten Staubs besteht hauptsächlich aus Verbrennungspartikeln. Sie transportieren krebserregenden Russ. In diesem Zusammenhang stammen 97 % der Emissionen aus dem Bereich Heizungen aus Holzheizungen, weshalb es wichtig ist, deren Emissionen so weit wie möglich zu begrenzen.

Die sekundären PM10-Partikel werden aus Vorläufergasen in der Luft gebildet, vor allem aus Schwefel- (SO_x) und Stickstoffoxiden (NO_x) sowie Ammoniak (NH_3). Sie reagieren zu Sulfat-, Nitrat- und Ammoniumverbindungen, d. h. zu sekundären anorganischen Aerosolen. Die Oxidation von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) führt zu weniger flüchtigen Verbindungen, d. h. zu sekundären organischen Aerosolen. In der Ebene liegen die Werte der Luftverschmutzung zwischen Stadt und Land bei PM10 (Abbildung 9) näher beieinander als bei Stickstoffdioxid (Abbildung 21). Als sekundärer Schadstoff, der durch die Oxidation von NO in der Luft ent-

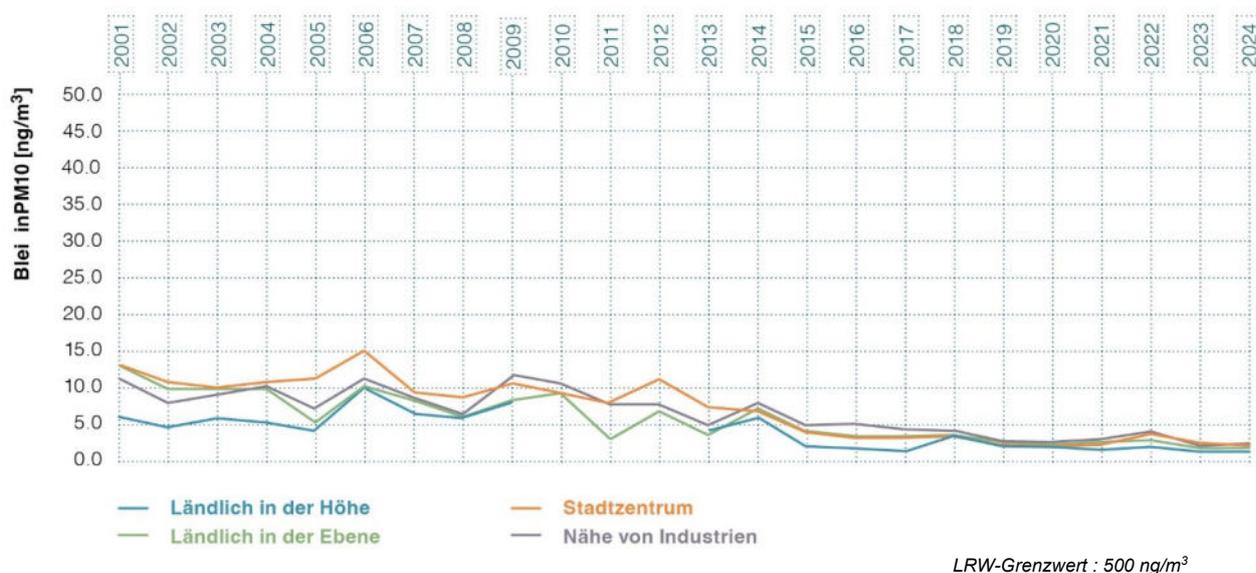
steht, wird NO_2 schneller und in geringerer Entfernung von den Quellen des primären Schadstoffs produziert als sekundäre Aerosole. Aus diesem Grund, und weil sie sich aufgrund ihrer längeren Lebensdauer grossflächiger verteilen, weisen primäre und sekundäre PM10 eine homogenere räumliche Verteilung auf als Stickstoffdioxid.

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

Die Reduzierung des Schwefelgehalts in Brenn- und Treibstoffen, die SO_x verursachen, der Einsatz von Partikelfiltern für Abgase von Heizkesseln, Motoren und Öfen sowie die optimierte Verbrennung in Holzheizungen tragen wesentlich zur Verringerung der PM10-Konzentrationen in der Luft bei. Die Primäremissionen aus dem Verschleiss von Bremsen, Reifen, Strassen und anderen Abriebprozessen im Strassenverkehr und im Offroad-Sektor gehen hingegen laut Kataster in den jährlichen Mengen nicht zurück.

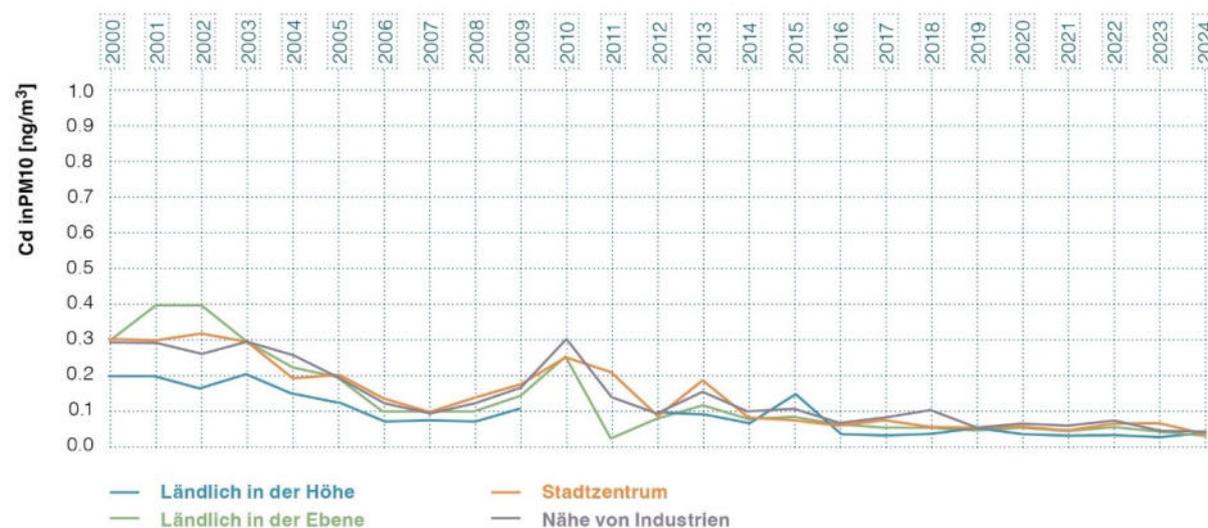
Die Schwermetall-Anteile Blei und Cadmium im Feinstaub liegen weit unter den Jahresgrenzwerten (Abb. 11 und 12). Ihre Bestimmung im Labor liegt dennoch über der Bestimmungsgrenze. Mit Ausnahme vereinzelter moderater Zunahmen, wie z. B. beim Cadmium im Jahre 2010, schwanken die Konzentrationen von Jahr zu Jahr nur leicht.

ABBILDUNG 11 – BLEI IM PM10 VON 2001 BIS 2024, REGIONALE MITTELWERTE



LRW-Grenzwert : 500 ng/m³

ABBILDUNG 12 – CADMIUM IM PM10 VON 2001 BIS 2024, REGIONALE MITTELWERTE



LRW-Grenzwert : 1.5 ng/m³

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

Die EMPA bestimmt seit 2006 jährlich 11 einzelne PAK an der NABEL-Messstation in Sitten [2]. Die beiden in der LRV der Klasse krebserzeugend zugeordneten PAK, Di-Benzo(a,h)anthracen (DahA) und vor

allem Benzo(a)pyren (BaP), tragen 65 bis 70 % zur Gesamtoxizität der PAK im PM10 bei. Für BaP wird ein Jahresgrenzwert von 1 ng/m³ empfohlen (europäische Richtlinie 2004/107/EG). Sie wird seit Beginn der Messungen eingehalten, obwohl der Wert 2006 nahe daran lag.

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

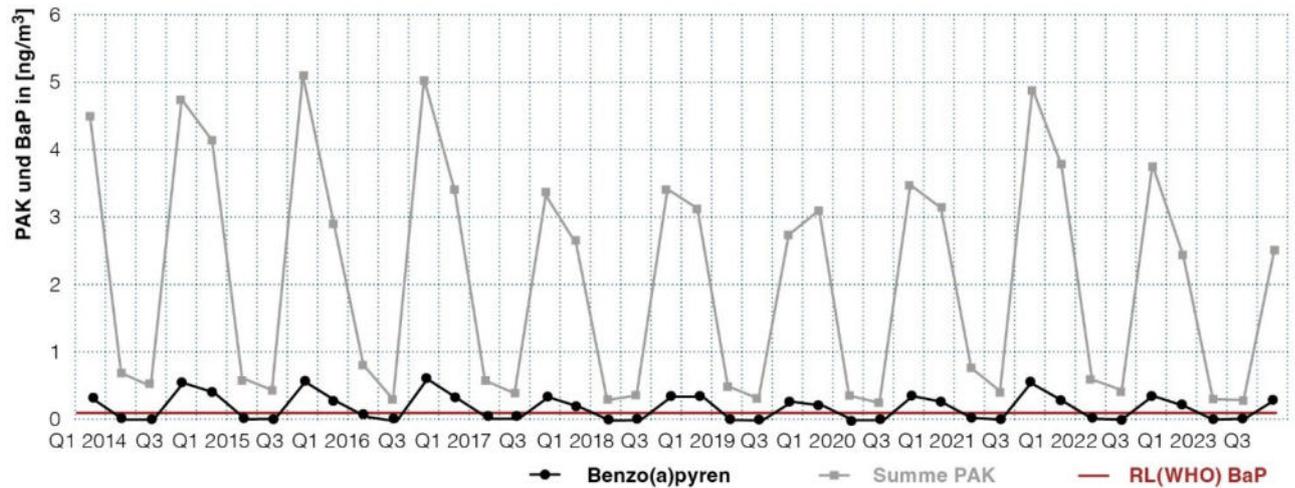
hat keinen Grenzwert für krebserregende Stoffe, aber eine Reduktionsverpflichtung besteht. Gemäss einem Rechtsgutachten gilt das im USG (Bundesgesetz über den Umweltschutz) festgelegte Schutzziel als gewährleistet, wenn das Risiko aufgrund anthropogener Einflüsse kaum erkennbar ist. Ein Krebsrisiko von 1 Fall pro 1 Million exponierte Personen wird als praktisch vernachlässigbar eingestuft [3].

Seit Beginn der Messungen liegen die Werte für Sitten deutlich über dem RL-Wert. Im Jahr 2023 wurde der Wert von 0.14 ng/m³ um 17 % überschritten. Dies ist die niedrigste Konzentration seit 2014. Abbildung 13 zeigt, dass es die winterlichen Gehalte von Oktober bis März sind, welche zur Überschreitung führen. Die jährliche PAK-Konzentration im Feinstaub betrug 1.78 ng/m³ bei einem Jahresdurchschnitt von 15 µg/m³ PM10 an der NABEL-Station, die 25 m von der Autobahn A9 entfernt und in der Nähe des Flughafens von Sitten eingerichtet ist (RESIVAL Sitten Stadtzentrum 2023: 13 µg PM10/m³).

Im Jahr 2023 gab es also 0.009 Massenprozent PAK im PM10. Dieser Anteil schwankt kaum und lag von 2017 bis 2023 zwischen 0.009 und 0.015 %. Die Haupttoxizität der PAK liegt in ihrem geringen Vorkommen im schwebenden Feinstaub begründet. Im Vergleich zum Russ (elementarer Kohlenstoff) im Feinstaub PM10 beträgt der Anteil von PAK daran etwa 0.4 % (siehe Kapitel 6.3 für den Anteil von PM2.5 an PM10 und Kapitel 7 für den Anteil von Russ (EK) an PM2.5).

Es ist zu beachten, dass die PM10-Konzentration von einer Autobahn in einer Entfernung von 40 m bis über 500 m um etwa 15 % abnimmt [4]. An der RESIVAL-Messstation in Sitten, 1.3 km von der A9 entfernt, könnte der Beitrag der Autobahn noch signifikant sein. Angesichts der Ausbreitung der Schadstoffe und der vorherrschenden Windrichtung dürfte er jedoch nur einen sehr geringen Anteil an der jährlichen PM10-Konzentration haben.

ABBILDUNG 13 – ERGEBNISSE 2014 - 2023 FÜR PAK UND BENZO(A)PYREN AN DER NABEL-STATION IN SITTEN



6. FEINSTAUB – PM2.5

6.1. Steckbrief

Feinstaub PM2.5 hat einen Durchmesser von weniger als 2.5 Mikrometern ($< 2.5 \mu\text{m}$). 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. Auch er besteht aus primären und aus sekundären Partikeln, die aus Vorläufergasen gebildet werden. Am stärksten in ihm vertreten sind Verbrennungspartikel, die kaum grösser als $1 \mu\text{m}$ sind.

PM2.5 dringt tiefer in die Lunge ein, bis in die Alveolen. Die Fraktion der ultrafeinen Partikel ($< 0.1 \mu\text{m}$) kann die Luft-Gewebe-Schranke durchdringen und in das Blut gelangen. Wenn sie die Blut-Hirn-Schranke zwischen dem Blutsystem und dem Gehirn überwinden, kann es zu Hirnschäden kommen. Qualitativ sind die gesundheitlichen Folgen von PM10 und PM2.5 relativ ähnlich. Eine länger andauernde übermässige Belastung trägt zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder neurodegenerativen Störungen (Demenz) bei [5]. Es besteht ein kausaler Zusammenhang zwischen vorzeitigen Todesfällen und langfristiger Feinstaubbelastung sowie Lungenkrebs, Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen und auch anderen Krankheiten. Schätzungen der öffentlichen Gesundheit gehen davon aus, dass im Wallis jährlich rund hundert Menschen vorzeitig sterben, weil sie PM2.5-Feinstaub ausgesetzt sind. Bei der aktuellen Schadstoffbelastung in der Rhoneebene mit einer jährlichen Konzentration zwischen 7.5 und $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verlieren die Betroffenen durchschnittlich 7 bis 14 Lebensjahre.

Im Wallis beliefen sich die primären PM2.5-Emissionen im Jahr 2023 auf 155 Tonnen, was 38 % der PM10-Emissionen entspricht. Der motorisierte Verkehr trägt 28 % zu den Emissionen bei, Heizungen 17 % und andere Quellen 47 % (Abbildung 14). Der Industriesektor wurde für 2023 geschätzt und trägt 6 % zu den Emissionen bei.

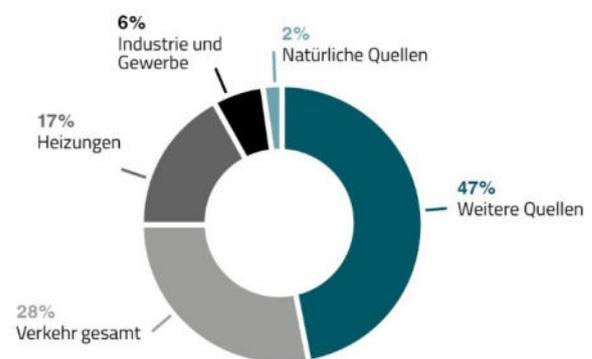
FEINSTAUB PM2.5 - LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK	
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	👍 gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	👍 gut
STADTZENTRUM	👍 gut
NÄHE VON INDUSTRIEN	👍 gut

Im Wallis machen laut Kataster der Strassen- und Schienenverkehr, Baustellen und kondensierte Emissionen organischer Lösungsmittel mehr als die Hälfte der Primärquellen von PM2.5 aus. Der relative Anteil des sekundären Feinstaubes ist höher als bei PM10. Die chemische Zusammensetzung dieser beiden Fraktionen ist jedoch ähnlich.



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

ABBILDUNG 14 – PRIMÄRE PM2.5-EMISSIONEN IM WALLIS 2023



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

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero).

6.2. Ergebnisse 2024

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

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

Die jährliche LRV-Begrenzung wird 2024 an allen RESIVAL-Messstationen deutlich eingehalten. Die seit 2021 von der WHO empfohlenen Werte werden nur von der Messstation Les Giettes eingehalten, und auch da nur knapp.

Was die Tageswerte angeht, werden die von der WHO bis 2021 empfohlenen Grenzwerte in der Ebene überschritten, mit Ausnahme von Sitten und Brigerbad, die im Toleranzbereich liegen. Mit der Übernahme der neuen WHO-Leitlinien von 2021 wird keine RESIVAL-Messstation den empfohlenen Tagesgrenzwert mehr einhalten.

TABELLE 5 – PM2.5, ERGEBNISSE 2024

REGIONEN	STATIONEN	PM2.5			
		Jahresmittel [µg/m ³]	Anzahl Tage > 25 µg/m ³ (a)	Anzahl Tage > 15 µg/m ³ (b)	Tageshöchstwert [µg/m ³]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	4.9	3	9	20
	Eggerberg	5.7	0	8	36
	Montana	5.2	3	8	41
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	8.4	7	38	37
STADTZENTRUM	Sion	7.2	3	17	37
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	8.4	9	34	62
	Brigerbad	7.4	1	28	25
LRV-NORM		10			
WHO-NORM		10	3	3	25

(a) bis 2021, (b) ab 2022

Im Jahr 2024 wurden sieben Tage mit von MeteoSchweiz bestätigten Saharasand-Ereignissen registriert, die an der eidg. Messstation Jungfrauoch zu einer Konzentration von mehr als 5 µg/m³ PM10 führten und mit einer Überschreitung des Wertes von 15 µg/m³ PM2.5 an einer RESIVAL-Station einhergingen. Diese traten am 28. und 29. Februar, am 8., 29. und 30. April, am 19. Juni und am 8. September auf. Pro Messstation können sie bis zur Hälfte der Überschreitungen des von der WHO empfohlenen Tagesgrenzwerts erklären, d. h. 3 Tage in Les

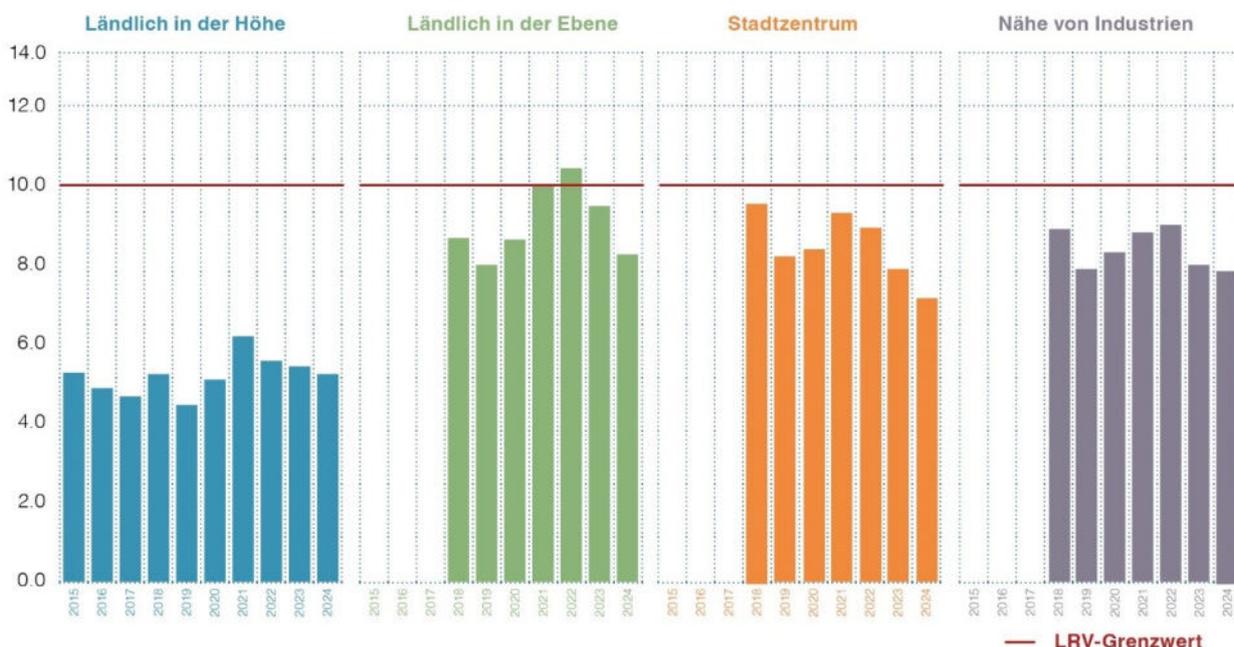
Giettes, 4 Tage in Massongex, 3 Tage in Saxon, 5 Tage in Sitten, 4 Tage in Montana, 4 Tage in Brigerbad und 2 Tage in Eggerberg. An den Messstationen in der Ebene sind die täglichen PM2.5-Spitzenwerte, die mehr als das 1.5-Fache der jährlichen LRV-Begrenzung von 10 µg/m³ betragen, zu mehr als zwei Dritteln auf regionale Verschmutzungsquellen zurückzuführen.

6.3. Entwicklung der Immissionen

Seit 2018 wird die jährliche LRV-Begrenzung an allen RESIVAL-Messstationen eingehalten (Abbildung 15), ausser im Jahr 2022 in der ländlichen Ebene, wo der Wert leicht überschritten wurde. In den Jahren 2021 und 2023 lag er innerhalb des Toleranzbereichs nahe dem Grenzwert. Die PM2.5-Belastung ist an den Messstationen in der Ebene erheblich, ausser im Jahr 2024 in Sitten, wo sie moderat ist.

In höheren Lagen ist sie gering bis mässig. Mit Ausnahme des Stadtzentrums, wo sich eine rückläufige Tendenz abzuzeichnen scheint, blieben die PM2.5-Werte in den letzten sieben Jahren in ländlichen Gebieten und in der Nähe von Industrien relativ konstant.

ABBILDUNG 15 – PM2.5 2018-2024 REGIONALE JAHRESMITTEL IN µg/m³ (ROTE LINIE, LRV-GRENZWERT)



Das jährliche Verhältnis [PM2.5] / [PM10] wurde bis 2022 ermittelt, um die Jahresmittel von PM2.5 an den Messstationen Les Giettes und Eggerberg zu berechnen, die nicht mit einem HVS-Sensor für diesen Schadstoff ausgestattet waren. Seit 2023 ist diese Berechnung nicht mehr erforderlich. Die Einschätzung des Verhältnisses ist jedoch eine nützliche Information, um den Anteil der sogenannten groben Partikel mit einem Durchmesser von 2.5 bis 10 Mikrometern im Feinstaub zu bestimmen. Im Wallis sind sie ein Indikator für mineralischen Staub in der Luft, der durch die trockenen Bedingungen im Kanton begünstigt wird. In der Nähe von stark befahrenen Strassen spiegeln sie die Partikel wider, die durch Abrieb und Wirbelwirkung freigesetzt werden [1].

Die täglichen Ergebnisse des Verhältnisses werden entweder direkt anhand der Werte der gravimetrischen Referenzmethode (HVS) oder anhand der Werte der kontinuierlichen Analysegeräte, korrigiert

um die HVS-Werte, ermittelt. Seit 2023 kann es an allen ortsfesten RESIVAL-Messstationen berechnet werden. Seit Beginn der Messungen liegt es im Durchschnitt pro Station zwischen 0.6 und 0.7. Das Gesamtverhältnis, das sich für die sieben Walliser Stationen ergibt, beträgt [PM2.5] / [PM10] = 0.63. Im Schweizer Mittelland liegt das mittlere Verhältnis bei rund 0.7 (70 %) [1].

Eine Schätzung der DUW auf der Grundlage des Walliser Verhältnisses [PM2.5] / [PM10] von 0.63, der jährlichen Menge an primären PM10- und PM2.5-Emissionen (PM2.5 / PM10 = 0.37, CADERO) und der Information des BAFU, dass die PM10-Gesamtkonzentrationen zu fast 50 % aus sekundären Aerosolen bestehen, zeigt, dass die PM2.5-Gesamtkonzentrationen im Wallis wohl zu etwa 71 % aus sekundären Aerosolen bestehen.

7. ELEMENTARER KOHLENSTOFF (RUSS)

Der bei einer unvollständigen Verbrennung gebildete Russ besteht im Wesentlichen aus elementarem Kohlenstoff (EK), oder "black carbon" (BC). BC wird optisch definiert und umfasst vor allem EK, aber auch schweres organisches Material. Grosse BC-Quellen sind Dieselmotoren. Im vergangenen Jahrhundert war deren Rauch schwarz und undurchsichtig. Seit den 2000er Jahren wurde diese Verschmutzung durch verbesserte Verbrennung und Gasreinigungssysteme (Partikelfilter) stark reduziert. Mikroskopische Russpartikel dringen tief in unsere Lunge ein und gelangen auch in unseren Blutkreislauf. Sie verursachen Erkrankungen der Atemwege und Beeinträchtigungen des Herz-Kreislaufsystems. In Siedlungsgebieten ist Dieselmotoren, wegen der mitgeführten organischen Moleküle, insbesondere der PAK (s. Kap. 5.3), der Hauptrisikofaktor für Krebs.

Die bis zum Bericht für 2017 veröffentlichten EC-Werte basierten auf den Ergebnissen von BC. Er wurde mit Hilfe eines Mehrwinkel-Absorptions-Photometers (MAAP) kontinuierlich bestimmt und dann mittels eines Konversionskoeffizienten in EK-Werte umgerechnet. Diese Vorgehensweise hatte den Vorteil, dass sie Tageswerte lieferte, aber den Nachteil, dass eine direkte Kalibrierung nicht möglich und eine Übertragung unzuverlässig war. Da der lufthygienische Zielwert ein Jahresmittelwert ist, wird seit 2018 eine neue Methode angewandt. Sie ist eine Kombination aus kontinuierlichen Staubentnahmen mit Quarzfiltern, mit Hilfe eines optischen Analysegeräts zur Feinstaubmessung, und der EK-Bestimmung, die mittels TOT-Methode von einem spezialisierten Labor durchgeführt wird. Dieses Verfahren liefert etwa

zweiwöchige Mittelwerte und einen Jahresmittelwert. Die entsprechenden Ergebnisse flossen in die nachstehende Tabelle 6 ein.



Ungereinigte Abgase aus Dieselmotoren sind grosse BC-Quellen.

TABELLE 6 – ELEMENTARER KOHLENSTOFF (EK), ERGEBNISSE 2024

REGIONEN	STATIONEN	Elementarer Kohlenstoff (EK)	
		Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Wert ~zweiwöchiger Max. [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	0.30	0.94

ABBILDUNG 16 – EK, JAHRESMITTELWERTE VON 2008 BIS 2024



ABBILDUNG 17 – EK 2024 IN MASSONGEX

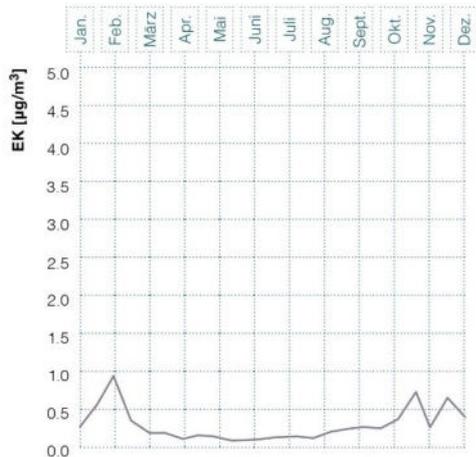
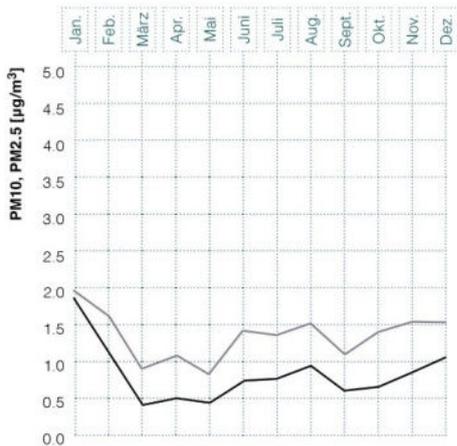


ABBILDUNG 18 – PM10 PM2.5 2024 IN MASSONGEX



Bei einer Zeitreihenuntersuchung der zweiwöchigen EK-Werte für 2024 (Abb. 17) und der monatlichen Mittelwerte für PM10 (obere Linie) und PM2.5 (untere Linie) (Abb. 18) zeigen sich einige Ähnlichkeiten im Verhalten. In allen drei Fällen werden die höchsten Werte im ersten und vierten Quartal gemessen, begünstigt durch Kaltluftseen in der Ebene. Die Sommertiefs sind 2024 kaum ausgeprägt, ausser für den EK von April bis Mitte August. Für alle drei Schadstoffarten wurden die niedrigsten Werte im zweiten Quartal gemessen. Das jährliche EK/PM2.5-Verhältnis von 3.6 % ist das niedrigste seit 2018. Der höchste Wert wurde 2020 mit 7.5 % gemessen.

Sahasand-Ereignisse drücken die PM10- und PM2.5-Konzentrationen nach oben, während sie die EK-Konzentrationen kaum beeinflussen. In den Monaten Februar 2021 und März 2022 kam es zu starken SDE-Einträgen, und das Verhältnis EK/PM2.5

lag bei 3.5 % bzw. 3.6 %. Der relative Beitrag des EK, der organischer Natur ist, schwächt sich dann gegenüber dem erhöhten Beitrag des mineralischen Staubs ab. Überraschenderweise lag das jährliche Verhältnis von EK zu PM2.5 in den Jahren 2023 und 2024 nahe am Wert von Februar 2021 und März 2022. Moderate, aber wiederholte SDE-Ereignisse im Laufe des Jahres – 148 Ereignisse registrierte MeteoSchweiz im Jahr 2024 – können kürzeren, aber deutlich intensiveren und massiveren Einträgen entsprechen. Das jährliche Verhältnis von PM2.5 zu PM10 lag bei 59 % und damit seit 2020 nahezu unverändert.

Der Föhn bringt Höhenluftmassen mit geringer Feinstaubbelastung, wie Messungen am Jungfraujoch und in Les Giettes ausserhalb ausgeprägter SDE-Ereignisse belegen. Im Jahr 2024 wehte dieser Wind oft (siehe MeteoSchweiz-Blog vom 19. November 2024). Durch die Durchmischung mit der bodennahen Atmosphäre senkt der Föhn die Feinstaubwerte in der Talebene. In Kombination mit Regenfällen ist die Reinigung umso effektiver. Das Jahr 2024 war von diesen beiden Phänomenen reichlich geprägt. Da der EK-Wert in der Schwebstaubkonzentration bestimmt wird und seine Konzentrationen proportional zu denen von PM10 und PM2.5 abnehmen, ist es nicht verwunderlich, dass das Ergebnis von 2024 zu den niedrigsten Werten zählt.

Die EK-Ergebnisse schwankten in den letzten fünf Jahren zwischen 0.29 und 0.61 µg/m³ (Abbildung 16). Seit 2008 lagen sie immer über 2.5 Mal über dem EKL-Zielwert von 0.1 µg/m³ [3]. Die EKL empfiehlt, die Russ-Konzentrationen nahe an den Emissionsquellen bis 2023 auf höchstens noch 20 % ihrer 2013 gemessenen Werte zu reduzieren. Der Standort Massongex wies in jenem Jahr eine Konzentration von 1.1 µg/m³ auf. Das Ziel war damals, bis 2023 einen Maximalwert von 0.22 µg/m³ zu erreichen. Die Ergebnisse für 2023 und 2024 liegen 1.3- bzw. 1.4-mal höher. Das Ziel wurde zwar nicht erreicht, aber nur geringfügig überschritten.

Entlang stark befahrener Strassen macht der EK etwa 6 % der Massenkonzentration von PM2.5 aus. An Orten, die nicht direkt dem Verkehr ausgesetzt sind, liegt dieser Anteil unter 5 % [1]. Mit einem durchschnittlichen EK/PM2.5-Verhältnis von 3.6 % im Jahr 2024 und unter 5 % seit 2021 gehört die RESIVAL-Messstation in Massongex in diese Kategorie. Der Zerstreungsfaktor zwischen der 835 m entfernten Autobahn A9 und dem Messort verringert die ermittelten EK-Konzentrationen von dieser stark befahrenen Strasse her erheblich. Der Verkehr auf der nahe gelegenen Kantonsstrasse ist nicht dicht genug, um dies auszugleichen.

8. STICKSTOFFDIOXID – NO₂

8.1. Steckbrief

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

NO_x entstehen hauptsächlich in Verbrennungsprozessen bei hohen Temperaturen. Sie enthalten in der Regel nur geringe Mengen an NO₂. Zu ihren Quellen zählen Heizungsanlagen, Öfen, beispielsweise Kehrichtverbrennungsanlagen, und Fahrzeuge mit Verbrennungsmotoren. Im Kontakt mit Oxidantien in der Umgebungsluft, unter anderem mit Ozon, verwandelt sich NO rasch zu NO₂.

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

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

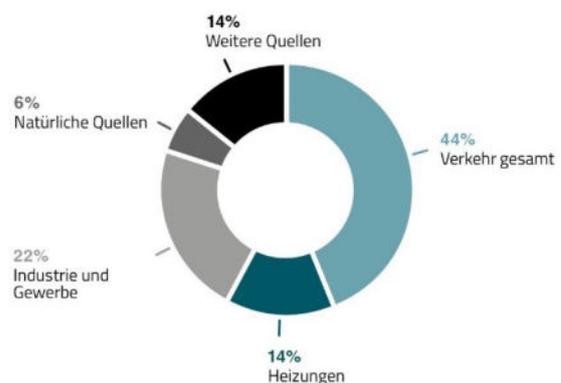
STICKSTOFFDIOXID NO ₂ - LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK	
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	 gut
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	 gut
STADTZENTRUM	 gut
NÄHE VON INDUSTRIEN	 gut

Laut kantonalem Kataster betragen die NO_x-Emissionen 2023 1891 Tonnen (Abb. 19). Low-NO_x-Brenner, Brennwertkessel, die Sanierung von Feuerungsanlagen, der Verzicht auf fossile Brennstoffe und Drei-Wege-Katalysatoren in Motoren, die CO oxidieren und NO_x reduzieren, tragen zur Senkung der NO_x-Emissionen bei.



Der motorisierte Verkehr macht 44 % der NO_x-Emissionen aus

ABBILDUNG 19 – NO_x, Emissionen im Jahr 2023 im Wallis



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

Daten: Kantonales Emissionskataster (Cadero).

8.2. Ergebnisse 2024

Der LRV-Grenzwert von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresmittel wurde an allen RESIVAL-Stationen eingehalten (Tab. 7). Die höchsten Konzentrationen im Wallis werden in der NABEL-Station zwischen dem Flugplatz Sitten und 25 m neben der Autobahn gemessen. Der für 2024 gemeldete Durchschnittswert lag bei $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Das ist der niedrigste Wert seit 1999 an diesem Standort. Das Jahresmittel des RESIVAL-Netzes lag von 2016 bis 2019 bei 66 bis 69 % des NABEL-Wertes. Seit 2020 beträgt er 71 bis 74 %. Bei den Tageswerten zeigen die beiden Stationen ähnliche Zeitprofile, da die Ausbreitungsbedingungen der Luftverschmutzung an den beiden Messorten in der Agglomeration von Sitten in etwa gleich sind.

2024 blieb die Stadtgemeinde Sitten mit einem Jahresmittelwert von $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bei der RESIVAL-Station an der Spitze der am stärksten mit NO_2 belasteten Orte im Wallis. Anderswo in der Ebene und in der Höhe ist die kantonale Luft weit weniger belastet, ausser an der Station Brigerbad, die mit $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den RESIVAL-Rekord für den höchsten Tageswert im Jahr 2024 hält. Dieser Wert wurde am 30. Dezember erreicht. Die NABEL-Station in Sitten belegt jedoch den ersten Platz mit einem Tageshöchstwert von $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der am 31. Dezember gemessen wurde. In den letzten Dezembertagen herrschte in der Rhone-Ebene von Brig bis Sitten Hochdruck (975 mbar in Sitten, 955 mbar in Visp) und der Tageswind war unter 5 km/h. Diese Bedingungen begünstigten die Akkumulation von Schadstoffen.

Die Ergebnisse für das 95-Perzentil (LRV-Anforderung, welche höchste Belastungsspitzen ausschliessen will, indem sie für die überwiegende Mehrheit (95 %) der während eines Jahres gemessenen Halbstundenwerte als Obergrenze $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verlangt) hielten den Grenzwert weitestgehend ein. Die höchsten Werte wurden wie gewohnt in Sitten ($43 \mu\text{g}/\text{m}^3$) und in Brigerbad ($46 \mu\text{g}/\text{m}^3$) gemessen. Die anderen beiden Stationen in der Ebene haben Werte von 28 und $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen, höhere als die Stationen in der Höhe, die zwischen 6 und $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ liegen. Der tiefste Wert stammt aus Les Giettes, dem Standort, der sich in der grössten Entfernung zu bedeutenden NO_x -Quellen befindet. Bei Eggerberg, einer Messstation, die sich zweihundert Meter über Visp mit seinem grossen Industriegebiet befindet, wird ein erhöhtes Niveau von $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gemessen. Die Messstation Montana, die im Osten und Norden an eine Kantonsstrasse und am Rande eines grossen Walliser Ferienorts liegt, verzeichnet mit $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den höchsten Wert in einer Region in der Höhe.

Die LRV enthält auch einen Tageshöchstwert von $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, der höchstens einmal pro Jahr überschritten werden darf. Er wurde an keiner RESIVAL-Station überschritten (Tabelle 7), wie schon seit 2018 nicht mehr. Das BAFU meldete für 2022 eine Überschreitung dieser Begrenzung von der NABEL-Station bei Sitten, Flughafen-A9. Unter Berücksichtigung der Toleranz von einem Überschreitungstag werden die LRV-Normen für NO_2 -Immissionen im Wallis seit 2020 sowohl bei den RESIVAL- als auch an der NABEL-Station in der Nähe der Autobahn vollständig eingehalten.

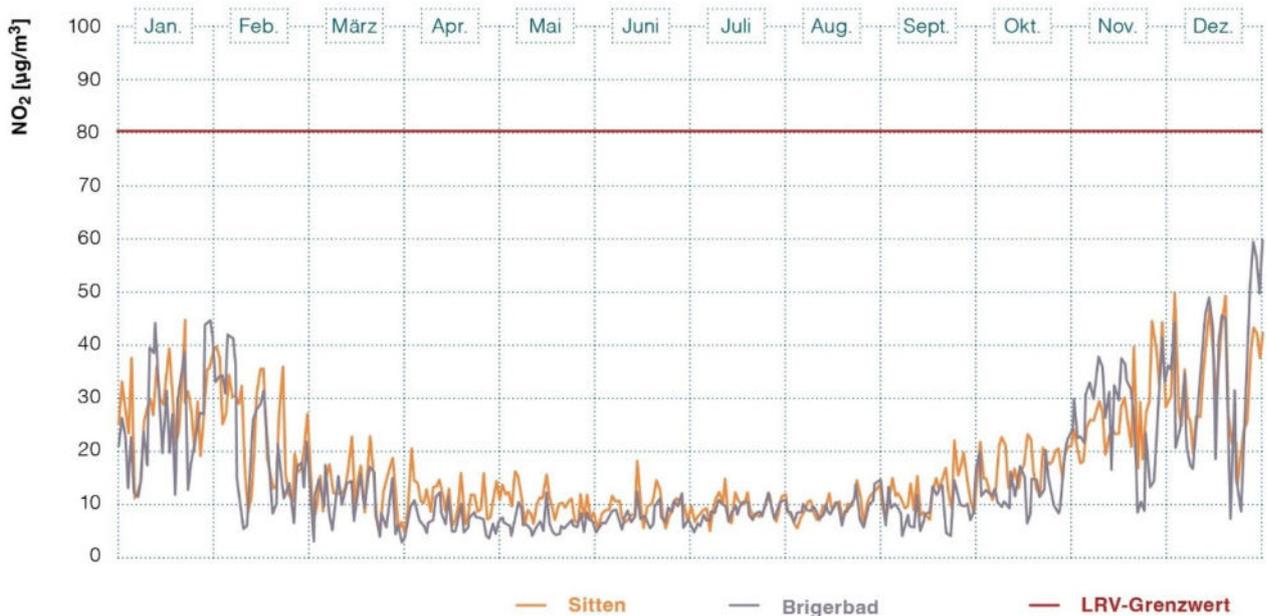
TABELLE 7 – NO_2 , ERGEBNISSE 2024

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	2.1	6.1	0	11
	Eggerberg	6.8	19	0	27
	Montana	7.5	24	0	40
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	12	36	0	40
URBANES ZENTRUM	Sion	17	43	0	50
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	10	28	0	34
	Brigerbad	15	47	0	60
LRV-NORM		30	100	1	80

Abbildung 20 zeigt, dass der Tagesgrenzwert im vergangenen Jahr auch an den beiden RESIVAL-Stationen mit den höchsten Tageskonzentrationen sehr deutlich eingehalten wurde. An der Station im Stadtzentrum Sitten tragen die Emissionen des Strassenverkehrs und der Verbrennungsheizungen der Walliser Hauptstadt zu diesem Ergebnis bei. An der Station in Industrienähe im Oberwallis wird die Wirkung von winterlichen Hochdruckwetterlagen, die zu ther-

mischen Inversionen in den unteren Schichten führen, in der Ebene von Brig bis Visp verstärkt. Aufgrund der umliegenden Berge erreichen die Sonnenstrahlen von November bis Februar in weiten Teilen dieser Region den Boden nicht mehr. Die Stabilität der Kaltluftseen wird nicht mehr durch die vom Boden zurückgeworfene Wärme behindert. Sie bilden eine Decke, welche die Luftverschmutzung und im Übrigen auch schlechte Gerüche einfängt.

ABBILDUNG 20 – NO₂, TAGESMITTELWERTE IN SITTEN UND BRIGERBAD IN 2024



8.3. Entwicklung der Immissionen

Der Jahresmittelwert für Stickstoffdioxid brachte im Jahr 2024 neue Rekordwerte für die Luftqualität (Abbildung 21). Die Werte im Stadtzentrum, in Industrienähe und in ländlichen Regionen sind die niedrigsten seit Beginn der Messungen im Jahr 1990. Gemessen an der LRV-Begrenzung sind die entsprechenden Schadstoffwerte niedrig, ausser im Stadtzentrum, wo sie mässig sind. In allen Standorttyp-Regionen werden die NO₂-Konzentrationen bis 2024 im Vergleich zu 2006 zurückgehen, was den Beginn eines deutlichen Rückgangs von -50 % in der Nähe von Industrien bis zu -57 % in Stadtzentren markiert.

Im Jahr 2021 schlug die WHO den Staaten vor, den Jahresgrenzwert für NO₂ auf 10 µg/m³ (anstelle der derzeit in der Luftreinhalteverordnung festgelegten 30 µg/m³) zu senken. Dieses Ziel ist an den RESIVAL-Messstationen in Höhenlagen bereits erreicht und wird deutlich eingehalten. Auf der Grundlage der seit 2014 an den Messstationen in der Ebene verzeichneten Rückgangsrate der Jahresmittelwerte

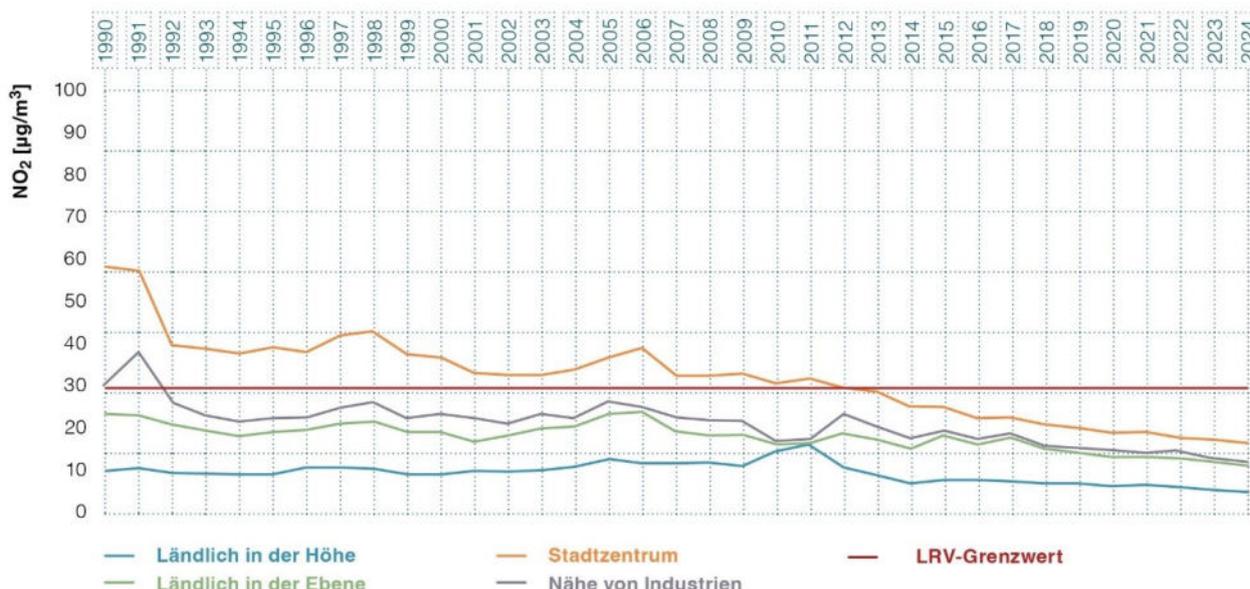
würde das WHO-Ziel in ländlichen Gebieten und in der Nähe von Industrien im Jahr 2027 oder 2028 und in Stadtzentren im Jahr 2031 erreicht werden.

In Sitten ist seit 2011 ein starker Abwärtstrend zu beobachten (-48 %). Hier hat die jährliche Niederschlagsmenge seit 2011 im Durchschnitt um 27 % zugenommen (siehe Tabelle 2). Dies deutet darauf hin, dass die Klimaerwärmung das Ausmass vor allem der winterlichen Regenschauer erhöht hat. Stickoxide werden, wie andere Schadstoffe auch, durch Niederschlag aus der Luft gewaschen und gehen als «Feuchtdeposition» auf die Umgebung nieder. Die höchsten NO₂-Konzentrationen treten im Winter auf. Seine Auflösung im Regenwasser, durch die Umwandlung in Natriumsäure, ist dann ein wichtiger Faktor. Berechnungen zeigen, dass in einer Stunde Regen 42 % der Konzentration dieser Säure in der Luft ausgewaschen werden.

Das ist in der gleichen Grössenordnung wie die Menge, die in zwölf Stunden in einem trockenen Prozess abgelagert wird. Der in Sitten beobachtete Anstieg der Niederschlagsmenge steht jedoch in keinem Verhältnis zu dem Rückgang der NO₂-Werte an der Station im Stadtzentrum von 46 bis 48 % in den Jahren 2023 und 2024 gegenüber 2011. Die geringere Verschmutzung ist daher hauptsächlich auf eine Verringerung der Emissionen an den Quellen zurückzuführen. Gemäss dem kantonalen Emissionskataster sind diese Rückgänge hauptsächlich auf gewichtige mengenmässige Abnahmen der primären NO_x-

Emissionen zurückzuführen. Der Gesamtrückgang von fast 2832 Tonnen NO_x, die 2023 gegenüber 2006 weniger emittiert wurden, was einem Rückgang von 60 % entspricht, stammt zu 48 % aus dem Strassenverkehr (-1365 t) und zu 36 % aus der Grossindustrie (-1019 t). Die Stilllegung der Raffinerie in Collombey im Frühling 2015 trug wesentlich zum grossen Rückgang der Emissionen im Industriesektor bei. In den anderen Bereichen trägt der Nicht-Strassenverkehr (Offroad-Sektor) 11 % (-304 t) und die Heizungen 5 % (-146 t) zum Rückgang bei.

ABBILDUNG 21 – NO₂ JAHRES- UND REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE VON 1990 BIS 2024



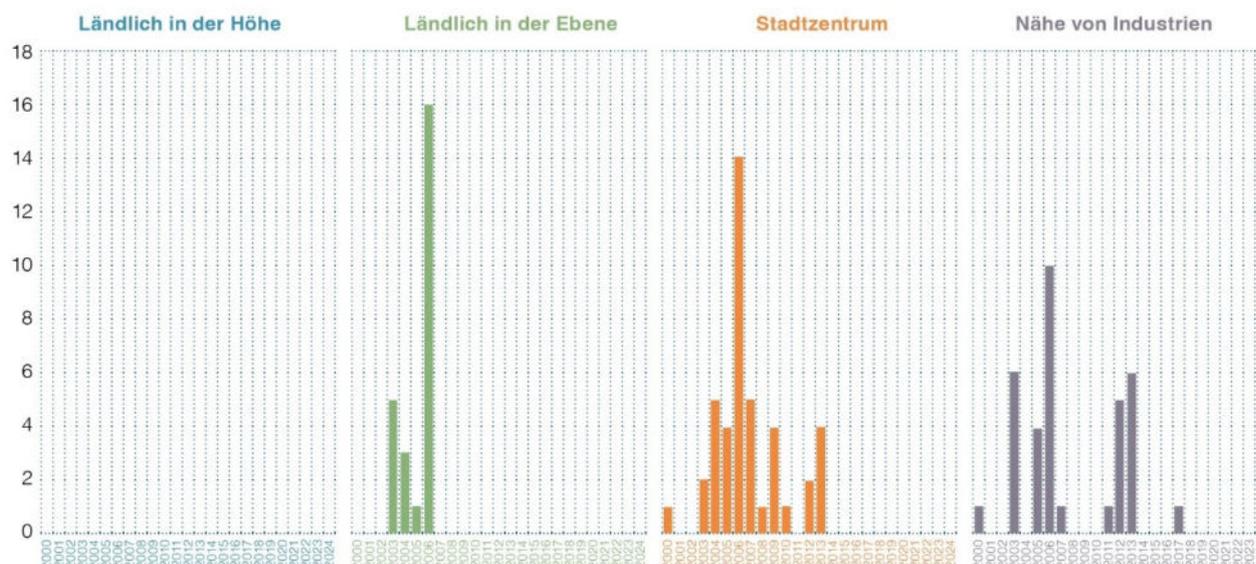
Um die NO₂-Konzentrationen in der Umgebungsluft weiter zu senken, müssen die weitreichendsten Massnahmen in den Bereichen Strassenverkehr, Industrie und Heizungen ergriffen werden (Abbildung 19). Im Jahr 2010 verursachten Personenvagen (PW) gemäss der jüngsten Studie des BAFU zu diesem Thema [6] 53 % der NO_x-Emissionen im Strassenverkehr. Die Studie prognostiziert, dass ihr Anteil bis 2025 auf 70 % steigen wird, während der Anteil der Lastkraftwagen (LKW) bei 8.8 % bleiben wird. Laut dem Emissionskataster für das Wallis im Jahr 2023 entfallen auf die LKW 72 % und auf die PW 9 % im Strassenverkehr. Ein grosses Potenzial zur Verringerung der Stickoxidemissionen liegt im Bestand der Personen- und Lieferwagen, die 40 % der gesamten NO_x-Emissionen im Wallis ausmachen.

Die NO_x-Emissionen im Strassenverkehr werden von Dieselfahrzeugen dominiert. Im Jahr 2015 stiessen sie 88 % der Gesamtemissionen aus. Die Studie des BAFU [6] schätzt, dass sie im Jahr 2025 noch 87 % der Gesamtemissionen auf den Strassen ausmachen werden. Das Dokument weist insbesondere darauf hin, dass die Verschärfung der Abgasvorschriften seit Ende der 1990er Jahre zwar zu einer deutlichen

Verringerung der Emissionen von Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden und Verbrennungsrückständen geführt hat, dass aber weitere substanzielle Reduktionen in Zukunft in hohem Masse vom Wachstum des Anteils der Elektrofahrzeuge abhängen. Ausserdem wird in der Studie betont, dass den Feinstaubemissionen aus Reifen-, Brems- und Strassenabrieb sowie aus Wirbelströmungen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss.

Seit Beginn der Messungen ist das Jahr 2006 dasjenige mit den meisten Überschreitungen des Tagesgrenzwertes für NO₂ (Abbildung 22). Jenes Jahr wurde von einer stabilen und langen Wetterlage im Januar und Februar geprägt, welche die ungewöhnlich hohen NO₂- und PM10-Belastungen begünstigte. Der kantonale Beschluss über den Wintersmog vom November 2006 (814.103) erfolgte unter dem Eindruck dieses Ereignisses. Seit 2014 hat das RESIVAL-Netz diese Begrenzung nicht mehr überschritten, ausser 2017 mit einem Tag. Diese einmalige jährliche Überschreitung wird von der LRV aber toleriert, so dass diese Norm seit über zehn Jahren eingehalten wird.

**ABBILDUNG 22 – NO₂,
MAXIMALE ANZAHL DER ÜBERSCHREITUNGEN DER TAGESNORM VON 2000 BIS 2024**



NO_x-Reduktionen können zur Verringerung der Ozon-Konzentrationen beitragen, vorausgesetzt in der betreffenden Region herrscht ein atmosphärischer Systemzustand «NO_x-begrenzt». Die DUW schätzt, dass die NO_x-Werte auf unter 5 ppb gesenkt werden müssten, um dies zu erreichen. Im Jahr 2024 lag der NO_x-Wert an der NABEL-Messstation in Sitten in der Nähe der Autobahn im Durchschnitt bei 22 ppb. Nur an 3 % der Tage, nämlich an 11 Tagen zwischen März und August, lag der Wert unter 5 ppb. Während dieser Tage lag der maximale Stundenwert für Ozon stets unter 120 µg/m³, der LRV-Begrenzung für die Stundenmittelwerte. Diese Feststellung lässt darauf schliessen, dass die Einhaltung der Begrenzung jederzeit durch eine drastische Senkung der NO_x-Werte in der Luft erreicht werden kann.

Die neuen Leitlinien der WHO empfehlen, die NO₂-Jahresbegrenzung von 30 auf 10 µg/m³ und die Tagesgrenzwerte von 80 auf 25 µg/m³ gegenüber den aktuellen LRV-Begrenzungen zu senken. Diese Konzentrationen entsprechen einem Jahresdurchschnitt

von 5.2 ppb und einem Tagesdurchschnitt von 13 ppb unter Normbedingungen. Mit der Einhaltung dieser Höchstwerte könnte der Zustand «NO_x-begrenzt» im Hinblick auf die Ozonbildung in der Sommersaison besser gewährleistet werden.

Es ist zu beachten, dass Biokraftstoffe und Biobrennstoffe zwar einen positiven Effekt gegen die globale Erwärmung haben (CO₂-neutral), aber die Stickoxidemissionen kaum verbessern würden, wenn diese nicht aus den Abgasen entfernt werden. Durch die Anwesenheit von Stickstoff und Sauerstoff in der Verbrennungsluft wird in den Verbrennungsmotoren und -kesseln weiterhin NO_x entstehen. Es entsteht auch bei der Verbrennung von Stickstoffverbindungen, die in Biomasse und Erdölprodukten enthalten sind. Nur Biogas enthält keine Stickoxide und stösst CO₂-neutrale Abgase aus, wie andere Technologien auch, beispielsweise der Wasserstoffantrieb mittels Brennstoffzellen.

9. AMMONIAK – NH₃

9.1. Steckbrief

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

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

NH₃ ist ein Bestandteil von stickstoffhaltigen Depositionen. Dazu gehören gasförmige Ablagerungen von Ammoniak, Stickoxiden und Salpetersäure sowie Ablagerungen in Form von Ammonium und Nitraten. Regen und sedimentierter Staub sind Träger dieser Depositionen. Die Stickstoffdepositionen sind in einigen Ökosystemen zu hoch und bedrohen deren Biodiversität, vor allem durch Überdüngung, welche zu einem verstärkten Wachstum nitrophiler Arten auf Kosten anderer, seltenerer Pflanzen führt, die an stickstoffarme Lebensräume angepasst sind. In Waldgebieten beeinträchtigen diese überschüssigen Ablagerungen das Wachstum der Bäume und führen zu einer verminderten Widerstandsfähigkeit gegenüber Schädlingen und Trockenheit. Der Anstieg des Ammoniumgehalts im Boden kann zu einer erhöhten Produktion von Distickstoffmonoxid (N₂O) führen, einem starken Treibhausgas.

AMMONIAK NH ₃ – LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK		
Vionnaz (Ländliches Gebiet, 2024)		mittel
Sitten (Zone A9-Flughafen, 2024)		mittel
Visp (Ländliches Gebiet, 2024)		gut

Die Schweiz ratifizierte 2005 das Göteborg-Protokoll. Darin wurden kritische Belastungen und Werte für die Stickstoffdeposition (critical loads) und die Ammoniakkonzentrationen in der Luft (critical levels) festgelegt. Sie hängen von den betrachteten Ökosystemen ab. Der kritische Jahreswert für NH₃ liegt bei Flechten

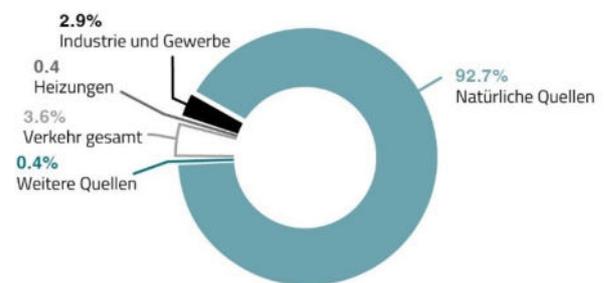
und Moosen aufgrund ihrer grösseren Empfindlichkeit gegenüber diesem Schadstoff bei 1 µg/m³. Für höhere Pflanzen liegt er zwischen 2 und 4 µg/m³. Wenn die atmosphärischen NH₃-Konzentrationen über den kritischen Werten liegen, liegen nach Art. 2 Abs. 5 LRV übermässige Immissionen vor.

Gemäss kantonalem Kataster betragen die NH₃-Emissionen 2023 857 Tonnen (Abbildung. 23). Die Mengen aus der Industrie stammen aus Verbrennungsanlagen, grossen Chemie- und sehr grossen Geflügelzuchtbetrieben und der industriellen Verwertung ihrer Exkremete zur Herstellung von Düngemitteln.



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

ABBILDUNG 23 – NH₃, EMISSIONEN WALLIS 2023



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 2024

Im Jahr 2024 wiederholte die DUW eine Kampagne zur Messung der Ammoniakkonzentrationen in der Luft im Wallis. Die Kampagne von 2022 am Ort Les Rigoles im Chablais (RIVI) bezog sich nur auf diesen Schadstoff. In der neuen Kampagne wurden die Messungen auf Stickstoffdepositionen aus der Luft ausgeweitet. Sie ist Teil einer nationalen Studie, die alle fünf Jahre durchgeführt wird und im Rahmen derer 2024 auch eine Messstation in Visp im Oberwallis (VIS) eingerichtet wurde. Die entsprechenden Analysen wurden von der DUW finanziert. An der eidg. Messstation in Sitten wurden die Ammoniakmessungen wie seit dem Jahr 2000 fortgesetzt.

Die Jahresdurchschnittswerte der Ammoniakkonzentrationen in der Umgebungsluft im Jahr 2024 betragen $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ auf der Lichtung, die Teil der Langzeituntersuchungen des LWF zu Waldökosystemen auf 664 m ü. M. ist, in der Gemeinde Visp (VIS); $2.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ am Standort Les Rigoles am Rande eines Flachmoors von nationaler Bedeutung auf 385 m ü. M. in der Gemeinde Vionnaz (RIVI); und $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ an der NABEL-Messstation in Sitten (SIO) auf 483 m ü. M.

Die Abbildungen 24 und 25 zeigen die Ergebnisse, die mit passiven Sensoren an den Standorten RIVI und VIS erzielt wurden. An der Messstelle Visp ist die Situation für höhere Pflanzen nicht kritisch, an der Messstelle Vionnaz hingegen für einige Pflanzen schon.

ABBILDUNG 24 – ERGEBNISSE DER MESSKAMPAGNE 2024 IN VIONNAZ ÜBER STICKSTOFFIMMISSIONEN FÜR AMMONIAK UND STICKSTOFFDIOXYD

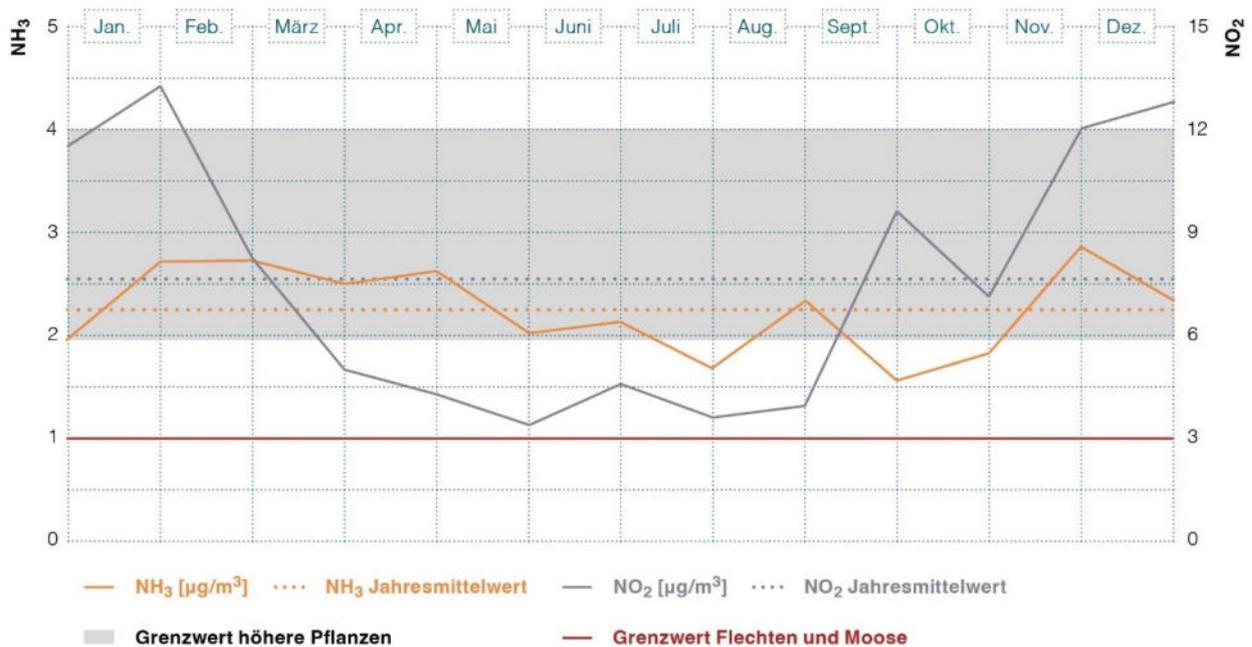
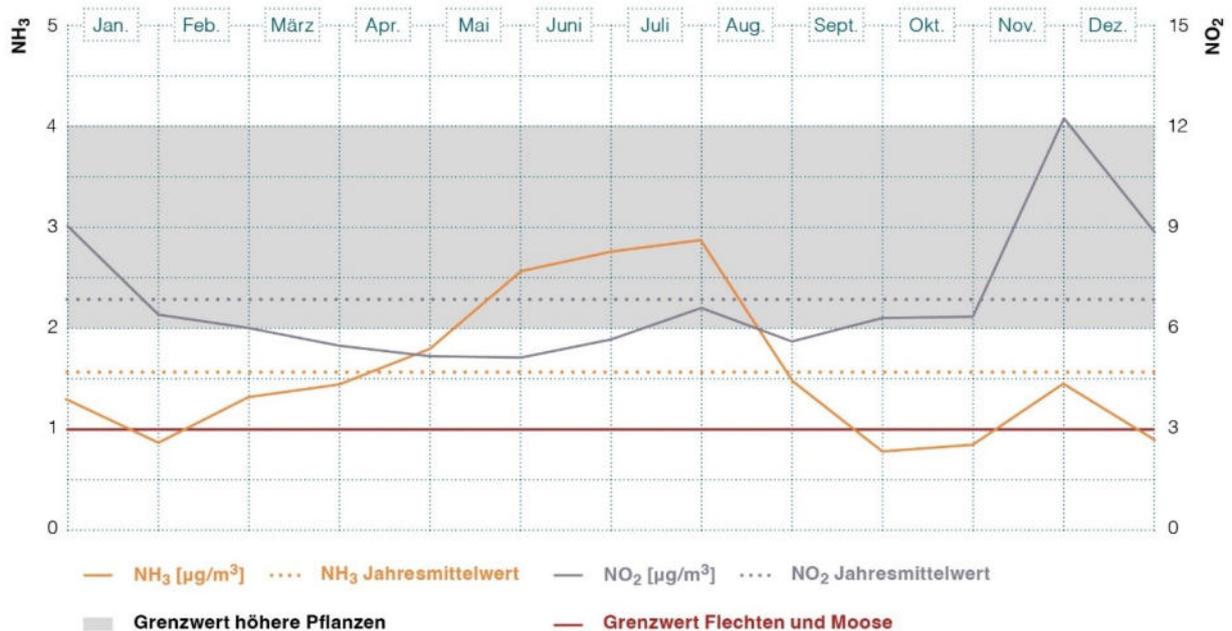


ABBILDUNG 25 – ERGEBNISSE DER MESSKAMPAGNE 2024 IN VISP ÜBER STICKSTOFFIMMISSIONEN FÜR AMMONIAK UND STICKSTOFFDIOXYD



9.3. Entwicklung der Immissionen

Ammoniakquellen finden sich überwiegend in der Landwirtschaft. In der Schweiz werden die höchsten Tagesspitzen in der Umgebungsluft während der Gülleausbringung gemessen [1]. Ammoniak ist auch ein NO_x-Reduktionsmittel, das in den industriellen SCR- und SNCR-Anlagen zur Denitrifikation (DeNO_x) verwendet wird. Der Anteil, der nicht reagiert hat, entweicht durch die Kamine. Im Strassenverkehr und im Nichtstrassenbereich dient der Einsatz von Additiven, beispielsweise AdBlue aus Harnstoff und Wasser, dem gleichen Zweck in den Abgasen von Motoren. Durch Thermolyse wird Harnstoff in NH₃ und CO₂ umgewandelt. Dann entsteht bei der Reaktion zwischen NH₃ und NO mit Hilfe von Sauerstoff molekularer Stickstoff (N₂) und Wasser (H₂O). Wenn die Reaktion nicht vollständig abläuft, wird Ammoniak mit den Abgasen ausgestossen.

Die LRV hat von 2022 bis 2024 schrittweise Anforderungen eingeführt, die auf eine bessere Begrenzung der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft und in der Viehzucht abzielen. Sie gelten für die Lagerung und Ausbringung von Gülle.

Die ständige Überwachung der Ammoniakkonzentrationen in der Luft beschränkt sich im Wallis auf die NABEL-Station in Sitten in der Nähe der Autobahn A9. Das vom BAFU mit dieser Überwachung beauftragte Büro kam in seinem Bericht [7] für 2022 zum Ergebnis, dass der Toleranzbereich der für höhere Pflanzen zulässigen Höchstkonzentrationen um 2 bis 4 µg/m³ überschritten wird (Abbildung 26). Dies stand im Widerspruch zu den Zielen des Protokolls zum Übereinkommen von 1979 über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung, betreffend die Verringerung von Versauerung, Eutrophierung und bodennahem Ozon (SR 0.814.327, in Kraft getreten im Dezember 2005). Im Jahr 2023 lag das Ergebnis noch leicht darüber. Das festgelegte Qualitätssicherungsziel wurde jedoch nicht erreicht. Daher wurde ein systematischer Fehlerbereich ermittelt und in die Ergebnisgrafik (Abbildung 26) aufgenommen.

Betreffend Moose und Flechten wurde der kritische Jahreswert von 1 µg/m³ in den letzten 25 Jahren mindestens um das 3.8-fache überschritten.

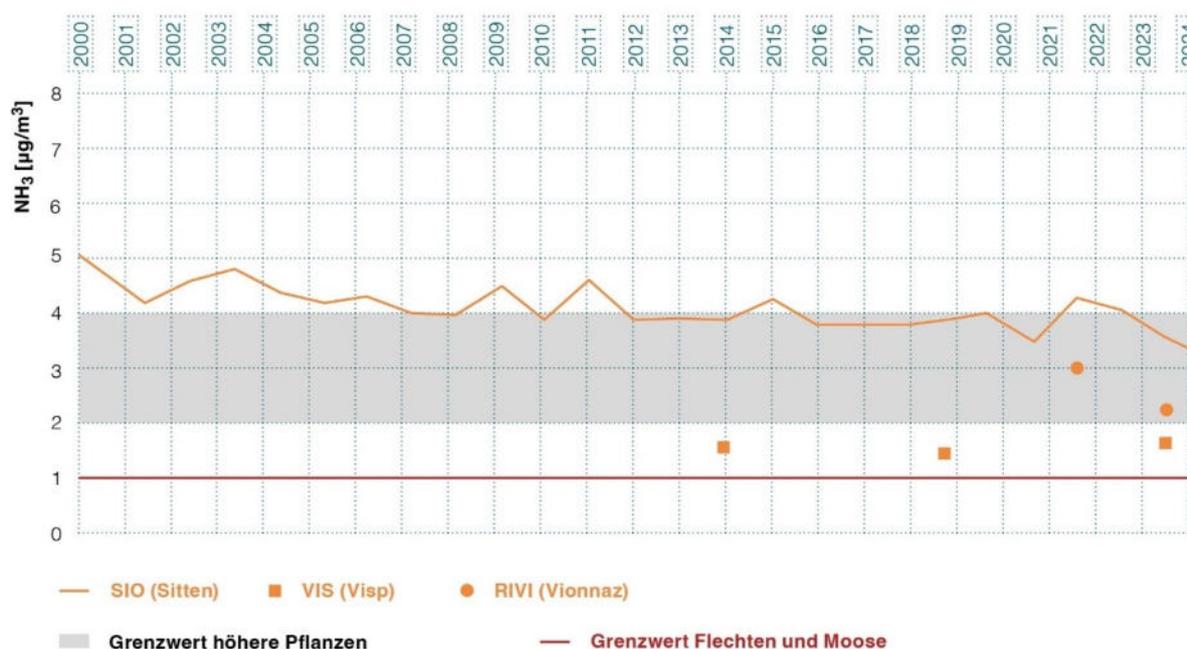
ABBILDUNG 26 – JÄHRLICHE AMMONIAKKONZENTRATIONEN IN WALLIS VON 2000 BIS 2024


Abbildung 26 zeigt auch die jährlichen Ammoniakwerte, die an den Standorten RIVI und VIS während der von der DUW durchgeführten oder finanzierten punktuellen Messkampagnen gemessen wurden. Die Daten für 2024 stammen aus einem direkten Informationsaustausch zwischen der kantonalen Behörde und dem externen Analyselabor. Dieses spezialisierte Labor hat einen Bericht über die 2014 und 2019 an der LWF-Messstation in Visp durchgeführten Messkampagnen vorgelegt [8]. Die Jahresmittelwerte der NH_3 -Konzentrationen lagen bei 1.6 bzw. $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der für 2024 gemeldete Wert von $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ deutet auf ein stabiles Niveau hin (Abbildung 26). Er ist für höhere Pflanzen nicht kritisch, für Moose und Flechten jedoch schon. Die Ammoniakkonzentrationen müssten um 33 % gesenkt werden, damit diese Organismen nicht beeinträchtigt werden.

Die Kampagnen 2014 und 2019 ermittelten auch die Stickstoffdepositionen, indem sie die reaktiven Stickstoffverbindungen in reduzierter (Ammoniak), oxidiert (Salpetersäure $\text{HNO}_3(\text{g})$, Stickstoffoxide) und ionischer Form (Ammonium NH_4^+ , Nitrat NO_3^-) erfassten. Zu diesem Zweck werden die gravitative Deposition durch feuchten Niederschlag (Niederschlag) und sedimentierten Staub sowie die gasförmigen Konzentrationen von Ammoniak, Stickstoffdioxid und Salpetersäure in der Luft analysiert. Anschliessend wird die Gesamtstickstoffbelastung des untersuchten Ökosystems berechnet. Schliesslich wird sie mit der entsprechenden kritischen Belastung (CLN, critical loads for nitrogen) verglichen. Für den Nadelwald in Visp geht der Bereich, der nicht überschritten werden darf, von 5 bis $15 \text{ [kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}]$ (kg pro Hektar und Jahr). Andernfalls kommt es zu Nährstoffungleiche-

wichten und einer Störung der Mykorrhiza-Vegetation im Boden [9]. Die Ergebnisse des Labors für die Jahre 2014 und 2019 liegen bei 24.4 bzw. $21.2 \text{ [kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}]$. Das ist 2.4- bzw. 2.1-mal höher als der durchschnittliche Referenzwert von $10 \text{ [kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}]$, der für dieses Ökosystem nicht überschritten werden darf. Diese überhöhten Immissionen waren zu fast 52 % auf die Konzentrationen von gasförmigem Ammoniak in der Luft zurückzuführen. Somit ist Ammoniak auch bezüglich Stickstoffbelastung der wirksamste Schadstoff.

Im Jahr 2024 wurde die periodische Messkampagne an der LWF-Messstation in Visp wiederholt. Im selben Jahr führte die DUW erstmals eine ähnliche Messkampagne im Wallis durch, und zwar am selben Ort wie 2022, um den Ammoniakgehalt in Les Rigoles in der Gemeinde Vionnaz zu messen. Die Ergebnisse werden die bestehende Charakterisierung der Rhoneebene im Unterwallis ergänzen. Die untersuchten Ökosysteme sind jedoch unterschiedlich. Westlich der Ortschaft Visp handelt es sich um eine Nadelwaldbewaldung, während es sich am Standort Les Rigoles in Vionnaz um ein nährstoffarmes oligotropes Flachmoor handelt, wo die zu überschreitende Depositionsmenge bei 10 bis $15 \text{ [kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}]$ liegt, bei einem durchschnittlichen Referenzwert von maximal $12 \text{ [kg N}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}]$. Andernfalls kommt es zu erheblichen Auswirkungen auf Moose und zu einem Überwachsen von Seggen und Gefässpflanzen. Die entnommenen Proben müssen einer langwierigen Analyse unterzogen werden, sodass die endgültigen Ergebnisse zu den Stickstoffablagerungen bei VIS und RIVI im Jahr 2024 erst im nächsten Jahresbericht vorgestellt werden können.

9.4. Stand der Immissionen

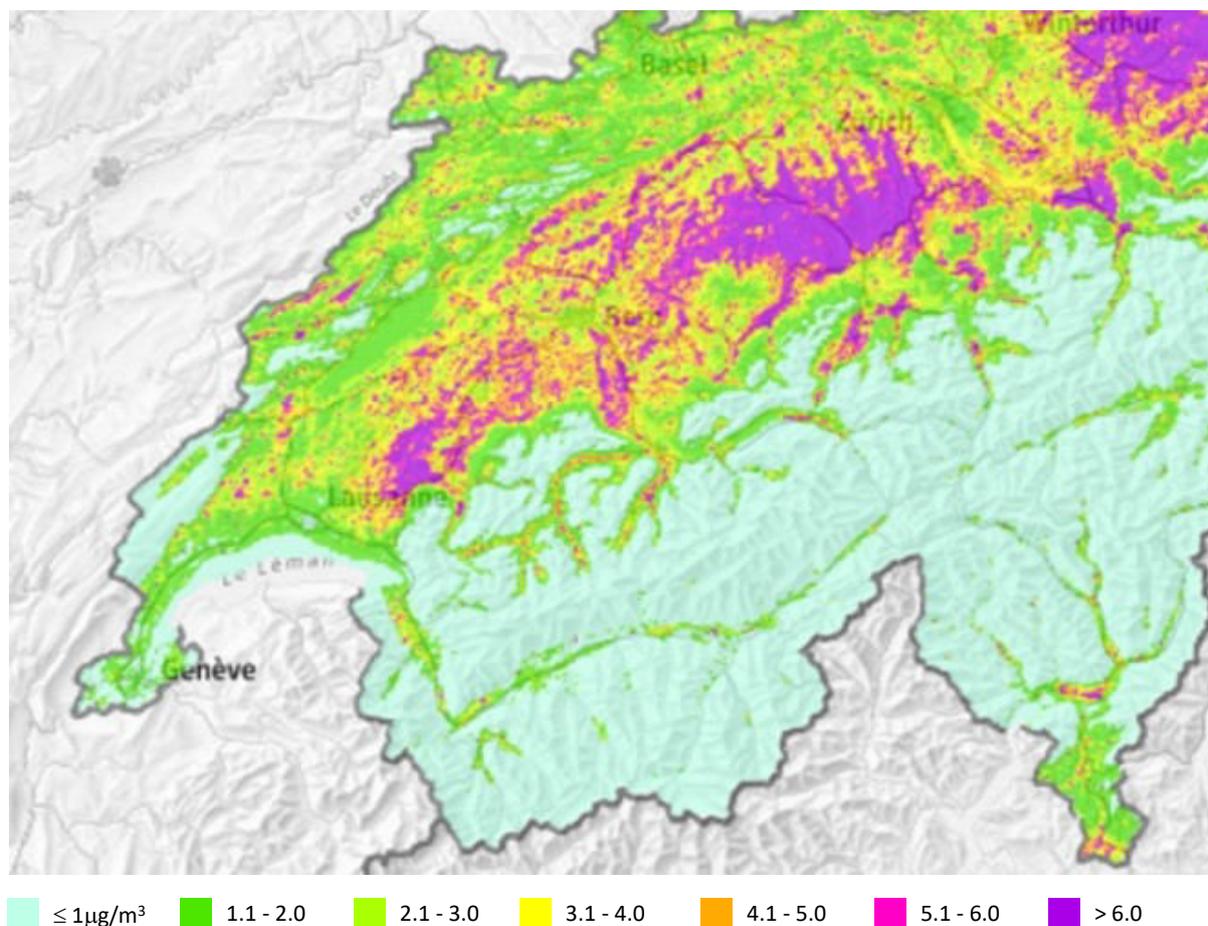
9.4.1. KRITISCHE WERTE

Der Bund erstellt Karten (geo.admin.ch, Thema BAFU), die insbesondere den kantonalen Behörden zur Verfügung stehen, damit diese ihre spezifische Situation beurteilen können, ohne jedoch die einzelnen Quellen identifizieren zu müssen. Die letzte Aktualisierung erfolgte 2020 (Stand: 15.08.2022). Die Karte der 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 27, orange und violett markierte Punkte). Die Messergebnisse in Sitten zeigen, dass die Jahreswerte in den Jahren 2000 bis 2006, 2009, 2011, 2015, 2022 und 2023 diesen Wert

überschritten haben. Für die Situation im Jahr 2020 zeigt die Karte die wichtigsten kritischen Gebiete in der Rhoneebene auf seiner gesamten Länge, vor allem jedoch im Unterwallis, sowie in einigen Höhenlagen im Val de Bagnes und im Entremont.

Das Excel-Tool des BAFU zur Bewertung der Ammoniakimmissionen von Viehzuchtbetrieben in empfindlichen Ökosystemen legt den Grenzwert für Hochmoore auf 1 µg/m³ und für Flachmoore, Trockenwiesen sowie Laub- und Nadelwälder auf 3 µg/m³ fest. Es modelliert die Immissionen in einem Abstand von 50 bis 1000 m von den Emissionsquellen.

ABBILDUNG 27 – KARTE DER KRITISCHEN WERTE FÜR GASFÖRMIGES AMMONIAK IN DER SCHWEIZ IM JAHR 2020



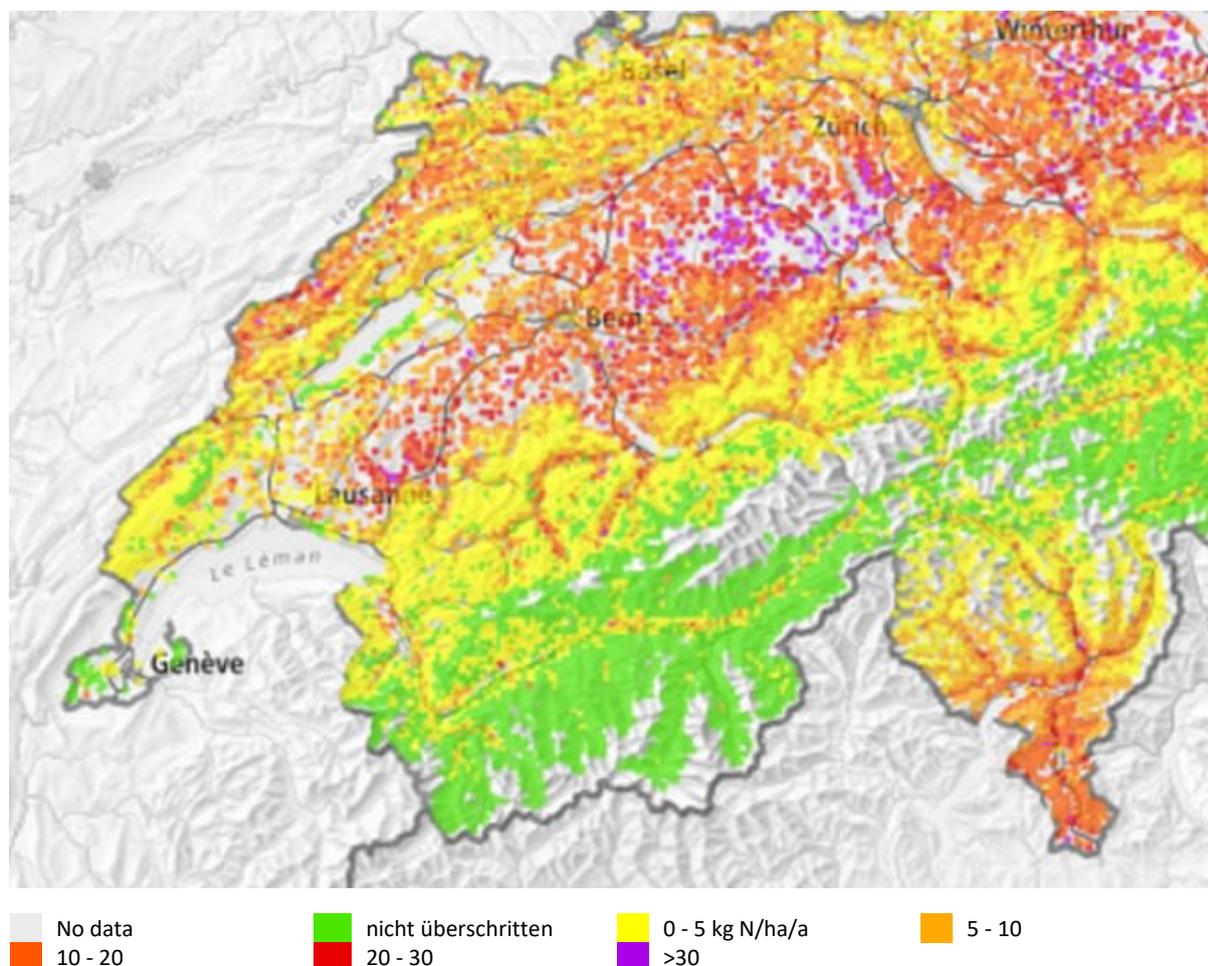
9.4.2. KRITISCHE BELASTUNGEN

Die Karte von 2020 (Stand 15.08.2022) zu den Überschreitungen der kritischen Belastungen für reaktive Stickstoffdepositionen gilt für sechs sensible Ökosystemfamilien auf einem Raster von 1 × 1 km. Stickstoffüberschüsse treten im Kanton punktuell auf (Abbildung 28, gelbe und vor allem orange und rote Punkte). Ein besonders kritischer Punkt im Wallis, der auf der Karte violett markiert ist, ist der Pfywald zwischen Siders und Leuk mit einem Überschuss von mehr als 30 [kg N·ha⁻¹·a⁻¹]. Die anderen, weniger ausgeprägten Überschüsse sind vor allem in der Rhoneebene und seltener in einigen Seitentälern wie dem Val de Bagnes oder dem Val d'Illiez zu beobachten. Die Liste der gefährdeten Ökosysteme ist lang: Hoch- und Flachmoore, Trockenwiesen, artenreiches

Grasland der alpinen Stufe, Bergseen und Waldflächen. Eine Studie der Schweizerischen Akademie der Naturwissenschaften (academies-suisse.ch, Band 15, Nr. 8, Thema «Übermässige Stickstoffeinträge») warnt davor, dass die Vitalität und das Wachstum von Bäumen dort beeinträchtigt werden, wo die Belastungen 30 [kg N·ha⁻¹·a⁻¹] überschreiten.

Das Excel-Tool des BAFU zur Bewertung der zulässigen Stickstoffbelastungen für empfindliche Ökosysteme durch Emissionen legt den Grenzwert für Hochmoore auf 7 [kg N·ha⁻¹·a⁻¹] fest, für Nadelwälder auf 10 [kg N·ha⁻¹·a⁻¹] und für Flachmoore, Trockenwiesen und Laubwälder auf 15 [kg N·ha⁻¹·a⁻¹].

ABBILDUNG 28 – KARTE DER KRITISCHEN BELASTUNGEN DURCH STICKSTOFFDEPOSITIONEN IN DER SCHWEIZ IM JAHR 2020



Die 2014 in Visp festgestellten Überschreitungen waren zu 51 % auf gasförmiges Ammoniak, zu 25 % auf gasförmiges NO₂ und zu 10 % auf gravitative Ablagerungen von Ammonium (NH₄⁺) und Nitrat (NO₃⁻) zurückzuführen. In der Messkampagne 2019 stammten die Überschreitungen zu 53 % aus gasförmigem Ammoniak, zu 15 % aus gasförmigem NO₂ und zu 15 % aus Ammonium und Nitrat enthaltenden Depositionen. Der Rest setzt sich aus verschiedenen Feuchtdepositionen von Salpetersäure und Nitrat- und Ammoniumverbindungen zusammen. Die ebenfalls in diesem Bericht in Kapitel 8 dokumentierte Verbesserung der Stickstoffdioxidmissionen reicht nicht aus, um übermässige Stickstoffbelastungen zu vermeiden.

Problematisch sind zudem die Stickstoffemissionen von Lachgas (N₂O, Distickstoffmonoxid). Es stellt im Wesentlichen ein starkes Treibhausgas (THG) dar. 2022 machte es etwa 6 % der in der Schweiz emittierten THG aus, während Kohlendioxid (CO₂) 79 % und Methan (CH₄) 12 % ausmacht. Es ist überwiegend das Ergebnis landwirtschaftlicher Aktivitäten durch Düngepraktiken und die Nutzung von Hofdünger. Ein Kilogramm N₂O entspricht 265 Kilogramm CO₂ in Bezug auf das globale Erwärmungspotenzial. Seine Verweildauer in der Atmosphäre beträgt etwa 114 Jahre, gegenüber 12 Jahren für Methan und 100 bis 150 Jahren für CO₂. Per Definition ist die Verweildauer in der Atmosphäre die Zeit, nach der ca. 63 % der Menge eines Stoffes abgebaut ist. Nach dieser Zeit sind jedoch immer noch fast 37 % (mathematisch: 1/e) der ursprünglichen Menge vorhanden, was immer noch nicht vernachlässigbar ist.

10. GROBSTAUBNIEDERSCHLAG

10.1. Steckbrief

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

Wind, der das Gestein erodiert; Luftturbulenzen, die Staub vom Boden aufwirbeln und in die Atmosphäre tragen; Baustellen und Erdarbeiten – das sind alles Quellen für Staubemissionen. Die Wetterbedingungen haben einen starken Einfluss auf den Staubniederschlag: Regen hält ihn am Boden fest, Trockenheit hält ihn in der Luft. Im Wallis steigen die Konzentrationen des Staubniederschlags typischerweise im Frühjahr an. Im Jahr 2024 wurden die höchsten Monatswerte an den RESIVAL-Messstationen überall im Juni gemessen, ausser im August in Les Giettes (siehe Tabellen in Anhang 3). Ein deutlicher Anstieg war im März zu verzeichnen, ausser an den Messstationen in der Unterwalliser Talebene. Die häufigen Föhnperioden nach Mitte Februar bis zum Beginn des Sommers begünstigten eine staubige Atmosphäre, insbesondere an den windgeschützten Messstationen. Die niedrigsten Werte wurden im Januar und Februar sowie von September bis Dezember gemessen. Die Messwerte hängen manchmal von lokalen Ereignissen ab und unterliegen vielen Störfaktoren (Insekten, Fliegen, Blätter usw.).

Die im Staub enthaltenen giftigen Schwermetalle, wie Blei, Cadmium oder Zink, können in die Nahrungskette (in Pilze, Gemüse usw.) gelangen. Die Neurotoxizität von Blei und Cadmium ist nachgewiesen [5], während die Auswirkungen von Zink auf das Herz-Kreislauf-System als mässig eingeschätzt werden. Cadmium gehört ebenso wie Asbest zu den krebserregenden Luftschadstoffen (Anhang 1 Ziff. 8 LRV). Für diese Stoffe gibt es keinen Schwellenwert für die Ungiftigkeit [1]. Die Analyse dieser Schadstoffe im Labor erfolgt jährlich anhand von monatlichen Probenahmen an den RESIVAL-Messstationen.



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 2024

An allen RESIVAL-Standorten wurden die Jahresgrenzwerte für den Grobstaubniederschlag (ausgedrückt in Milligramm pro Quadratmeter und Tag) weitgehend eingehalten (Tabelle 8). Die Ergebnisse liegen alle mindestens 50 % unter dem Grenzwert von 200 mg/(m²×d). Die Verschmutzung ist in allen Standorttypen-Regionen gering. Auf Monatsbasis wurden vorübergehend kritische Werte im März und dann von Juni bis August gemessen. Im März, Juni und Juli lagen die Niederschlagsmengen im Wallis im klimatischen Normalbereich (1991–2020), ausser im März im Oberwallis, wo sie darüber lagen. Anhaltende Winde begünstigten jedoch hohe Staubkonzentrationen. Im August, als die Temperaturen im gesamten Kanton über dem Normalwert lagen, gab es nur wenig Niederschlag, der zudem unter dem Normalwert lag. Die Messstation Les Giettes verzeichnete unter diesen Bedingungen den höchsten Wert des Jahres. An den anderen Messstationen waren die Werte relativ niedrig. Ein eher ruhiger Monat mit Tageswindgeschwindigkeiten von kaum mehr als 10 km/h sowohl in der Ebene als auch in den Höhenlagen und ohne starke Böen passt zu dieser Beobachtung.

Auch die jährlichen Mengen an Schwermetallen im Staubniederschlag, Blei (Pb), Cadmium (Cd) und Zink (Zn), ausgedrückt in Mikrogramm pro Quadratmeter und Tag, liegen klar unter den Jahresgrenzwerten (Tabelle 8). Der maximale Depositionsfluss von Blei wurde in Saxon mit 13 µg/(m²×d) gemessen, was 87 % unter dem Grenzwert liegt. Der Höchstwert für Cadmium wurde an derselben Messstation gemessen und liegt 68 % unter dem Grenzwert. Diese Belastungen sind gering, obwohl Cadmium bereits in geringsten Konzentrationen für den Menschen giftig sein kann. Der höchste Zinkwert wurde wiederum an der Messstation Saxon mit 248 µg/(m²×d) gemessen, was 38 % unter dem Grenzwert liegt. Diese Belastung wird als mässig eingestuft.

Die Primäranalysewerte (in mg/L) lagen teilweise unter den analytischen Schwellenwerten. Dies war 2024 für Pb in Eggerberg und für Cd in Montana und Sitten der Fall. Mit anderen Worten: Die Ströme lagen unter 1 % des Grenzwerts für Blei und unter 4.5 % des Grenzwerts für Cadmium.

TABELLE 8 – GROBSTAUBNIEDERSCHLAG UND METALLGEHALT , IM JAHRESDURCHSCHNITT 2024

Regionen	Stationen	Jahresmittel [mg/m ² ×d]	Blei (Pb) [µg/m ² ×d]	Cadmium (Cd) [µg/m ² ×d]	Zink (Zn) [µg/m ² ×d]
LÄNDLICHE REGION IN DER HÖHE	Les Giettes	85	1.0	0.18	16
	Eggerberg	60	<LQ	0.09	17
	Montana	78	1.6	<LQ	29
LÄNDLICHE REGION IN DER EBENE	Saxon	82	12.6	0.63	248
STADTZENTRUM	Sion	85	2.7	<LQ	41
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	89	1.5	0.27	32
	Brigerbad	90	1.1	0.14	31
LRV-NORM		200	100	2	400

10.3. Entwicklung der Immissionen

Seit 1995 haben die Grobstaubniederschläge den LRV-Anforderungen immer entsprochen, ausser 2019 in der ländlichen Region (Abb. 29). Veränderliche Wetterbedingungen und Intensitäten der Quellen erklären die recht starken Schwankungen der Ergebnisse von einem Jahr und Ort zum anderen. Zufällige Interferenzen durch Fremdkörperkontaminationen

(Insekten, Fliegen, Bienen, Blätter, Kot usw.) tragen ebenfalls zu dieser Variabilität bei. Korrigiert werden diese Verfälschungen, indem man sie während des Analyseverfahrens nach Möglichkeit eliminiert. Doch deren systematische Entfernung erweist sich manchmal als schwierig, trotz striktem Analyseprotokoll.

Die jährlichen Depositionen schwanken normalerweise zwischen 50 und 150 mg/(m²×d). Höhere Werte, mit Spitzenwerten, die 2007 und 2013 in die Nähe des Grenzwerts kamen, waren in Sitten festzustellen. Im Jahr 2019 wurde der Grenzwert in Saxon überschritten. Lokale Quellen tragen zu diesen Ausnahmen bei: Baustellen samt ihren mobilen Maschinen,

Arbeiten in der Landwirtschaft und im Obstbau, allgemeiner Nutzverkehr. Der Trend für den Zeitraum 2014 bis 2024 zeigt in allen Regionen einen Rückgang, ausser in der ländlichen Region in der Ebene. Der seit 2019 anhaltende Aufwärtstrend in Saxon schwächte sich jedoch bis 2024 ab und entspricht einem moderaten Anstieg von rund 22 % gegenüber 2014.

ABBILDUNG 29 – STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2024 REGIONALE MITTELWERTE

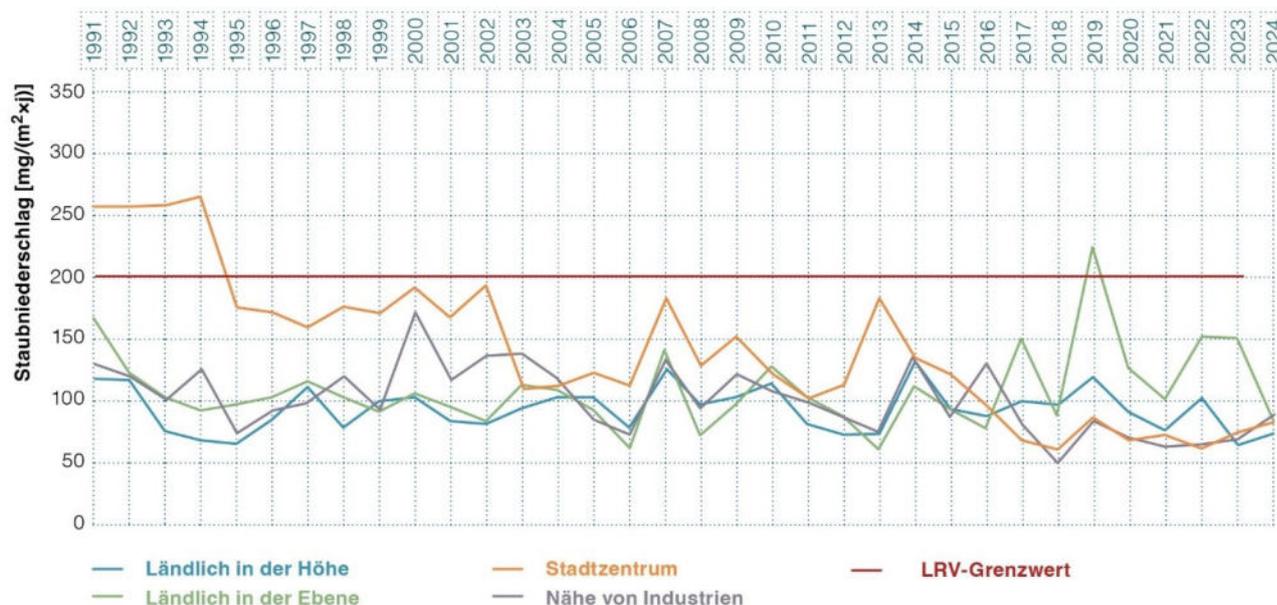


Abbildung 30 zeigt die Entwicklung der jährlichen Werte für Blei im Grobstaubniederschlag. Seit 2001 weisen die RESIVAL-Ergebnisse regelmässig sehr niedrige Werte auf, ausser in den Jahren 2017 und 2021. Im Jahr 2017 stiegen die Werte im Stadtzentrum und ländlichen Regionen in der Höhe vorübergehend an. In der Höhe war dies der höchste Wert seit Beginn der Messungen. Im Jahr 2021 war in allen Regionen ein Anstieg zu verzeichnen. In Regionen in Industrienähe und in ländlichen Regionen in der Ebene wurde in diesem Jahr der höchste Wert seit 1991 erreicht. 2022 hingegen brachte Rekordtiefstwerte in Stadtzentren und in der Nähe von Industrien. 2024 verzeichneten die ländlichen Regionen in der Höhe den niedrigsten Wert seit Beginn der Messungen im Jahr 1991. In den ländlichen Regionen in der

Ebene zeichnet sich für den Zeitraum 2014-2024 ein moderater Aufwärtstrend ab.

Die Bleibelastung wird seit 1992 als gering eingestuft. Die bedeutendste Entwicklung bleibt der starke Rückgang des Bleigehalts im Staub, der im Stadtzentrum von 1991 bis 2001 beobachtet wurde (Abbildung 30). 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 30 – BLEI IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2024, REGIONALE MITTELWERTE

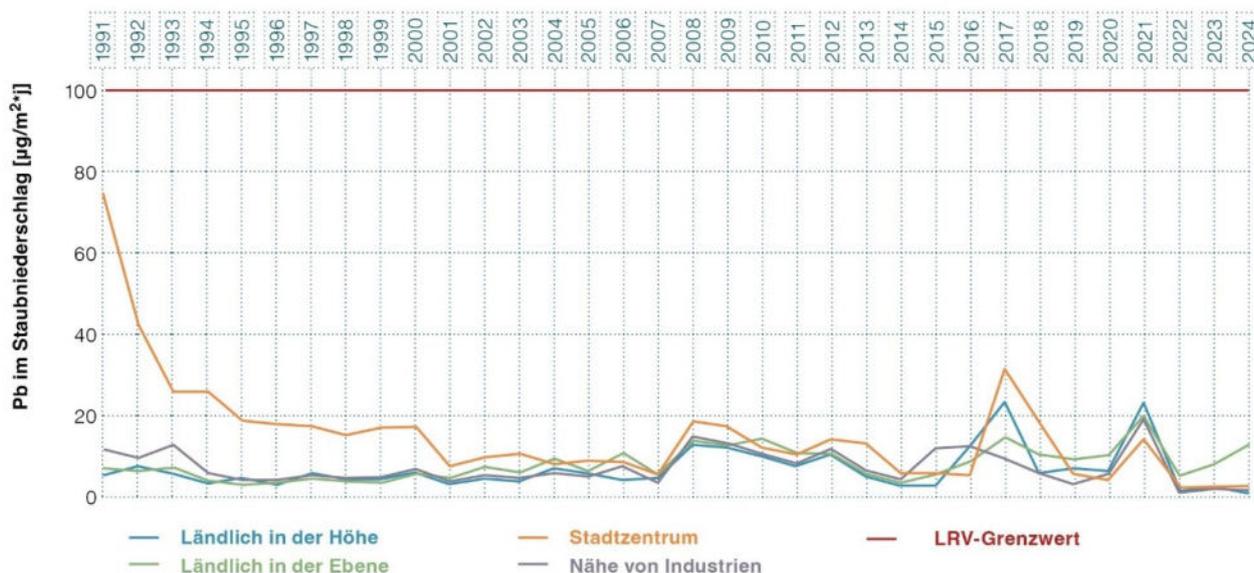


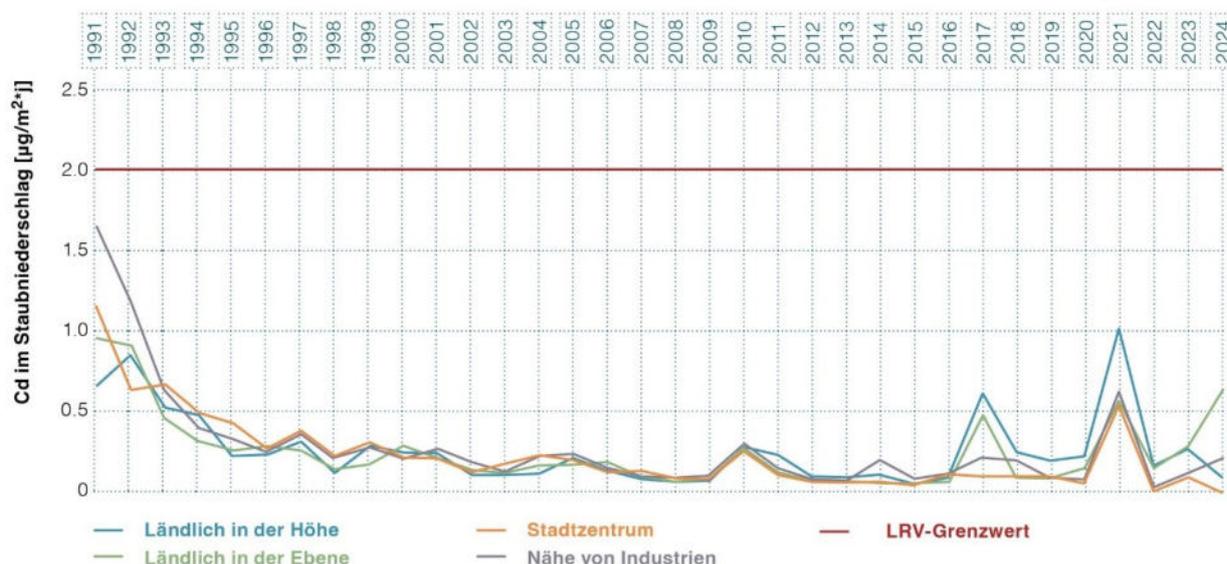
Abbildung 31 zeigt die Entwicklung der jährlichen Werte für Cadmium im Staubniederschlag. Die seit 1998 gemessenen Werte sind in der Regel recht niedrig. Der Schadstoffgehalt liegt unter 50 % des Immissionsgrenzwerts der LRV von $2 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ und wird seit 1993 als gering eingestuft, mit Ausnahme des Jahres 2021 in ländlichen Regionen in der Höhe mit einem Ausnahmewert von $2.1 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ in Les Giettes. Diese Messstation hatte damals die Anforderungen der LRV nicht erfüllt. Die Ergebnisse von 2015 sind nach wie vor am niedrigsten in ländlichen Regionen. Die Ergebnisse von 2022 weisen die niedrigsten Werte in Stadtzentren und in der Nähe von Industrien auf, was sich 2024 in Sitten wiederholte. Alle Standorttyp-Regionen zeigen jedoch im Zeitraum 2014-2024 einen leichten Aufwärtstrend. Die ländliche Region in der Ebene gibt mit einem Anstieg um den Faktor 8 in diesem Zeitraum an der Messstation Saxon Anlass zur Sorge.

Cadmium in Form von lungengängigen Partikeln ist in der LRV als krebserregend eingestuft. Die Messstation Les Giettes weist häufig die höchsten Werte dieses Metalls unter den RESIVAL-Messstationen auf. Im Jahr 2020 lag sie jedoch an zweiter Stelle

nach Montana. Im Jahr 2024 liegt sie an dritter Stelle nach Saxon und Massongex. Die relativ hohen Gehalte an der Station Les Giettes sind auf die Rauchfahne zurückzuführen, die aus der KVA SATOM austritt. Die Cd-Messungen von 2019 (150 mg/h), 2021 (90 mg/h), 2023 (< 60 mg/h) scheinen auf einen Rückgang des Ausstosses dieses Schadstoffs hinzuweisen. Im Durchschnitt der letzten fünf Jahre betrug er zwischen 80 und 100 [mg/h], was bei 8200 Betriebsstunden pro Jahr etwa 740 [g/Jahr] entspricht. Die Ablagerungen dieses Metalls in den letzten drei Jahren im Sensor von Les Giettes, der fast 650 m höher als die Kaminöffnung der KVA und 6 km horizontal entfernt ist, entsprechen etwa 1 bis 4 Milliardstel der jährlichen Emissionen der Fabrik.

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

ABBILDUNG 31 – CADMIUM IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2024, REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE



Bis 2014 stagnierten die Zinkwerte auf einem niedrigen Belastungsniveau und zeigten insgesamt einen leichten Rückgang. Dieser Trend setzte sich fort, ausser im Stadtzentrum, wo 2015 ein deutlicher Anstieg einsetzte (Abbildung 32). Er erreichte 2018 mit $293 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ seinen Höhepunkt, der höchste Wert, der seit Beginn der Messungen beobachtet wurde.

Nach dem Standortwechsel der Station Sitten im Frühjahr 2014 stiegen die Werte von durchschnittlich $70 \mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ in den Jahren 2012 bis 2014 auf fast das Vierfache im Jahr 2018. An seinem neuen Standort stand der Sammler an einem Metallzaun.

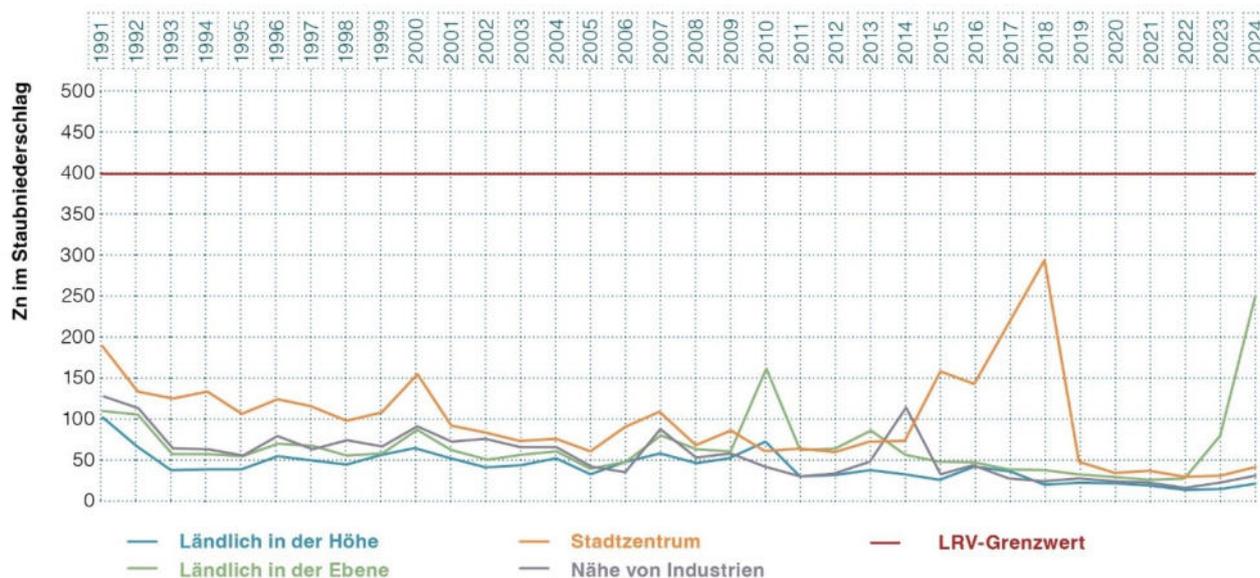
Diese Maschendrahtzäune enthalten typischerweise Zink, der ihre Lebensdauer verlängert. Metallpartikel lösten sich aus dem Zaun, wurden in der Luft aufgewirbelt und fielen wieder in den nahegelegenen Probenahmebehälter zurück. Um diesen spezifischen Einfluss zu vermeiden, wurde der Sammelzylinder vom Drahtgeflecht entfernt, blieb aber in der Nähe der Station. Seitdem ist ein eindeutiger Rückgang der jährlichen Zinkwerte im Stadtzentrum zu beobachten.

Sie haben sich den Werten in anderen Regionen angeglichen.

In den Jahren 2021 bis 2023 wurden die niedrigsten Werte seit Beginn der Messungen im Jahr 1991 in den vier Modellregionen gemessen. Im Jahr 2024 sind erneut Anstiege zu beobachten. Diese sind jedoch gering, ausser in der ländlichen Region der Ebene, wo sie massiv sind. Der Jahreswert an der Messstation Saxon ist 2024 tatsächlich 5.5-mal höher als im Durchschnitt der drei Vorjahre. Dieser Anstieg ist jedoch weniger besorgniserregend als der Cadmiumanstieg an derselben Messstation. Während Cadmium aufgrund seiner krebserregenden Eigenschaften bereits in geringsten Konzentrationen schädlich ist, treten die toxischen Wirkungen von Zink vor allem in hohen Konzentrationen auf. Solange der Grenzwert deutlich eingehalten wird, ist die Situation nicht alarmierend.

Eine mässige Zinkbelastung, wie sie 2024 an der Messstation Saxon festgestellt wurde, beeinträchtigt vor allem das Pflanzenwachstum.

ABBILDUNG 32 – Zink in $\mu\text{g}/(\text{m}^2 \times \text{d})$ IM STAUBNIEDERSCHLAG VON 1991 BIS 2024, REGIONALE DURCHSCHNITTSWERTE



11. FLÜCHTIGE ORGANISCHE VERBINDUNGEN – VOC

11.1. Steckbrief

Die flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) bilden eine grosse Familie von organischen Molekülen, die alle Kohlenstoff enthalten. Die einfachsten sind Kohlenwasserstoffe, die ausschliesslich aus Kohlenstoff und Wasserstoff (C_xH_y) bestehen. Andere, wie beispielsweise Aldehyde und Ketone, enthalten Sauerstoff; wieder andere enthalten Chlor oder Fluor, Halogene, wie das krebserregende Trichlorethylen und das vermutlich krebserregende Perchlorethylen oder F134a (CH₂FCF₃), ein Kältemittel, einem Bestandteil von Isolierstoffen und einem Treibhausgas gemäss dem 2005 in Kraft getretenen Kyoto-Protokoll. Der 2019 in der Schweiz verabschiedete Kigali-Änderungsvertrag (SR 0.814.021.5) wird dessen Konzentration in der Luft, die bisher stetig angestiegen ist, reduzieren.

Diese Moleküle stammen vor allem aus Treib- und Brennstoffen, Lösungsmitteln, Farben, Fleckentfernern, Klebstoffen oder Kosmetika, aber auch aus natürlichen Quellen, wie Wäldern und Wiesen. Im Wallis gehen ca. 84 % der NMVOC-Emissionen, die für 2023 insgesamt 12'057 Tonnen betragen, auf natürliche Quellen zurück (siehe Abb. 33). Die übrigen NMVOC-Quellen sind hauptsächlich Haushalts- und Bau-Lösungsmittel, die insbesondere für Beschichtungen verwendet werden.

Synthetische, sogenannte anthropogene VOC sind teilweise krebserregend (z. B. Benzol). Ihre Toxizität variiert stark von Stoff zu Stoff. Alle VOC tragen jedoch zur Bildung von Ozon bei. Diejenigen mit einer hohen Reaktivität sind für die tageszeitlichen Ozonspitzenwerte in der Nähe der Quellen verantwortlich, während diejenigen mit einer geringeren Reaktivität zur Erhöhung des Hintergrundozons in weiten Gebieten beitragen. VOC sind auch Vorläufer von Feinstaub durch die Bildung von sekundären organischen Aerosolen.

VOC - LUFTQUALITÄT AUF EINEN BLICK	
STADTZENTRUM	 gut
NÄHE VON INDUSTRIEN	 mittel

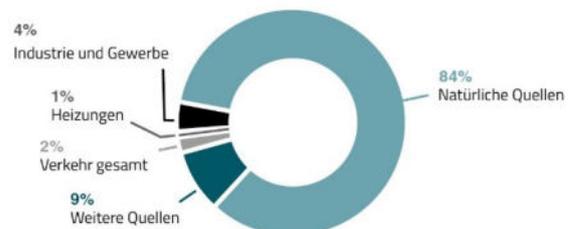
BTEX, d. h. Benzol, Toluol, Ethylbenzol und Xylol-Isomere, sind aromatische Verbindungen mit einem Benzolring. Sie sind vor allem im Motorenbenzin enthalten. Im Jahr 2000 wurde der Höchstgehalt an Benzol im Benzin von 5 auf 1 % gesenkt. Im Wallis ist der Strassenverkehr für mehr als 98 % der anthropogenen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

Die Messung der VOC bei RESIVAL erfolgt mittels Gas-Chromatographie. Die Bestimmung erfolgt mit Hilfe von Photoionisationsdetektoren (PID) oder Flammenionisationsdetektoren (FID).



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

ABBILDUNG 33 – NMVOC-Emissionen (VOC ausser Methan) im 2023



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 2024 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. Es ist der Grundsatz der LRV, dass Emissionen von krebserregenden Stoffen, unabhängig davon, wie hoch ihr schädigende Wirkung ist, soweit zu begrenzen sind, wie das technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Anhang 1 Ziff. 8

LRV). Die Hauptquellen für Benzol sind der Strassenverkehr, die Verbrennungsabgase von Heizungen, die Verdampfung von Erdölprodukten an Tankstellen und in Lagerstätten. Auf mehr privater Ebene wird es durch Tabakrauch freigesetzt. Bis zu 5 % der Benzolemissionen sind natürlichen Ursprungs. Die Europäische Union hat als jährlichen Richt-Grenzwert $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ festgesetzt (Richtlinie 2000/69/EG). Der Referenzwert der WHO (RL) liegt bei $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahresdurchschnitt.

TABELLE 9 – BENZOL UND TOLUOL, ERGEBNISSE 2024

REGIONEN	STATIONEN	Benzol		Toluol	
		Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Tageshöchstwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Jahresmittel [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Tageshöchstwert [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
STADTZENTRUM	Sitten	0.46	2.1	2.5	21.7
NÄHE VON INDUSTRIEN	Massongex	0.38	1.6	2.1	44.4
	Brigerbad	0.76	5.5	2.6	18.4
	Baltschieder	1.2	42.7	4.1	27.4

11.2.1 BENZOL

ABBILDUNG 34 – BENZOL, JAHRESMITTEL

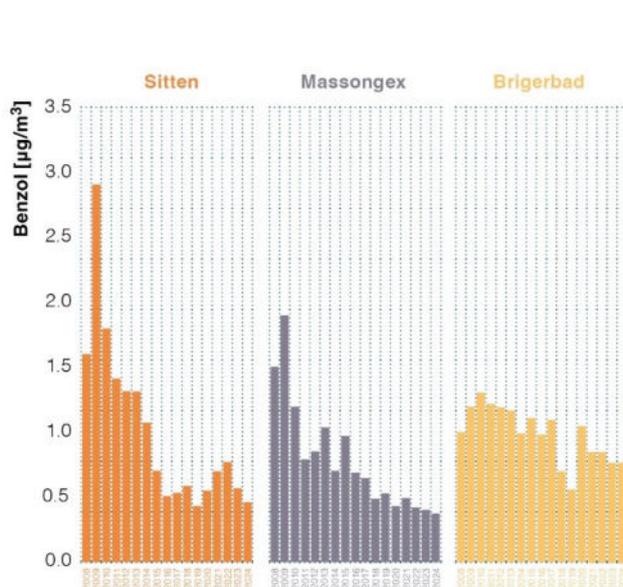
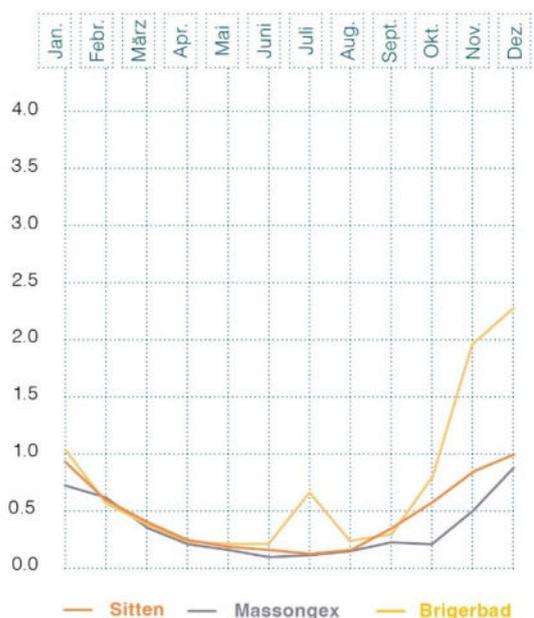


ABBILDUNG 35 – BENZOL, MONATSMITTEL 2024



Die vom RESIVAL in Sitten, Massongex und Brigerbad gemessenen Benzol-Jahreswerte, die in Tabelle 9 wiedergegeben werden, liegen weit unter dem Grenzwert der Europäischen Union. Das Gleiche gilt für die mobile Messstation in Baltschieder. Diese Werte liegen ebenfalls deutlich unter dem WHO-Grenzwert von $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, bei dessen Überschreitung das Risiko, an Krebs zu erkranken, aufgrund der Benzolkonzentration in der Umgebungsluft bei mehr als einer von 100'000 exponierten Personen liegt. Der Westen der Ortschaft Visp ist dieser Belastung stärker ausgesetzt.

Im Rahmen einer landesweiten Messkampagne wurden 2024 auch Jahresmittelwerte an den Stationen Brigerbad, Baltschieder und Massongex ermittelt. Die Messtechnik mit passiven Sensoren, deren VOC anschliessend im Labor mittels GC-MS analysiert werden, unterscheidet sich grundlegend von der der RESIVAL-Stationen. Im Rahmen der nationalen Messkampagne liegen die Jahreswerte für Benzol bei $0.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Brigerbad, $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Baltschieder und $0.41 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Massongex. Im Vergleich zu den Ergebnissen in Tabelle 9 ist die Übereinstimmung relativ gut (maximale Abweichung 24 %).

Beide Methoden ergeben in Baltschieder einen um den Faktor 1.6 bis 1.7 höheren Benzolwert als in Brigerbad. Die beiden Messstationen liegen in der Hauptwindrichtung, die durch das Rhonetal kanalisiert wird, eine östlich und eine westlich der Ortschaft Visp. Die Windrose für Brigerbad (Abbildung 37) zeigt, dass Ostwind in dieser Region im Jahresdurchschnitt deutlich häufiger weht. Das gilt auch für die Benzolbelastungen aus dieser Richtung. Unter diesen Umständen misst die Station Brigerbad die Belastung aus dem Raum Brig. Die Station Baltschieder misst zusätzlich die Schadstoffe, die in der Agglomeration Visp mit ihren chemischen Industriebetrieben und ihrem Strassenverkehr ausgestossen werden. Die Ergebnisse für 2024 zeigen, dass der daraus resultierende Anstieg 60 bis 70 % beträgt.

Abbildung 34 zeigt die Entwicklung in den letzten 15 Jahren. Seit Beginn der Messungen im Jahr 2008 haben die jährlichen Benzolwerte in Sitten und Massongex einen deutlichen Abwärtstrend gezeigt. Letztere verzeichnete 2024 mit $0.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$ den niedrigsten Wert seit Beginn der Messungen. Im Unterwallis ist

hinsichtlich der Benzolbelastung eine anhaltende Verbesserung der Luftqualität zu beobachten. Im Oberwallis, wo die Werte in Brigerbad schwanken, ist sie weniger ausgeprägt. So liegt der Wert für 2024 an dieser Messstation mit $0.76 \mu\text{g}/\text{m}^3$ über dem Mindestwert von $0.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ im Jahr 2019.

Die niedrigsten Monatswerte werden im Sommerhalbjahr gemessen (Abbildung 35), wenn die Luft stärker durchmischt und die Schadstoffe besser verteilt sind. Der Anstieg im Juli in Brigerbad ist auf zwei Tage mit Überschreitung des RL-Wertes und einen Tag mit Überschreitung des kritischen Wertes von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zurückzuführen. Der starke Anstieg im November und Dezember ist auf 40 Tage zurückzuführen, an denen der RL-Wert an der Messstation im Unterwallis überschritten wurde, was 66 % der Zeit entspricht. Die letzten beiden Monate waren durch relativ ruhige Luft, relativ hohen Luftdruck und Temperaturen unterhalb der Klimanorm 1991–2020 gekennzeichnet. Diese winterlichen Bedingungen begünstigen Kaltluftseen, die die Schadstoffe einschliessen und konzentrieren.

Im Jahr 2024 gab es an den Stationen im Unterwallis keine Benzol-Tageswerte, die den europäischen Jahresgrenzwert von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ überschritten (Tabelle 9). An den beiden Messstationen im Oberwallis gab es hingegen einen solchen Tag Art in Brigerbad (1. Juli) und zehn Tage in Baltschieder (31. Januar, 5. Februar und acht Tage zwischen Oktober und Dezember). Diese Tage werden als kritisch bezeichnet, da die Immissionswerte zu einer Überschreitung der Begrenzung führen, wenn sie über einen längeren Zeitraum anhalten. Aufgrund der täglichen Schwankungen der Wetterbedingungen und der Emissionsquellen (Verkehr, Industrie) äussern sie sich in einzelnen Spitzenwerten (Abbildung 36).

Der WHO-Grenzwert, ausgedrückt als Jahresmittelwert, wurde 2024 in Massongex nie überschritten, in Sitten jedoch an 3 Tagen, in Brigerbad an 47 Tagen und in Baltschieder an 61 Tagen. Die beiden Messstationen im Oberwallis in der Nähe von Visp mit seiner chemischen Industrie und dem starken Strassenverkehr verzeichneten im Jahr 2024 an 28 Tagen gleichzeitig Überschreitungen des RL-Wertes, und zwar am 13. Januar sowie im November und Dezember.

ABBILDUNG 36 – TAGESWERTE VON BENZOL IM JAHR 2024 BEI DEN 4 STATIONEN IN DER EBENE

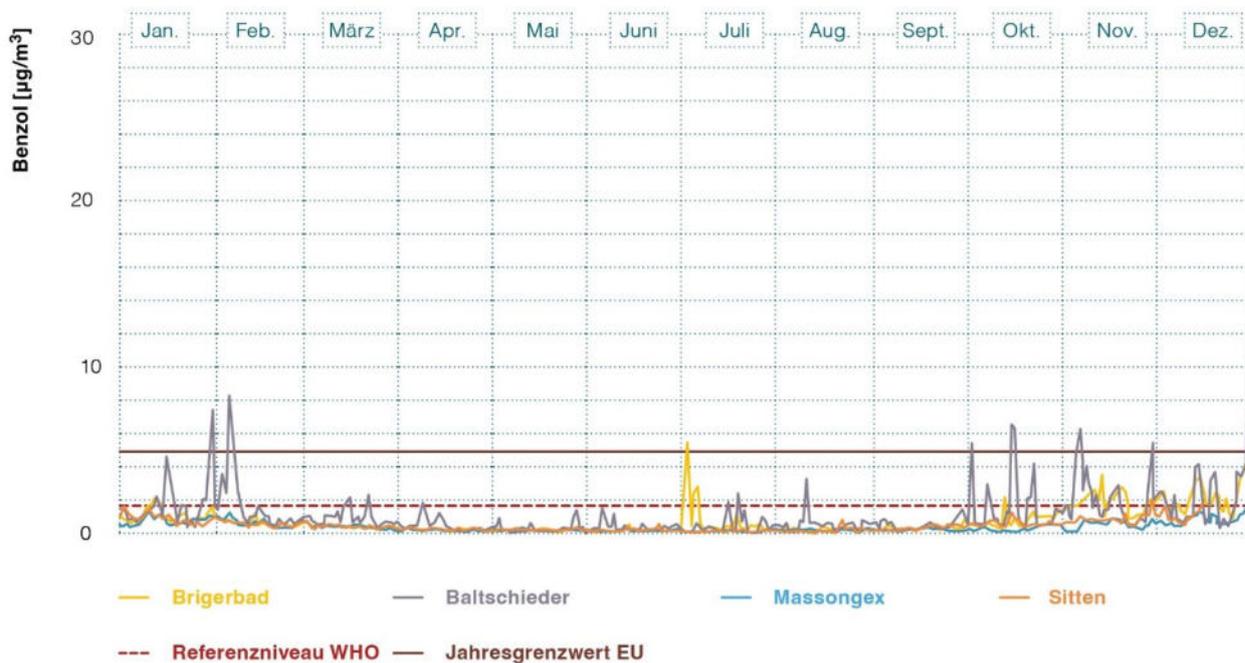
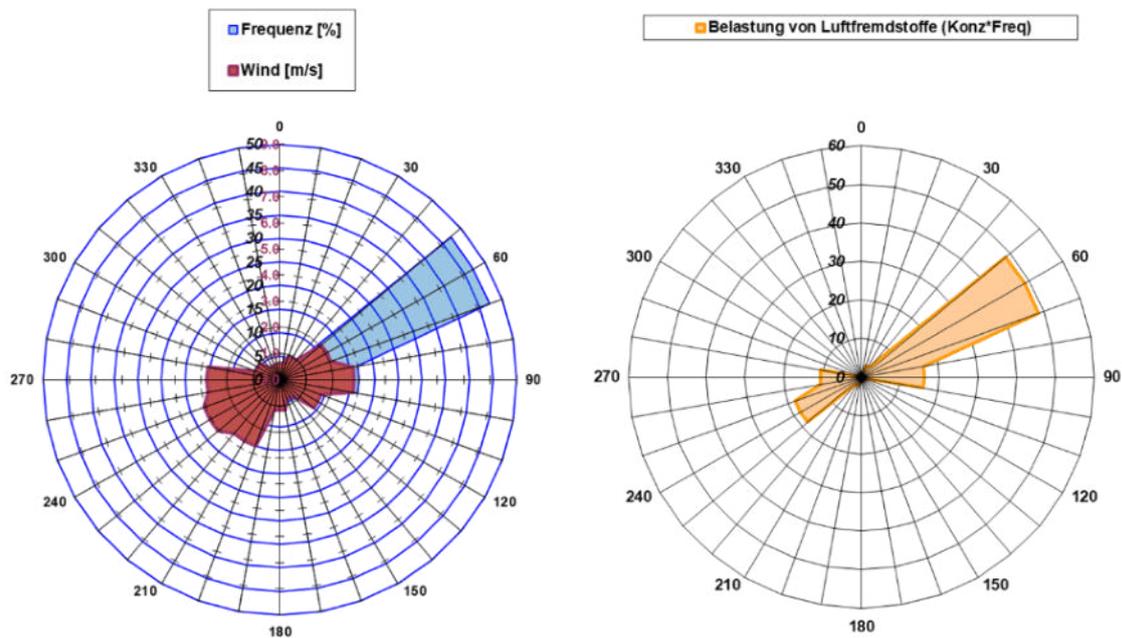


Abbildung 37 zeigt, dass im Jahr 2024 der Wind hauptsächlich aus östlicher Richtung wehte, abgesehen von Zeiträumen mit sehr schwachem oder gar keinem Wind (< 0.5 m/s). Das Jahr war besonders reich an Föhnphasen, die sich in der Ebene aufgrund der Kanalisierung der Luft im Haupttal in Ostwind niederschlagen und in der Windrose deutlich zu erkennen sind. Daher bestimmt der Messort in Brigerbad ganz massgeblich die Ostwindbelastung. Es über-

rascht daher nicht, dass die höchsten Benzolbelastungen aus dem Gebiet zwischen Brig und Brigerbad stammten (Abbildung 37). Die durch die Erwärmung des Bodens unter starker Sonneneinstrahlung verursachten Talwinde, die die Hänge hinaufstiegen und die Verschmutzung von Visp zur Messstation trugen, waren im Jahr 2024 sehr selten. Die Stärke des Westwinds war jedoch ähnlich wie die des Ostwinds, einschliesslich des Föhns.

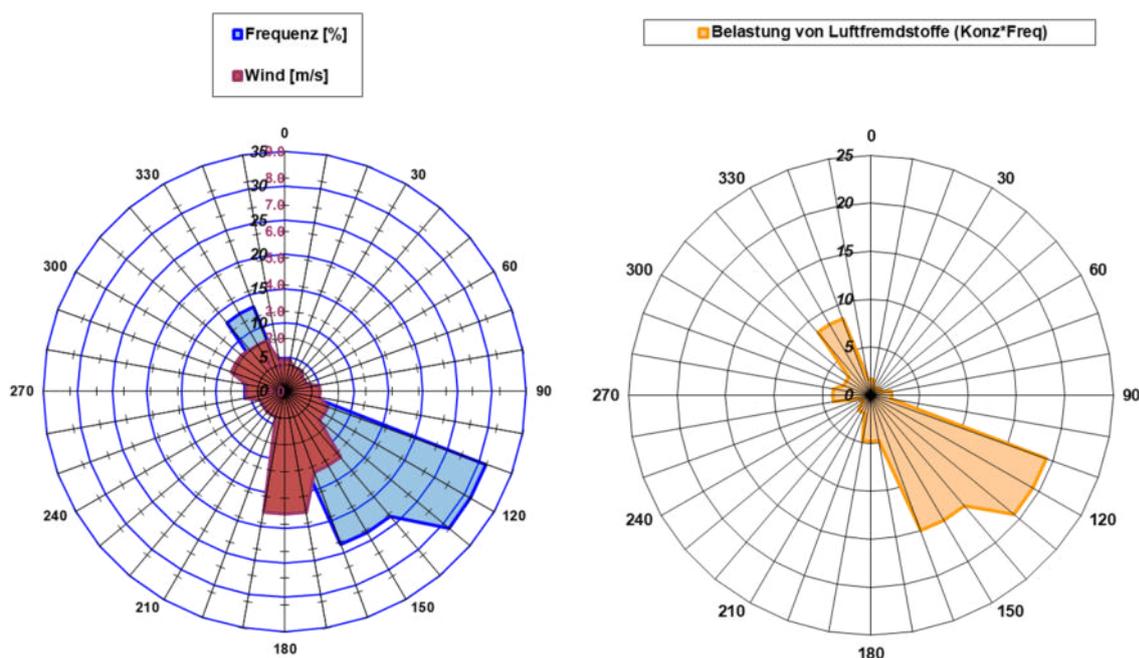
ABBILDUNG 37 – BENZOL -IMMISSIONEN AN DER STATION BRIGERBAD IM JAHR 2024 (90° = OST. 270° = WEST)



Die Station Massongex in der Nähe des Chemie-Standorts im Norden ist ebenfalls weniger häufig diesem Wind aus industriellen Quellen ausgesetzt. Die Windrose für diese Station (Abbildung 38) zeigt eine starke Dominanz des Südostwinds. Die Häufigkeit beträgt 55 % gegenüber 18 % für den Nordsektor. Der Sonderfall des lokalen Fallwinds vom Plateau von Vérossaz im Süden trägt 7 % bei. Im Jahresdurchschnitt ist er mit 17 km/h der schnellste Wind. Die Messstation Massongex liegt wie die von Brigerbad in einem Haupttal mit Föhnbildung. Während

die Anzahl der Föhnstunden im Jahr 2024 im Oberwallis hoch, aber nicht rekordverdächtig war, brachte dieses Jahr für das Chablais einen Rekord an Föhnstunden im März. Die Messstation von MeteoSchweiz in Aigle verzeichnete in diesem Monat durchschnittlich 8 Stunden Föhn. Im März 2024 waren es 79 Stunden. Unter Berücksichtigung dieser Umstände stammte der grösste Teil der Benzolbelastung aus dem Süden (Abbildung 38).

ABBILDUNG 38 – BENZOL-IMMISSIONEN AN DER STATION MASSONGEX IM JAHR 2024 (0° = NORD, 180° = SÜD)



11.2.2 TOLUOL

Für Toluol-Immissionen wurde kein Grenzwert festgelegt. Die neuesten Ergebnisse sind in Tabelle 9 aufgeführt. Die Jahreswerte für 2024 gehören zu den tiefsten seit Messbeginn. In Brigerbad ist der niedrigste Wert seit 2008 gemessen worden. Der Mehrjahresdurchschnitt 2008–2012 liegt an den drei Walliser Messstationen zwischen 2 und 2.5 Mal höher als im Zeitraum 2020–2024 (Abbildung 39). Der Abwärtstrend hält an, ausser in Sitten, wo seit 2017 eine gewisse Stagnation zu beobachten ist. Wie bei Benzol, jedoch mit einem weniger ausgeprägten Profil, zeigt Abbildung 40, dass die monatlichen Toluolkonzentrationen in der kalten Jahreszeit im ersten und vierten Quartal am höchsten sind, wenn die Luftmassen ruhiger sind und die Ausbreitung von Schadstof-

fen durch thermische Turbulenzen weniger begünstigt wird. Die Toluolkonzentrationen sind im Sommerhalbjahr (April bis September) im Durchschnitt nur 1.5- bis 2-mal höher als in den ersten drei und letzten drei Monaten des Jahres. Bei Benzol sind sie 3- bis 4-mal höher.

Wie für Benzol wurden auch für Toluol im Rahmen der nationalen Messkampagne 2024 an den Stationen Brigerbad, Baltschieder und Massongex Jahresmittelwerte ermittelt. Die Werte liegen bei 2.3 µg/m³ in Brigerbad, 4.1 µg/m³ in Baltschieder und 1.8 µg/m³ in Massongex. Im Vergleich zu den Ergebnissen in Tabelle 9 ist die Übereinstimmung relativ gut (maximale Abweichung 17 %).

ABBILDUNG 39 – TOLUOL, JAHRESMITTEL

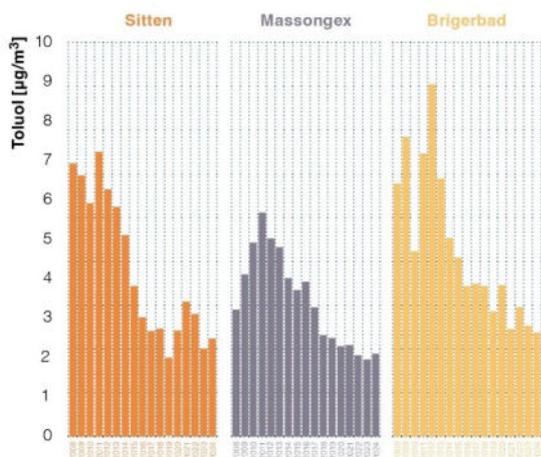


ABBILDUNG 40 – TOLUOL, MONATSMITTELWERTE 2024



Die anerkannten Quellen für Toluol sind der Strassenverkehr, Industrie und Gewerbe sowie die Haushalte. Im Jahr 2024 liegt der Jahresdurchschnitt für Toluol in Baltschieder, das häufiger von den Emissionen aus Visp und dessen Industriebetrieben als von denen aus Brigerbad betroffen ist, wie auch für Benzol über dem Grenzwert (Tabelle 9).

Unter den BTEX ist Toluol die Verbindung mit den höchsten Massenkonzentrationen. Danach folgen die Werte für Benzol. Die Ethylbenzol-Werte für 2024 reichen von 0.24 bis 0.42 µg/m³. Im Rahmen der nationalen Messkampagne lagen sie zwischen 0.17

und 0.32 µg/m³ (die Übereinstimmung mit den RESIVAL-Ergebnissen mittels GC-FID ist gemischt, die Abweichungen betragen bis zu 50 %). In Bezug auf die Emissionen befindet sich Toluol zusammen mit Xylole in der LRV-Klasse 2 für organische Stoffe, Ethylbenzol in der Klasse 1. Die Emissionen in Klasse 1 sind stärker begrenzt, da sie Stoffe enthält, bei denen der begründete Verdacht besteht, dass sie krebserregend sind.

11.2.2 VOC IM ALLGEMEINEN

VOC mit sehr grosser Reaktivität, wie die natürlichen Verbindungen Isopren, α-Pinen und Limonen, sind verantwortlich für kurzzeitige Ozonspitzen in der Nähe ihrer Quellen. Das grosse Übergewicht der natürlichen Quellen im Wallis (Abb. 33) begünstigt diese Prozesse. VOC mit schwächerer Reaktivität, wie das Benzol, das Toluol, das Ethanol und das Methan, tragen hingegen zur grossflächigen Erhöhung des Anteils an Hintergrundozon bei. So gesehen, ist eine Reduktion aller VOC einer Verringerung der Ozon-Frachten zuträglich, wenn auch auf unterschiedlichen Zeitachsen. Um die durch menschliche Aktivitäten verursachten Freisetzung zu minimieren, ist die Anwendung der Verordnung über die Lenkungsabgabe auf VOC (VOCV) zusammen mit den Emissionskontrollen auf der Grundlage der LRV-Begrenzungen eine wichtige Massnahme.

Auch Methan (CH₄) ist eine VOC. Es ist vor allem wegen seiner Wirkung als Treibhausgas (THG, siehe auch Kapitel 9.3.2) besorgniserregend. Die wichtigsten THG sind in der LRV weder bei den Emissionen noch bei den Immissionen begrenzt, was vor allem auf ihre geringe Ökotoxizität in den Konzentrationen, die wir einatmen, zurückzuführen ist. Zum Beispiel stellt CO₂ unterhalb von 1000 ppm keine Gefahr für die menschliche Gesundheit dar (Norm SN546382/1). Seine Konzentrationen in der Atmosphäre liegen derzeit bei etwa 420 ppm. Im Jahr 2000 lag der Wert bei 370 ppm. Bei diesem Tempo wird der CO₂-Gehalt im Jahr 2050 bei 620 ppm liegen, wenn der Anstieg anhält. Ein solches Niveau stellt eine grosse Herausforderung in Bezug auf den Klimawandel dar. Mit den Mitteln zur Verringerung der mit diesem Phänomen verbundenen Extremergebnisse können auch starke und plötzliche Schwankungen der Rahmenbedingungen für die Luftverschmutzung vermieden werden. Regelmässige Verbesserungen wären somit besser gewährleistet.

LITERATUR

- [1] BAFU 2024 | Umwelt-Zustand: Luftqualität 2023. Messresultate des Nationalen Beobachtungsnetzes für Luftfremdstoffe (NABEL). Bundesamt für Umwelt, Bern. www.bafu.admin.ch/uz-2418-d, 29 Seiten
- [2] Empa, Abteilung Luftfremdstoffe/Umwelttechnik, 8600 Dübendorf, September 2024: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe im PM10 an ausgewählten Stationen des NABEL sowie der Kantone, Messbericht 2023. A. Fischer und C. Hüglin.
- [3] Brunner, U. (2000): Rechtsgutachten betreffend Grundlagen für die Anordnung verschärfter Emissionsbegrenzungen bei kanzerogenen Luftschadstoffen. CFHA
- [4] Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL), 2013: Feinstaub in der Schweiz 2013. Bern 66 Seiten
- [5] Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL), 2023: Die neuen WHO-Luftqualitätsrichtwerte 2021 und ihre Bedeutung für die Schweizer Luftreinhalte-Verordnung. Bern 120 Seiten.
- [6] BAFU 2024: Luftschadstoff-Emissionen des Strassenverkehrs 1990–2060. Stand 2024. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Wissen Nr. 2405: 198 Seiten
- [7] FUB – Forschungsstelle für Umweltbeobachtung AG, Rapperswil, Juli 2024, 82 S.: Ammoniak-Immissionsmessungen in der Schweiz 2000 bis 2023. Messbericht. Seitler E., Meier M.
- [8] Forschungsstelle für Umweltbeobachtung (FUB), Rapperswil, Januar 2021, 131 S.: Atmosphärische Stickstoff-Deposition in der Schweiz 2000 bis 2019. Seitler E., Meier M., Ehrenmann Z.
- [9] BAFU 2020: Übermässigkeit von Stickstoff-Einträgen und Ammoniak-Immissionen. Bewertung anhand von Critical Loads und Critical Levels insbesondere im Hinblick auf einen kantonalen Massnahmenplan Luftreinhaltung. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 2003: 23 Seiten
- [10] BAFU 2024: Emissionen von Treibhausgasen nach CO2-Gesetz und Übereinkommen von Paris. Letzte Aktualisierung Juli 2024. Veröffentlichung vom Direktionsbereich Klima, Bern 22 Seiten

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))
M ü. M.	Meter über Meer, Höhe in Metern über dem Meeresspiegel
MW	Megawatt (106 Watt, Einheit der Energieleistung in [J/s] im SI)
MWh	Megawattstunde (Energieeinheit, im SI in [J] ausgedrückte Grösse; 1 MWh = 3.6 GJ)
NABEL	Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (www.empa.ch/web/s503/nabel)
NH ₃	Ammoniak
NMVOC	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (VOC ohne Methan)
N ₂ O	Lachgas, Distickstoffmonoxid,
NO	Stickstoffmonoxid (1 ppb entspricht 1.25 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 (www.ramoneurs-valais.ch)
WMO	Weltorganisation für Meteorologie. E: World Meteorological Organization (WMO)
Zn	Zink

ANHÄNGE

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

A1: Kantonaler Massnahmenplan zur Luftreinhaltung (LRV-Plan)



Die jährliche Überprüfung der Massnahmen des kantonalen Luftreinhalteplans wird in einem beiliegenden Bericht veröffentlicht. Die Bilanz für das Jahr 2024 ist an einem eigenen Ort auf der Website der Dienststelle für Umwelt (DUW) verfügbar.

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

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

A2: RESIVAL: Allgemeines



© Chab Lathion

Die Messstationen des RESIVAL

ABBILDUNG 41 – LAGE DER MESSSTATIONEN DES MESSNETZES RESIVAL



LRV-Grenzwerte

TABELLE 10 – LRV-GRENZWERTE

Substanzen	Immissionsgrenzwert	Statistische Definitionen
Stickstoffdioxid (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

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

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

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

wobei:

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

IGW: Grenzwert gemäss LRV

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

Zur Bewertung der Unsicherheiten bei VOC-Messungen mittels GC-FID oder GC-PID fehlt eine anerkannte Referenzmethode, auf die eine solche Bewertung gestützt werden könnte. Schätzungen auf der Grundlage der Norm SN EN ISO 20988 zeigen, dass eine Unsicherheit des Jahreswertes in der Grössenordnung von $\pm 50\%$ wahrscheinlich ist. Sie könnte manchmal höher sein und sich der Grenze der quantitativen Signifikanz nähern.

Analytisches Programm

TABELLE 11 – ANALYSE-PROGRAMM RESIVAL

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

X: Analysierter Parameter ;

- : Parameter nicht analysiert.

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

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

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

Analytische Methoden

TABELLE 12 – IMMISSIONSMESSUNG, ANALYTISCHE METHODEN

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

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

Qualitätssicherung

TABELLE 13 – NACH DER NORM ISO-17025 AKKREDITIERTE MESSUNGEN

Parameter	Messprinzip	Standard	Datum
Ozon (O₃)	Photometrie im ultravioletten Bereich	EN 14625	06.07.2006
Stickoxide (NO, NO₂)	Chemilumineszenz	EN 14211	06.07.2006
Feinstaub (PM₁₀, 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

Bis 2019 wurden unsere Immissionsmessungen alle zwei Jahre von einer externen Stelle überprüft. Es wurden Ringversuche unter Leitung des Umwelt- und Gesundheitsschutzamtes der Stadt Zürich (UGZ) und unter Aufsicht des Cercl’Air durchgeführt. An der Ergebnisauswertung war auch das METAS beteiligt. Die Ergebnisse der letzten Kontrolle im Juli 2019 bei der RESIVAL-Station Brigerbad waren vorschriftsgemäss und entsprachen den Anforderungen. Infolge der im März 2020 ausgebrochenen Coronavirus-Pandemie wurde dieses Programm unterbrochen. Dessen Wiederaufnahme ist für 2025 vorgesehen.

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

Veröffentlichungen

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

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

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

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

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

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

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

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

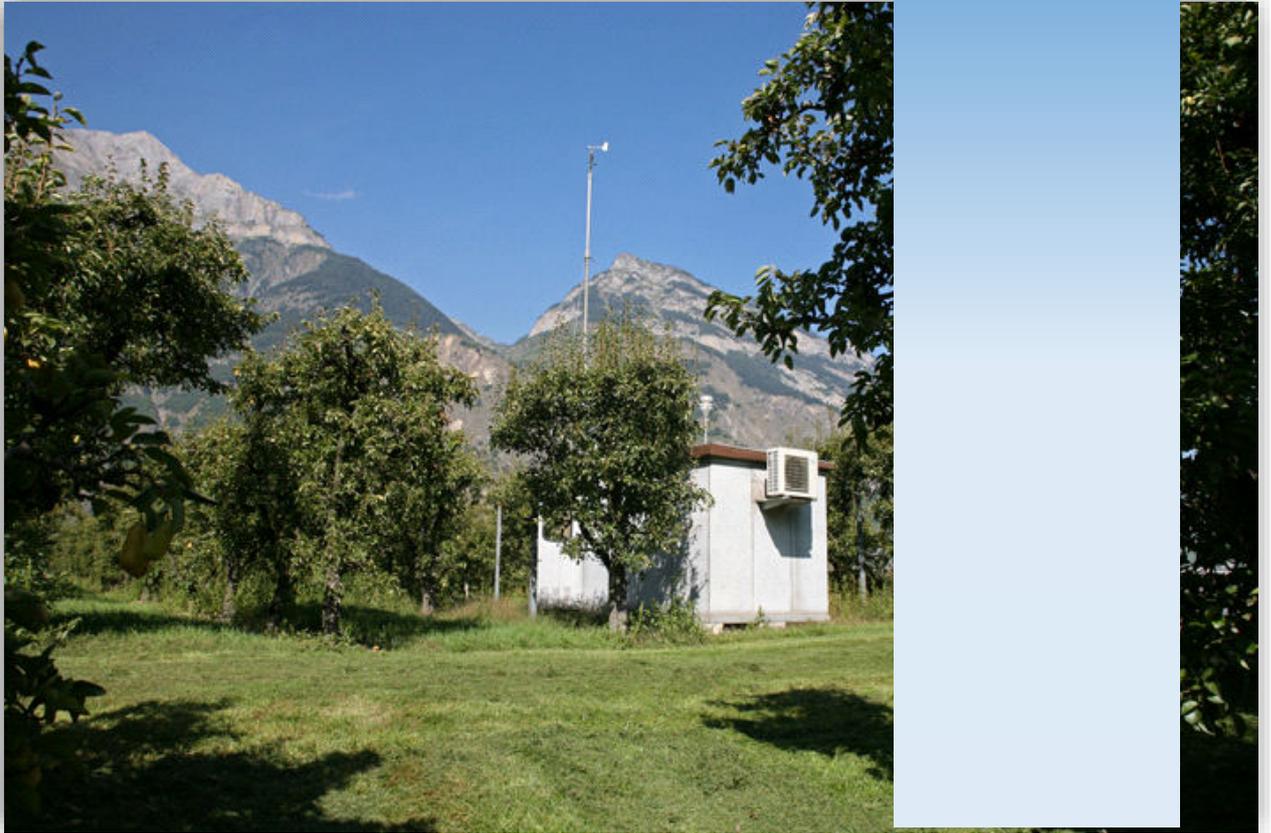
- <https://bafu.meteotest.ch/idb-tabellen/index.php> (stündliche oder tägliche Daten).

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

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

Die Raffinerie in Collombey ist seit Sommer 2015 stillgelegt und stellt seither keine Luftverschmutzungsquelle mehr dar. Der Rückbau der Raffinerie wurde 2021 aufgenommen. Ende 2024 waren die Rückbauarbeiten der Raffinerie in Collombey zu 98 % abgeschlossen. Die drei grossen, fast 100 m hohen Kamine standen damals noch. Ihr Abriss ist für 2025 geplant.

A3 – RESIVAL: Ergebnisse nach Messstation



© Chab Lathion

Les Giettes

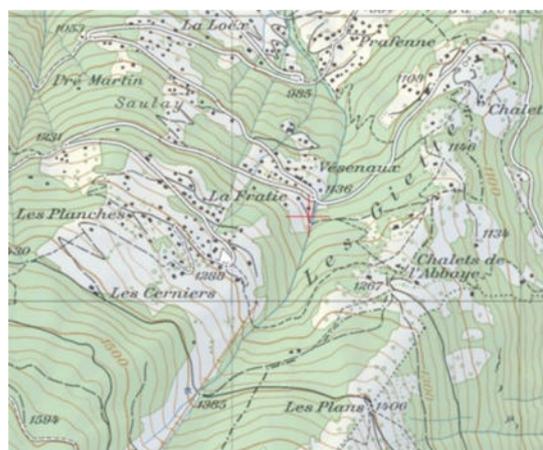
TABELLE 14 – LES GIETTES, STANDORTBESCHREIB

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	
* Nomenklatur bis 2021				

ABBILDUNG 42 – LES GIETTES, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© DUW

TABELLE 15 – LES GIETTES, ERGEBNISSE 2024

	Stickstoffdioxid (NO ₂)	Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	2
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	6
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	11
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	125
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	2
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	113
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	5
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	8
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	75
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	2
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	1.0
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.05
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (LRV)	5
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	20
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	3
Staubnieder-schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	85
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	1.0
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.18
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	16

ABBILDUNG 43 – LES GIETTES, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024

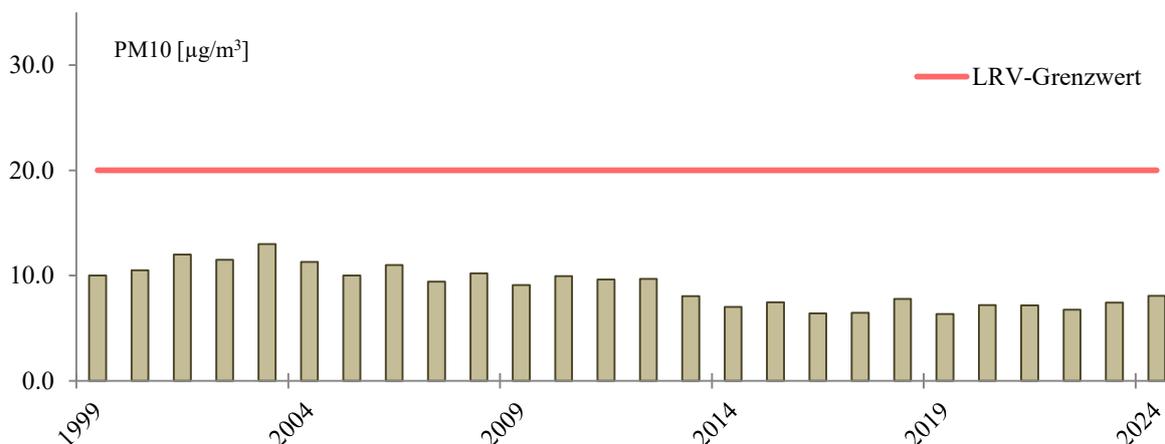


TABELLE 16 – LES GIETTES, MONATLICHE ERGEBNISSE 2024

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	51	56	68	77	67	62	60	62	52	41	50	68
	[µg/m³]	Mittl. H. max	89	98	101	115	116	116	115	125	115	81	83	91
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	85	83	99	107	113	106	104	107	90	74	77	90
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	10	7	4	11	6	11	10	12	8	9	7	3
Staubniederschlag	[mg/m ² *d]	Durchschnitt	22	39	230	40	35	110	161	250	8	43	65	12
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.7	0.6	0.8	1.0	0.7	0.7

ABBILDUNG 44 – LES GIETTES, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024

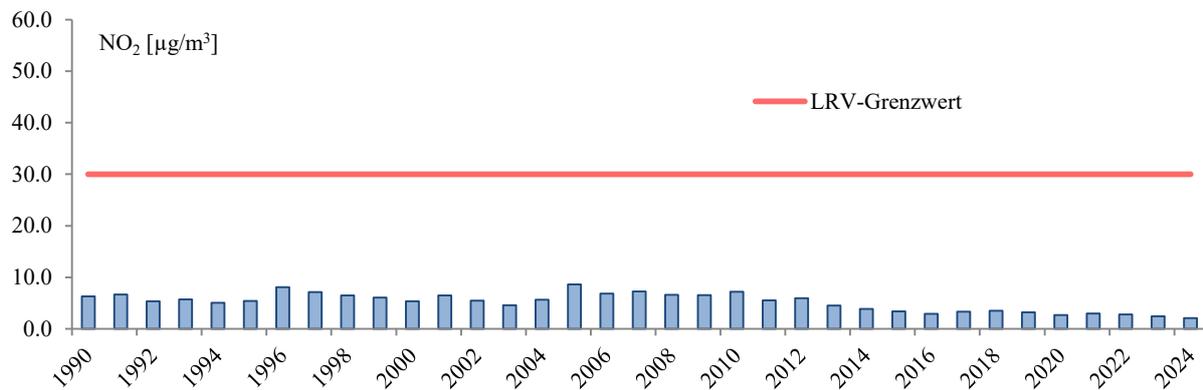
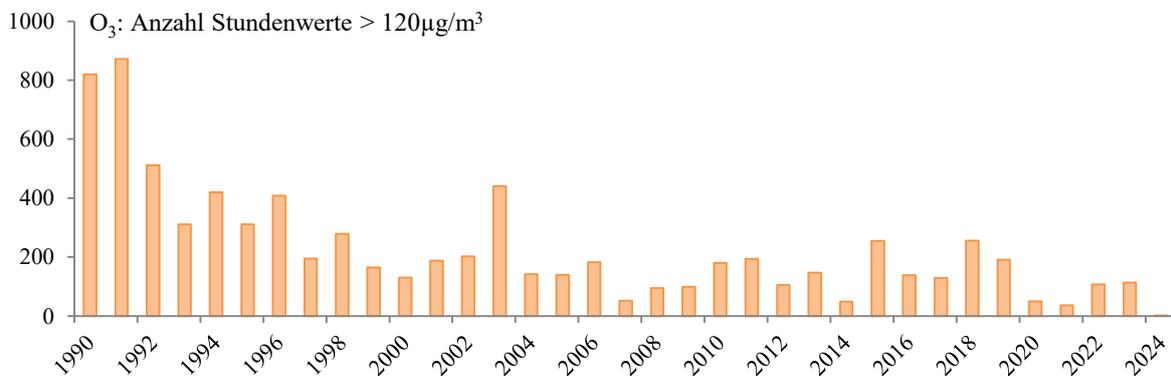


ABBILDUNG 45 – LES GIETTES, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120µg/m³ VON 1990 BIS 2024



Massongex

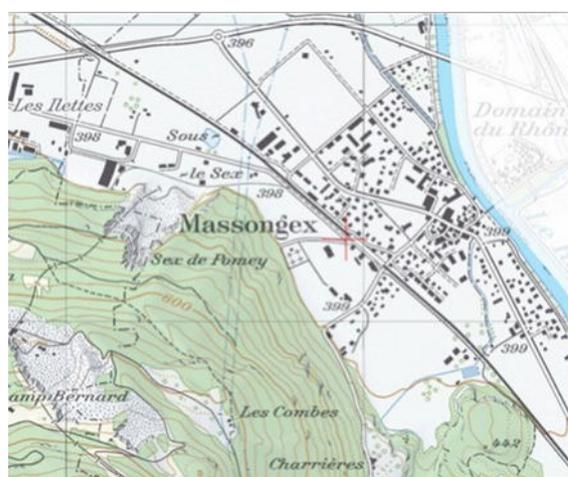
TABELLE 17 – MASSONGEX, STANDORTBESCHRIEB

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

ABBILDUNG 46 – MASSONGEX, LAGE DES ORTES



© 2006 swisstopo JD06262



© 2006 swisstopo JD06262



© Chab Lathion

TABELLE 18 – MASSONGEX, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	10
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	28
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	34
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	129
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	7
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	113
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	5
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	14
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	73
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	4
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	2.25
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.04
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	8
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	62
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	9
Staubnieder- schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	89
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	1.5
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.27
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	32

ABBILDUNG 47 – MASSONGEX, JAHRESMITTELWERTE DER PM10 VON 1999 BIS 2024

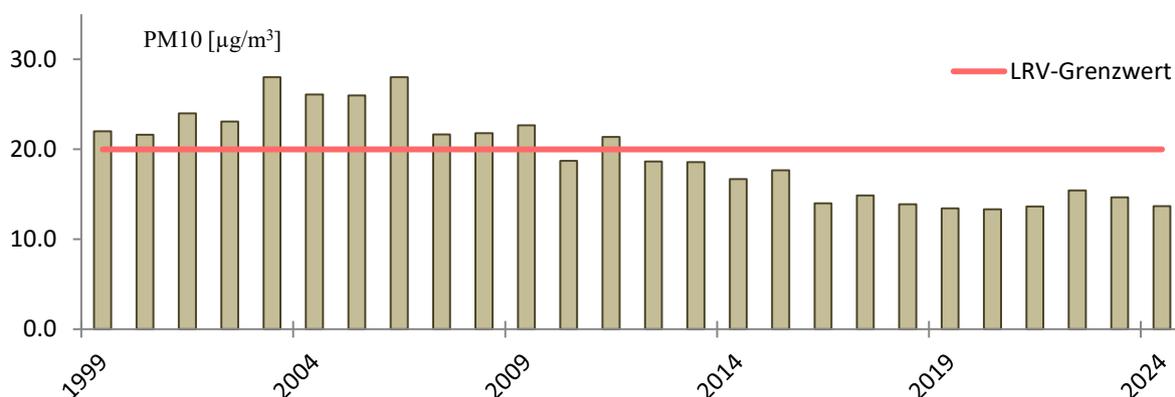


TABELLE 19 – MASSONGEX, ERGEBNISSE 2024 NACH MONATEN

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aou	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	17	15	8	7	5	6	6	7	8	10	15	19
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	31	34	56	70	64	60	60	62	47	26	25	26
	[µg/m³]	Mittl. H. max	80	92	103	112	117	123	120	129	111	77	73	83
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	0	1	1	5	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	71	82	100	105	111	104	110	113	92	71	69	70
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	20	16	9	11	8	14	14	15	11	14	16	15
Staubniederschlag	[mg/m ² *d]	Durchschnitt	45	40	60	48	70	265	221	78	37	120	77	4
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	5	6	2	2	1	1	1	1	3	4	6	7

ABBILDUNG 48 – MASSONGEX, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024

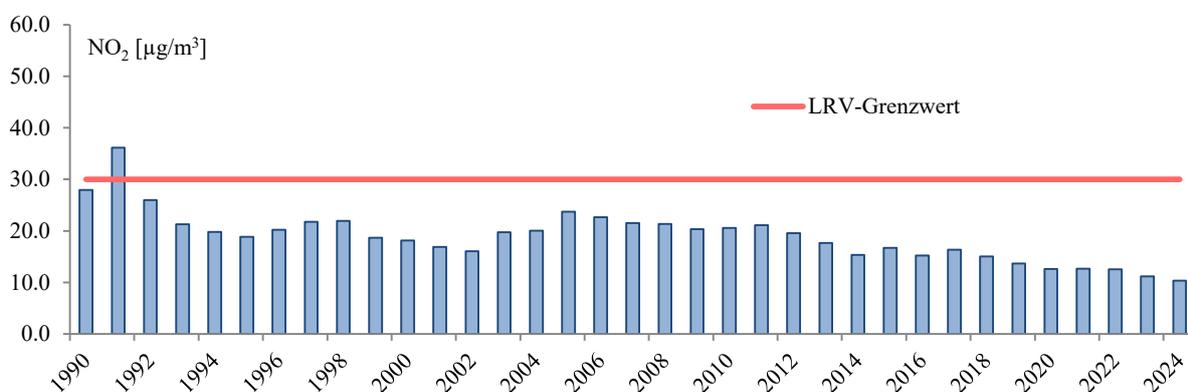
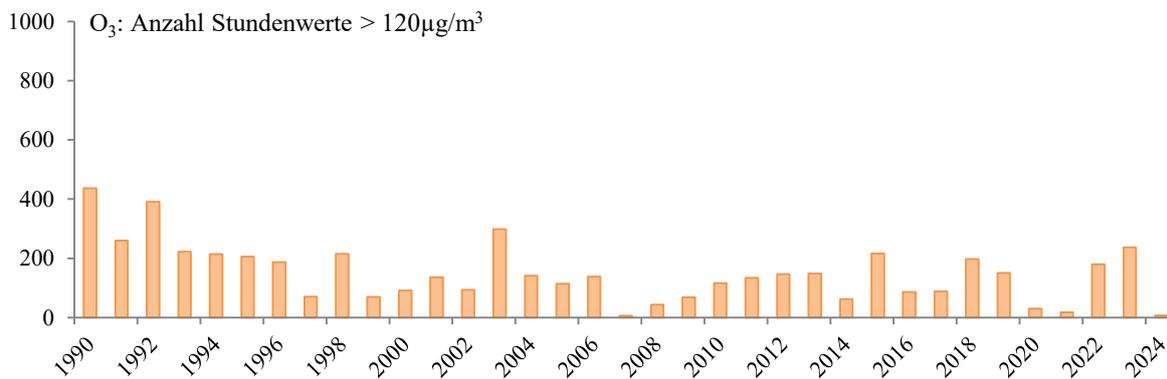


ABBILDUNG 49 – MASSONGEX, O₃ ANZAHL STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2024



Saxon

TABELLE 20 – SAXON, STANDORTBESCHRIEB

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

ABBILDUNG 50 – SAXON, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© Chab Lathion

TABELLE 21 – SAXON, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	12
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	36
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	40
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	135
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	43
	Perzentil 98 % monatlich Maximum	[µg/m ³]	100	125
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	6
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	12
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	69
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	1
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	1.8
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.04
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	8
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	37
	Tagesmittelwert >25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	7
Staubnieder-schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	82
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	12.6
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.63
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	248

ABBILDUNG 51 – SAXON, JAHRESMITTELWERTE DER PM10 VON 1999 BIS 2024

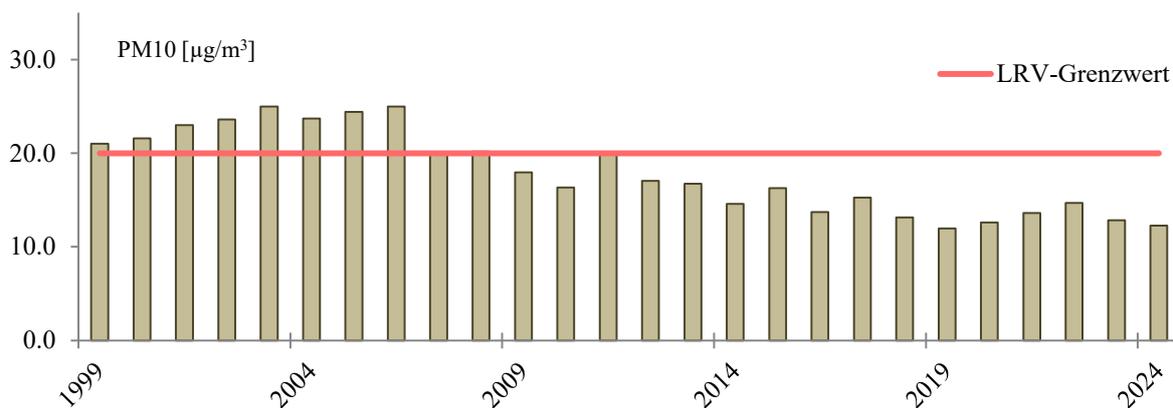


TABELLE 22 – SAXON, ERGEBNISSE 2024 NACH MONATEN

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	21	18	9	7	5	6	6	6	8	11	19	24
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	27	35	59	72	68	64	64	66	52	24	21	23
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	82	101	105	123	118	125	126	135	125	86	83	87
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	2	0	2	8	27	4	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	75	85	99	109	111	112	118	125	105	79	75	81
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	15	14	7	11	7	14	14	14	10	12	15	16
Staubnieder-schlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	35	18	48	108	167	218	99	76	58	87	51	19
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	8	8	3	3	1	1	2	2	3	7	13	14

ABBILDUNG 52 – SAXON, STICKSTOFFDIOXID-JAHRESMITTELWERTE VON 1990 BIS 2024

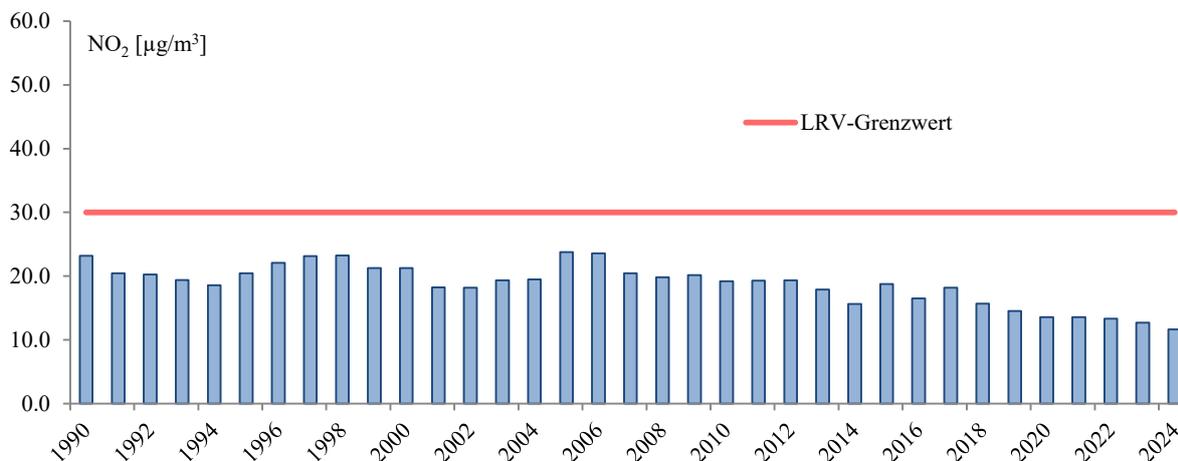
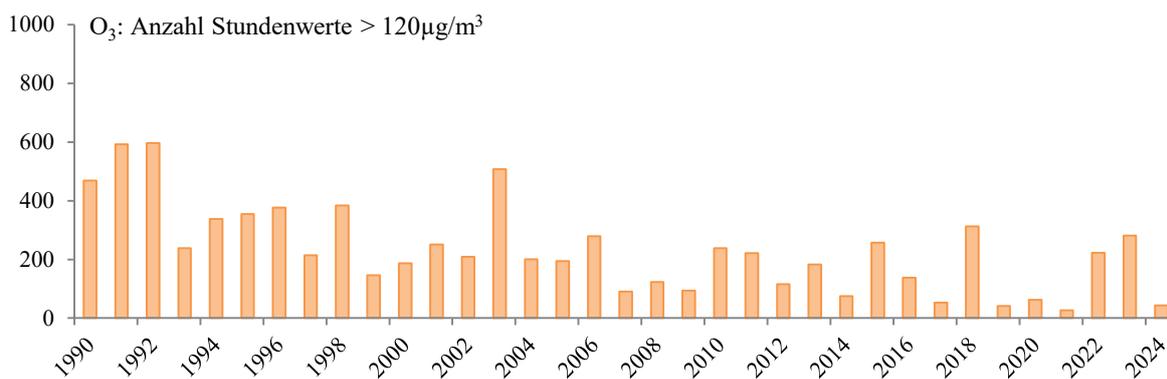


ABBILDUNG 53 – SAXON, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2024

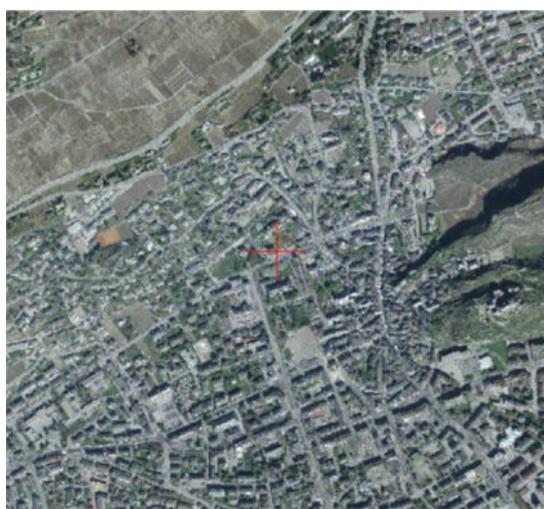


Sitten

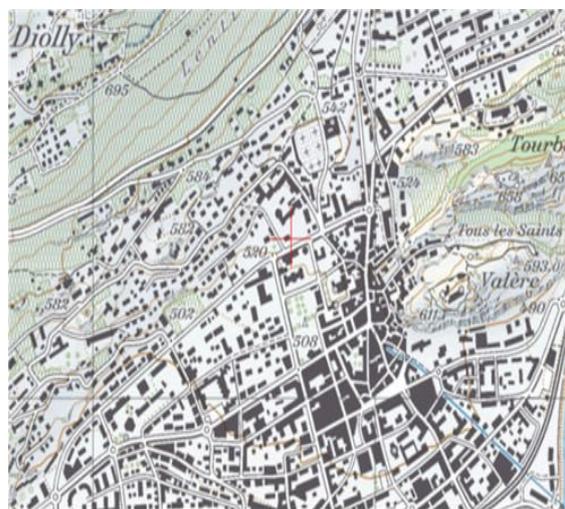
TABELLE 23 – SITTEN, STANDORTBESCHRIEB

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	
* Nomenklatur bis 2021				

ABBILDUNG 54 – SITTEN, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© DUW

TABELLE 24 – SITTEN, ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	17
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	43
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	50
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	128
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	15
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	116
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	5
Schwebstaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	13
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	75
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	1
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	2.2
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.04
Schwebstaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	7
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	37
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	3
Staubnieder- schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ^{2*j}]	200	85
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	100	2.7
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	2	< LQ
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	400	41

ABBILDUNG 55 – SITTEN, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024

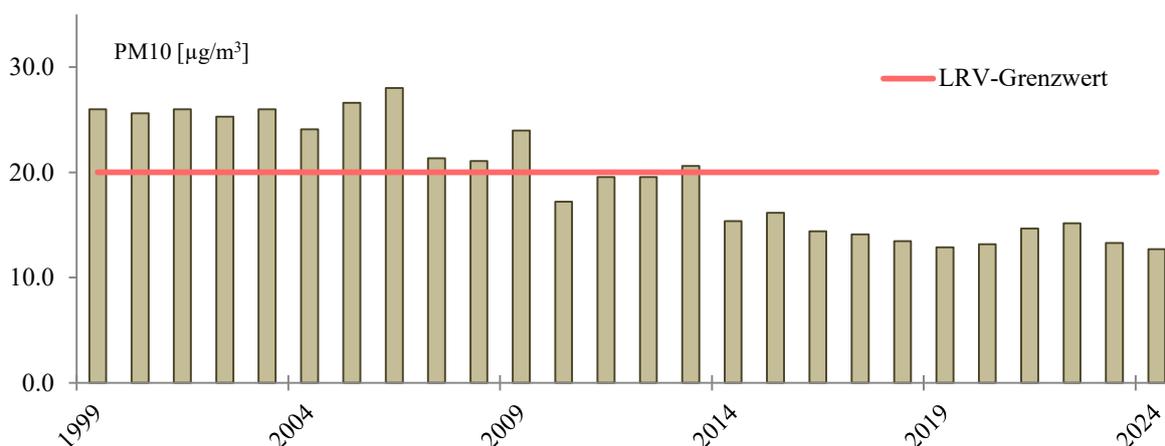


TABELLE 25 – SITTEN, MONATSERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	28	24	14	11	10	9	9	9	12	17	27	32
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	17	33	54	73	68	64	67	68	50	21	19	20
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	72	86	97	119	123	121	126	128	114	74	66	77
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	7	1	4	3	0	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	58	75	92	112	115	110	116	113	98	65	62	65
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	16	15	6	12	8	14	15	15	11	12	14	16
Staubnieder-schlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	51	78	64	93	174	296	52	71	12	39	59	35
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	9	8	3	3	2	2	2	2	3	7	12	13

ABBILDUNG 56 – SITTEN, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024

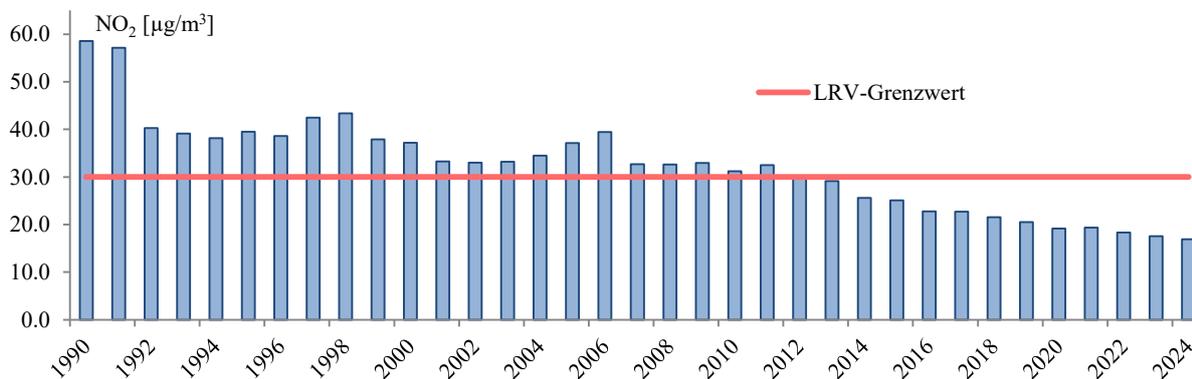
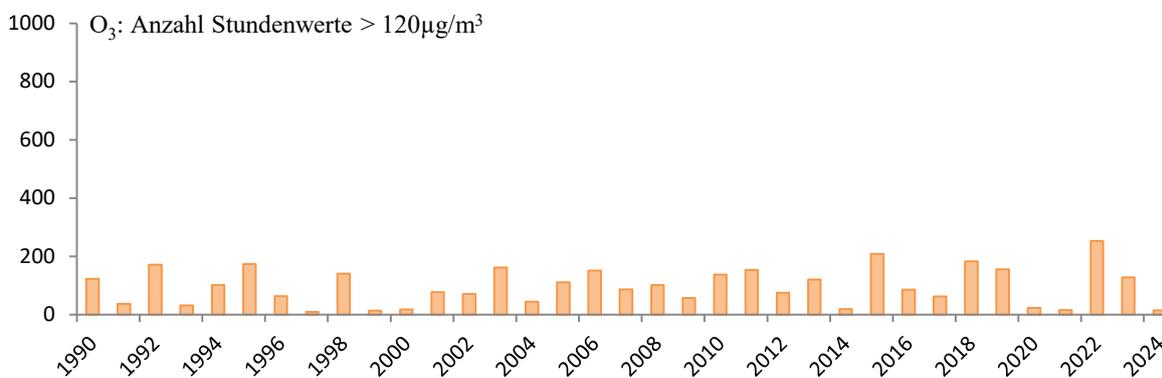


ABBILDUNG 57 – SITTEN, O₃ ANZAHL STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2024



Eggerberg

TABELLE 26 – 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	
* Nomenklatur bis 2021				

ABBILDUNG 58 – EGGERBERG, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© Chab Lathion

TABELLE 27 – EGGERBERG, ERGEBNISSE 2024

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	7
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	19
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	27
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	137
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	80
	Perzentil 98 % monatlich Maximum	[µg/m ³]	100	124
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Tag]	0	6
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	9
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	42
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	0
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	1.6
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.03
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	6
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	36
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	0
Staubnieder-schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	60
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	<LQ
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.09
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	17

ABBILDUNG 59 – EGGERBERG, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024

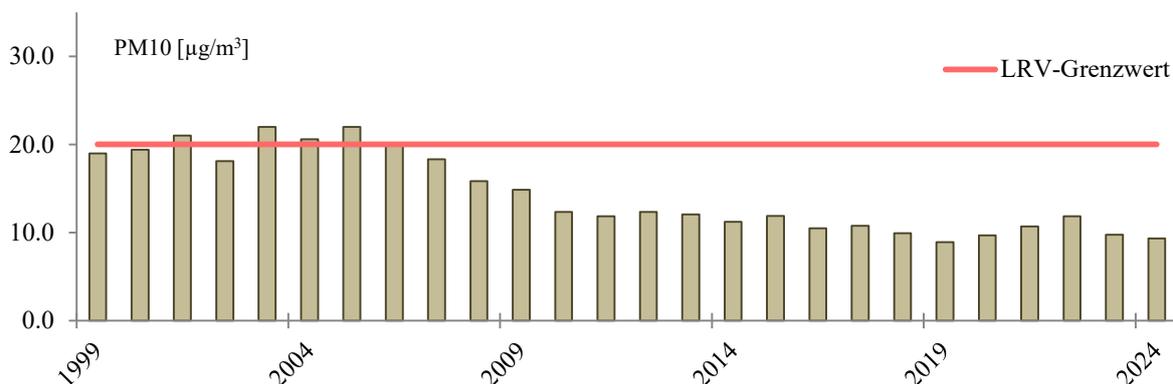


TABELLE 28 – EGGERBERG, MONATLICHE ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mar	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	11	9	6	4	4	5	5	5	5	7	9	11
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O ₃)	[µg/m³]	Durchschnitt	49	55	67	84	76	73	75	77	69	44	49	52
	[µg/m³]	Mittl. H. max	85	90	102	121	129	128	137	127	131	92	89	89
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	1	13	7	27	23	9	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	77	83	98	114	120	119	124	122	116	78	81	83
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	9	10	4	10	7	13	12	14	10	8	9	8
Staubnieder-schlag	[mg/m²*d]	Durchschnitt	23	52	125	45	105	166	30	46	19	30	62	20
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	2	2

ABBILDUNG 60 – EGGERBERG, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024

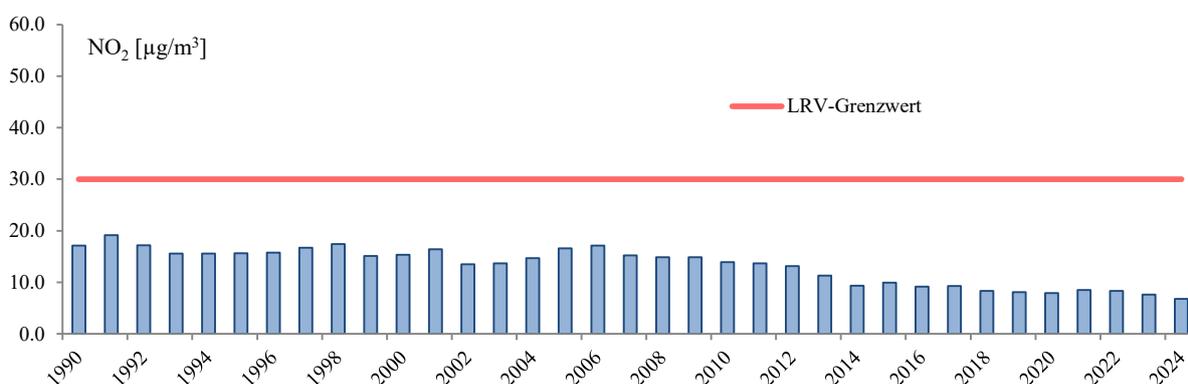
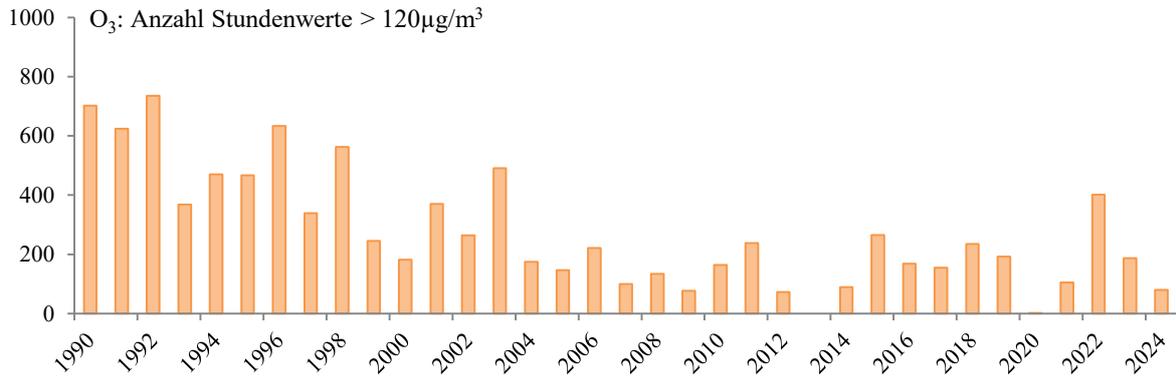


ABBILDUNG 61 – EGGERBERG, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2024



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

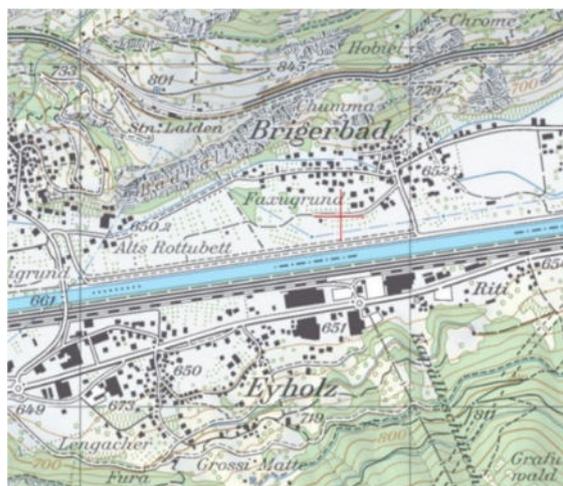
TABELLE 29 – BRIGERBAD, STANDORTBESCHRIEB

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	
* Nomenklatur bis 2021				

ABBILDUNG 62 – BRIGERBAD, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© Chab Lathion

TABELLE 30 – BRIGERBAD, ERGEBNISSE 2024

		Einheit	Grenzwert	Ergebnisse
Stickstoffdioxid (NO ₂)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	30	15
	95 % der Halbstundenwerte eines Jahres	[µg/m ³]	100	47
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	80	60
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	130
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	20
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	118
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	6
Schwebstaub (PM ₁₀)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	13
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	49
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	0
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	2.3
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.05
Schwebstaub (PM _{2.5})	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (OPair)	7
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (OMS)	25
	Tagesmittelwert > 25 µg/m ³	[Tag]	3 (OMS)	1
Staubnieder- schlag	Jahresmittelwert	[mg/m ² *j]	200	90
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	100	1
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	2	0.14
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ² *j]	400	31

ABBILDUNG 63 – BRIGERBAD, PM10-JAHRESMITTELWERTE VON 1999 BIS 2024

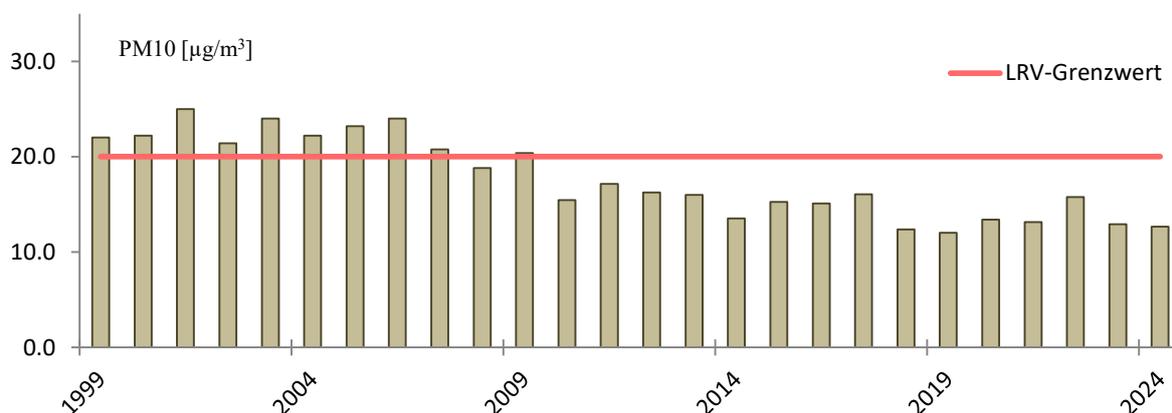


TABELLE 31 – BRIGERBAD, MONATSERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt.	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m³]	Durchschnitt	26	20	10	7	6	8	8	9	9	14	27	34
	Anzahl	Durchschnittl. j. > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O³)	[µg/m³]	Durchschnitt	28	38	59	78	68	64	66	64	57	28	19	20
	[µg/m³]	Mittl. Max. H.	79	89	101	117	120	119	126	130	128	83	79	86
	Anzahl	Mittl. H. >120	0	0	0	0	0	0	5	8	7	0	0	0
	[µg/m³]	Wert 98 %	68	85	97	111	111	111	116	118	107	70	73	79
PM10	[µg/m³]	Durchschnitt	11	10	6	10	5	14	12	13	8	14	18	15
Staubnieder-schlag	[mg/m²*t]	Durchschnitt	32	10	244	51	117	372	90	63	15	38	40	8
NO	[µg/m³]	Durchschnitt	8	6	2	1	1	1	1	1	2	6	18	22

ABBILDUNG 64 – BRIGERBAD, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 1990 BIS 2024

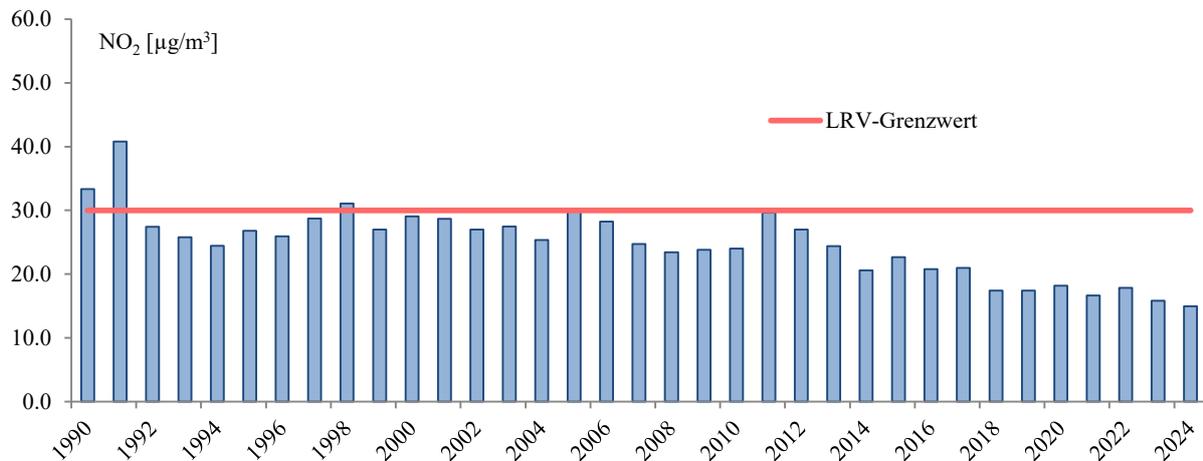
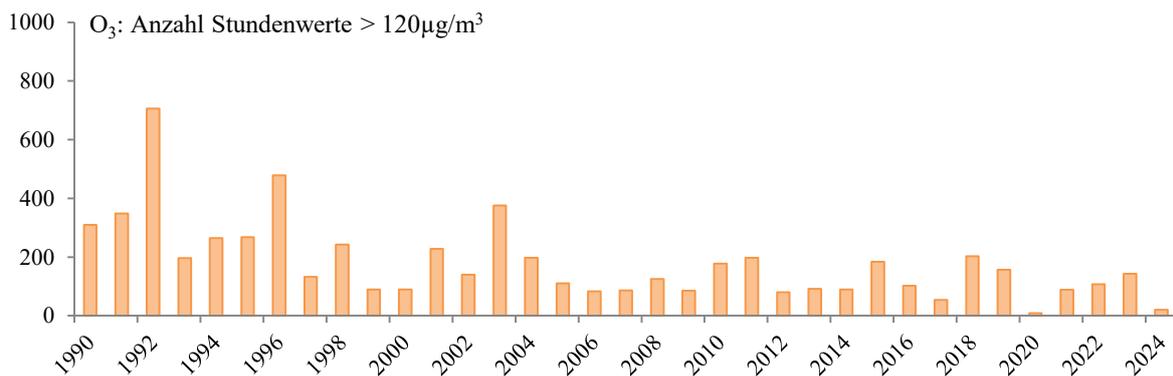


ABBILDUNG 65 – BRIGERBAD, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120 µg/m³ VON 1990 BIS 2024



Montana

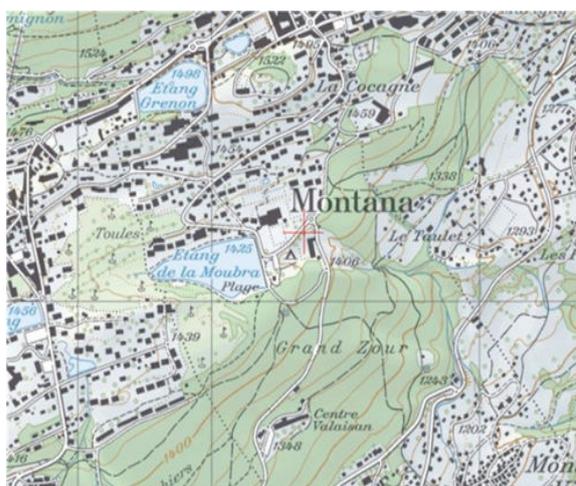
TABELLE 32 – MONTANA, STANDORTBESCHRIEB

Standort-Typ	Verkehrs-be- lastung	Ausbreitungs- situation	Koordinaten MN95 MN03	Höhe [MüM]
Ländliches Gebiet, regionale Hin- tergrund 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	
<i>* Nomenclatur bis 2021</i>				

ABBILDUNG 66 – MONTANA, LAGE DES STANDORTS



© 2006 swisstopo JD062622



© 2006 swisstopo JD062622



© Chab Lathion

TABELLE 33 – MONTANA, ERGEBNISSE 2024

		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	40
	Tagesmittelwert > 80 µg/m ³	[Tag]	1	0
Ozon (O ₃)	Maximaler Stundenmittelwert	[µg/m ³]	120	129
	Stundenmittelwert > 120 µg/m ³	[Stunden]	1	51
	Perzentil 98 % monatliches Maximum	[µg/m ³]	100	125
	Anzahl der Monate Perzentil 98 % >100 µg/m ³	[Monat]	0	7
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	20	8
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	50	46
	Tagesmittelwert > 50 µg/m ³	[Tag]	3	0
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	500	0.9
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[ng/m ³]	1.5	0.05
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert	[µg/m ³]	10 (LRV)	5
	Maximaler Tagesmittelwert	[µg/m ³]	25 (WHO)	41
	Tagesmittelwert >25 µg/m ³	[Tag]	3 (WHO)	3
Staubnie- derschlag	Jahresmittelwert	[mg/m ^{2*j}]	200	78
	Blei (Pb), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	100	1.6
	Cadmium (Cd), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	2	<LQ
	Zink (Zn), Jahresmittelwert	[µg/m ^{2*j}]	400	29

ABBILDUNG 67 – MONTANA JAHRESMITTELWERTE PM10 VON 2002 BIS 2024

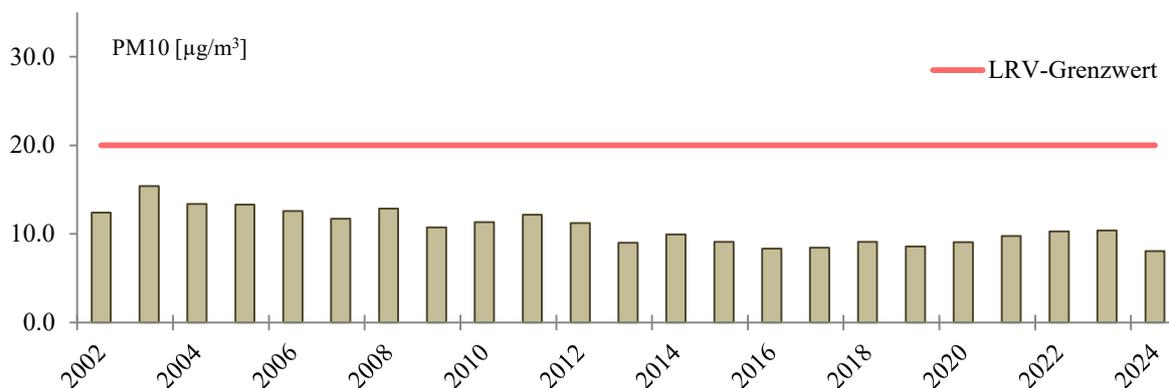


TABELLE 34 – MONTANA, MONATLICHE ERGEBNISSE FÜR DAS JAHR 2024

Parameter	Einheiten	Statistik	Jan.	Feb	Mär	Apr	Mai	Juni	Jul.	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez
Stickstoffdioxid	[µg/m ³]	Mittelwert	13	10	6	4	4	4	4	5	5	6	11	17
		Anzahl Mittelwert. 24hMw > 80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ozon (O₃)	[µg/m ³]	Mittelwert	61	64	76	90	82	78	78	82	74	53	56	59
	[µg/m ³]	Max. h-Mw.	96	98	106	125	126	117	125	129	127	83	89	96
		Anzahl Mw. >120	0	0	0	4	7	0	4	30	6	0	0	0
	[µg/m ³]	Wert 98 %	90	91	102	116	118	112	116	125	111	78	84	89
PM10	[µg/m ³]	Mittelwert	3	10	5	9	7	12	11	13	7	7	8	5
Staubnieder-schlag	[mg/m ² *j]	Mittelwert	37	77	149	24	120	178	78	73	72	54	39	36
NO	[µg/m ³]	Mittelwert	3	2	2	1	1	1	1	1	2	2	3	5

ABBILDUNG 68 – MONTANA, JAHRESMITTELWERTE FÜR STICKSTOFFDIOXID VON 2002 BIS 2024

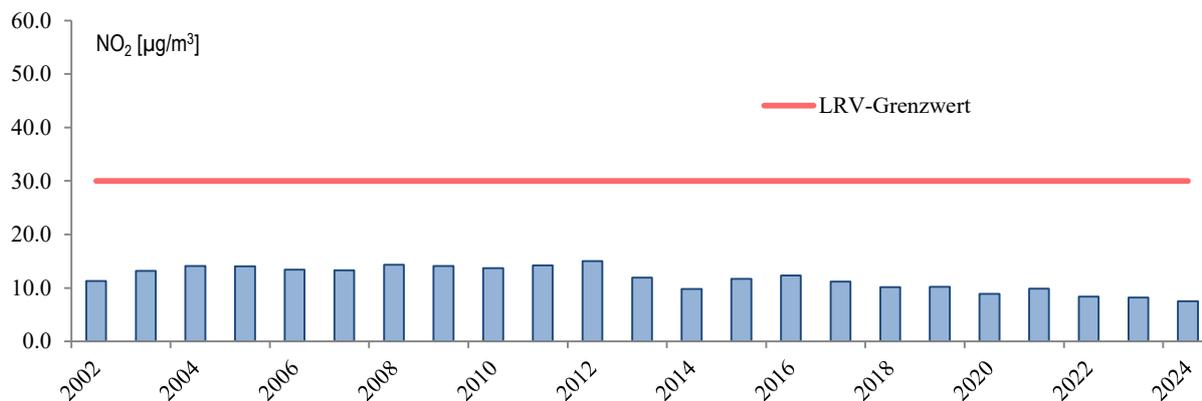
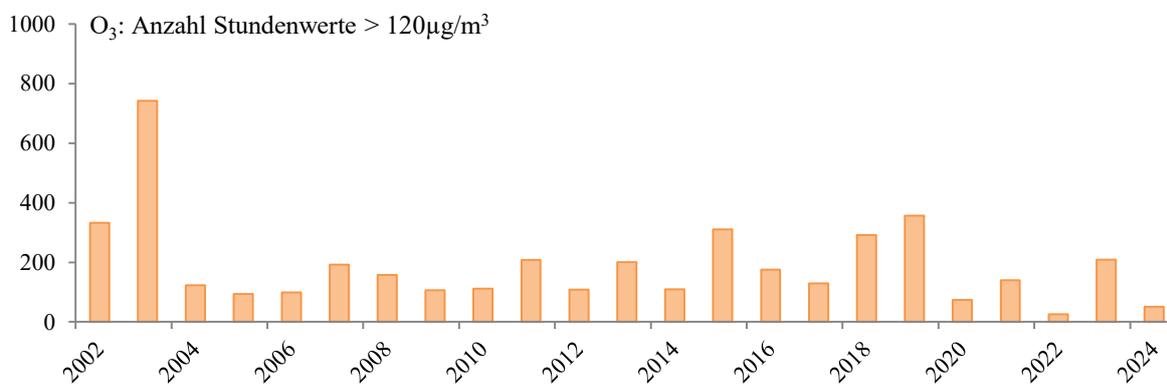


ABBILDUNG 69 – MONTANA, O₃ ANZAHL DER STUNDENWERTE >120µg/m³ VON 2002 BIS 2024



A4 – RESIVAL, Piktogramme zur Luftqualität

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

			NO ₂ (VLI : 30)	PM10 (VLI : 20)	PM2.5 (VLI : 10)	SN (VLI : 200)	NH ₃ (VLI : 3)
	Jahresmittel	< 0.9 × VLI	< 27	< 18	< 9	< 180	< 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: Auf ganze Zahlen gerundete Jahreswerte; Immissionsgrenzwerte (IGW) gemäss Anhang 7 LRV für NO₂, PM10, PM2.5 in µg/m³ und SN (Staubniederschlag) in mg/(m²×d); für NH₃ Begrenzung in µg/m³ gemäss Art. 2 Abs. 5 LRV für höhere Pflanzen.

O₃

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

Benzol

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

N.B. Die Piktogramme beziehen sich auf den Mittelwert aller Messstationen eines Standort-Typs (ländlich in der Höhe, ländlich in der Ebene, Stadtzentrum, Nähe von Industrien). Bei Ammoniak handelt es sich um spezifische Orte.

A5 – Luftqualität und Präventionsmassnahmen

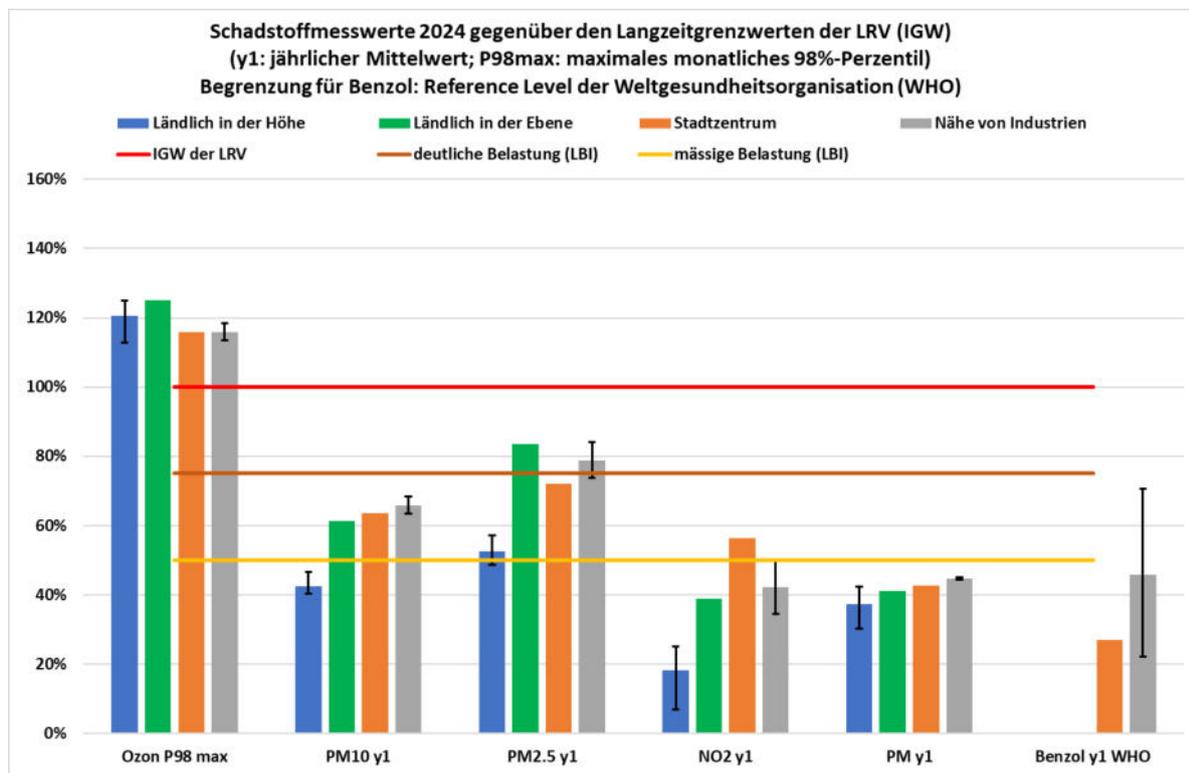
Die allgemeine Luftqualität im Jahr 2024 lässt sich anhand der Langzeit-Begrenzungen der LRV (Abbildung 70) klar beurteilen. Dabei handelt es sich um die Immissionsgrenzwerte (IGW) im Jahresmittel für Staubbiederschlag, Feinstaub PM10 und PM2.5, Stickoxide und Benzol. Für Ozon ist das monatliche 98 %-Perzentil massgebend. Die Balken für die ländlichen Regionen in der Höhe und die Regionen in Industrienähe stehen für die Tiefst- und Höchstwerte, die an den drei bzw. zwei sie repräsentierenden Stationen gemessen wurden. Der gesetzliche Grenzwert, der dem 100-Prozent-Wert entspricht, wird für Ozon überschritten. Dieser Schadstoff stellte von März bis September eine übermässige, für Mensch und Natur schädliche Belastung dar.

Um das nachhaltige Wohlergehen von Mensch und Umwelt zu gewährleisten, sind idealerweise Werte zu erreichen, die deutlich unter der Schwelle für eine deutliche Belastung gemäss Indikatoren für die Langzeit-Belastung (LBI) liegen. Diese Werte werden in Abbildung 70 unterhalb der gesetzlichen Begrenzung als erstes angezeigt (75 %-Wert). Im Jahr 2024 erfüllen alle wichtigen Schadstoffe, ohne Ozon, dieses Ziel, ausser Feinstaub PM2.5, der diese Schwelle in

Industrienähe und in ländlichen Gebieten in der Ebene überschreitet.

Im Jahr 2024 wird die Luftverschmutzung durch Staub, Feinstaub PM10, Stickoxide und Benzol als gering bis mässig eingestuft. Dennoch macht der Bericht der EKL von 2023 [5] deutlich, dass die in der Schweiz geltenden Immissionsgrenzwerte nicht mehr den Anforderungen des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG) entsprechen, wonach die Luftqualität die Ökosysteme sowie die Gesundheit der Bevölkerung, einschliesslich besonders empfindlicher Personengruppen wie Kinder, Kranke, ältere Menschen und schwangere Frauen, nicht beeinträchtigen darf. Die eidgenössische Kommission empfiehlt daher, die meisten der von der WHO vorgeschlagenen neuen Luftqualitätsstandards so schnell wie möglich in die LRV aufzunehmen, damit deren IGW aussagekräftiger werden. Insbesondere für PM2.5 sollten die Jahreswerte den aktuellen Grenzwert für mässige Belastung nicht überschreiten. Im Jahr 2024 werden selbst die ländlichen Gebiete in Höhenlagen dieses Ziel nicht alle erreichen (Abbildung 70).

ABBILDUNG 70 – GEGENÜBERSTELLUNG DER IMMISSIONSWERTE IM WALLIS 2024 MIT DEN WICHTIGSTEN LRV-BEGRENZUNGEN



Art. 33 LRV schreibt vor, dass die Wirksamkeit der Massnahmen zu überprüfen und die Öffentlichkeit darüber zu informieren ist. Zu diesem Zweck werden in diesem Anhang anhand von Grafiken die Ergebnisse der Luftqualitätsmessungen im Wallis zusammen mit den Daten aus dem kantonalen Emissionskataster (Art. 21 des kantonalen Umweltschutzgesetzes – RS 814.1) dargestellt.

Feinstaubbelastung PM10

Die folgende Abbildung 71 zeigt die Entwicklung der jährlichen Emissionsmengen von primärem PM10 von 2000 bis 2023. Dazu wurden die Ergebnisse der Jahresmittelwerte der Freiluftmessungen des gesamten PM10, d. h. dessen primärer und sekundärer Anteile, für jede Standorttyp-Region überlagert. Bis 2006 war bei den Immissionen eine Stagnation zu beobachten, während die Emissionen von primärem PM10 zurückgingen. Der Rückgang der Emissionsmengen um 35 % im Jahr 2023 gegenüber 2006 spiegelt den entsprechenden Rückgang der PM10-Gesamtwerte in der Luft um 46 % nur teilweise wider. Bei ansonsten gleichbleibenden Bedingungen wird also ein stärkerer Rückgang der sekundären PM10-Konzentrationen zusätzlich zu den primären PM10-Konzentrationen zum Gesamtrückgang beigetragen haben. Dieser grössere Beitrag ist auf den starken Rückgang der Emissionen von sekundären PM10-Vorläufersubstanzen, vor allem NO_x und SO₂, von 2005 bis 2023 zurückzuführen. Aus diesen entstehen Nitrate und Sulfate, die im Winter rund 40 % und im Sommer rund 20 % der Gesamt-PM10-Komponenten ausmachen [4].

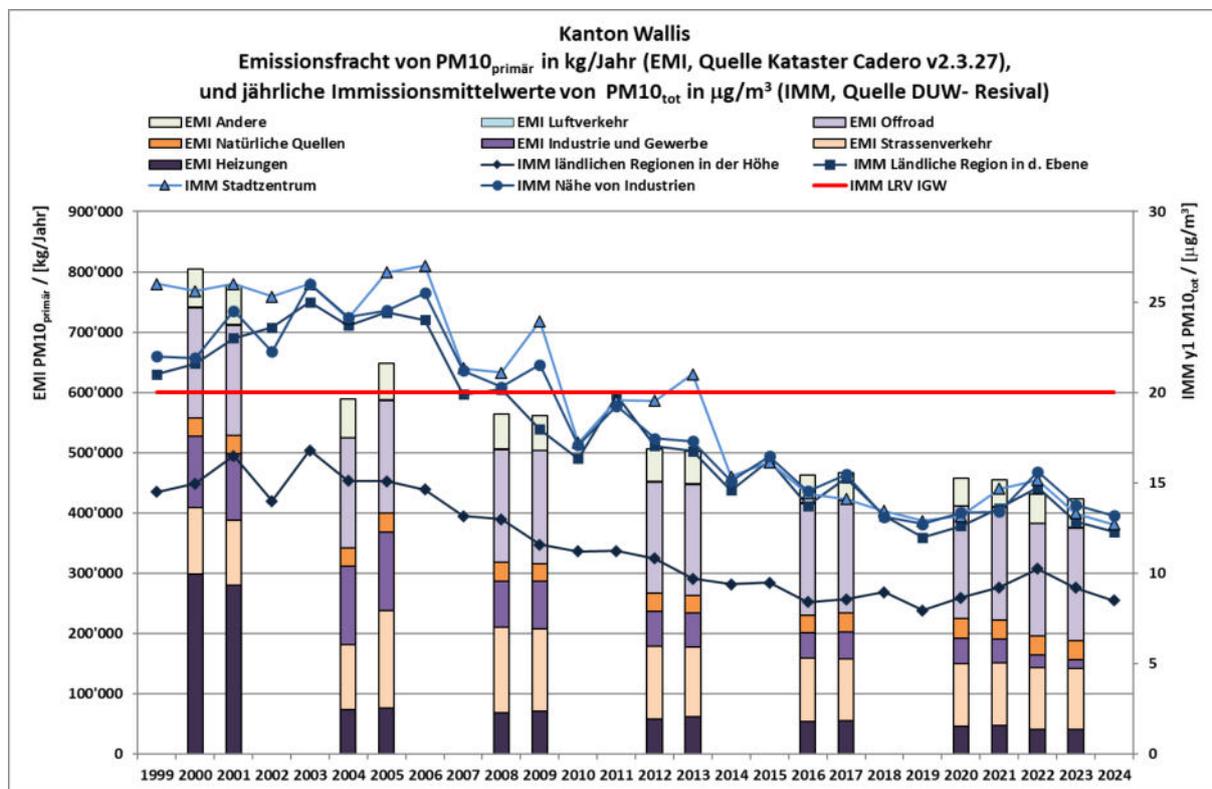
Von 2019 bis 2022 stiegen die PM10-Werte wieder an. In den drei Jahren von 2020 bis 2022 kam es zu

Die folgenden Abbildungen 71 bis 75 halten die relativen Beiträge der Bereiche mit Verschmutzungsquellen fest, gemäss den Daten des Emissionskatasters. Sie zeichnen deren zeitliche Entwicklung nach, unter Berücksichtigung der Veränderungen auf technischer, betrieblicher und wirtschaftlicher Ebene.

ungewöhnlich heftigen Saharasand-Ereignissen, die manchmal, wie im Februar 2021 und März 2022, massiv waren. Die DUW schätzt, dass diese Episoden die Jahresdurchschnittswerte an den RESIVAL-Messstationen in den Jahren 2021 und 2022 um 11 % und in den Jahren 2023 und 2024 um 8 % erhöht haben. Die Analyse der DUW zeigt, dass die PM10-Jahreswerte in der Ebene ohne grössere Saharasand-Ereignisse im Jahr 2024 um 0.4 bis 0.9 µg/m³ geringer ausgefallen wären.

Die seit 2007 in der LRV eingeführten neuen Begrenzungen für Staubemissionen aus Industrie- und Heizungsanlagen sowie für Verbrennungsmotoren, die Verbrennungsruss ausstossen, sind die wichtigsten präventiven Massnahmen, die unter Berücksichtigung des Stands der Technik eingeführt wurden. Ihre Anwendung durch den Kanton hat die seither beobachteten Entwicklungen bei primären PM10-Emissionen kanalisiert, aufrechterhalten und gelenkt. Der kantonale Beschluss von 2007 über die Verbrennung von Abfällen im Freien ist ein spezifischerer Beitrag zur festgestellten Verbesserung, wenn auch nur mit klar lokalerer Reichweite.

ABBILDUNG 71 – PM10, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 1999 BIS 2024



Feinstaubbelastung PM2.5

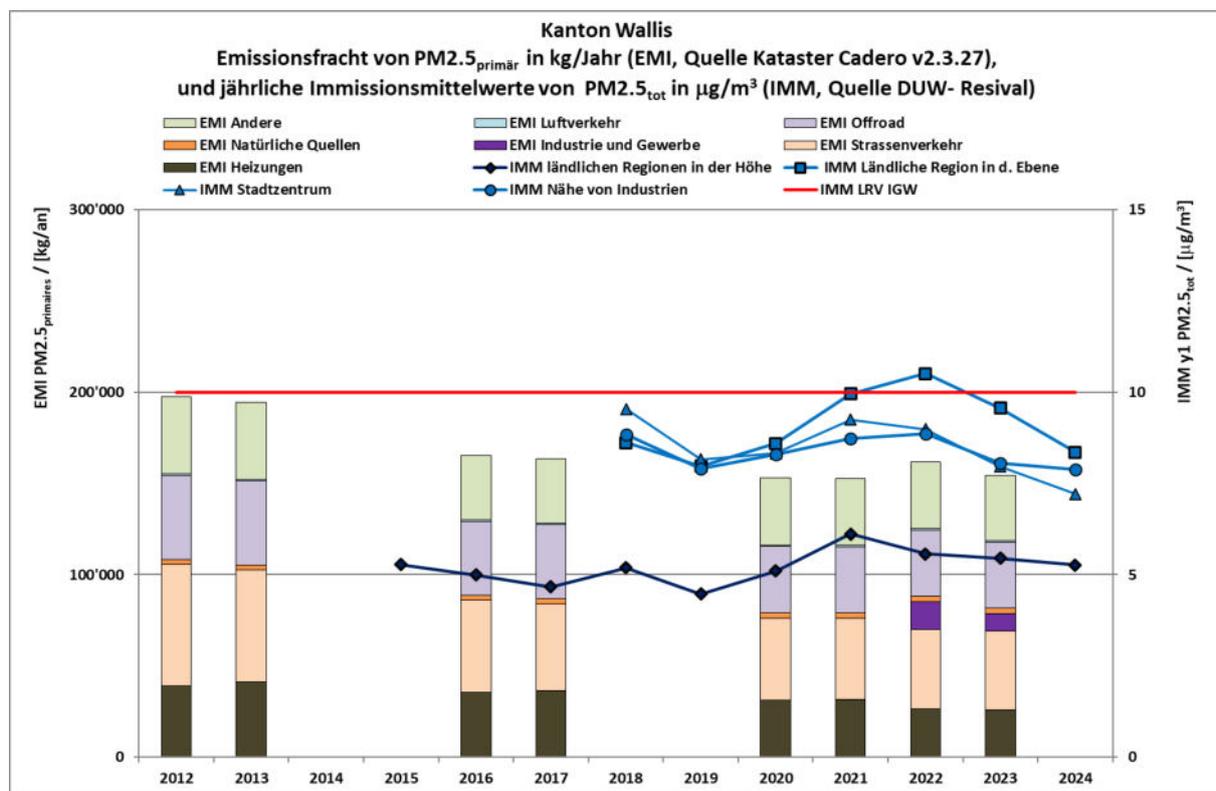
Die folgende Abbildung 72 zeigt die Entwicklung der jährlichen Emissionsmengen von primärem PM2.5 von 2012 bis 2023 gemäss Kataster. Die Ergebnisse der Jahresmittelwerte der Freiluftmessungen von Gesamt-PM2.5, d. h. der primäre und der sekundäre Anteil, wurden für jede der Standorttyp-Regionen ab dem Beginn der Messungen im Jahr 2018 hinzugefügt. Der Beitrag des Industriesektors von etwa 5 bis 10 % im Jahr 2022 spiegelt die Berücksichtigung dieses zuvor nicht berücksichtigten Bereichs wider. Die Emissionswerte zeigen von 2016 bis 2023 eine gewisse Stagnation. Ähnliches gilt für die Immissionswerte, die in den letzten sechs Jahren eine ähnliche Entwicklung wie die PM10-Immissionen genommen haben.

Seit 2009 stammen die grössten Rückgänge beim primären PM2.5 laut Kataster aus den Bereichen Strassenverkehr, Off-Road und Heizungen. Der Rückgang der Emissionen um 42 % im Jahr 2023 im Vergleich zu 2009 im Bereich der Heizungen ist auf

optimierte oder eliminierte Feuerungen zurückzuführen. Im gleichen Zeitraum sind die Rückgänge der PM2.5-Emissionen aus dem Strassenverkehr und dem Offroad-Verkehr um 49 % bzw. 38 % nicht auf geringere Emissionen aus abrasiven Prozessen zurückzuführen. Im Jahr 2009 wurden aus diesen beiden Sektoren 84.1 und 151 [t] Feinstaub aus abrasiven Prozessen emittiert. Im Jahr 2023 waren es 94.7 bzw. 177 [t]. Der Rückgang der PM2.5-Mengen aus dem Strassenverkehr und dem Offroad-Verkehr ist daher auf eine starke Verringerung der Verbrennungspartikel zurückzuführen. Partikelfilter in den Auspuffrohren von Dieselmotoren tragen wesentlich zu dieser Entwicklung bei. Da Dieselmotoren krebserregend ist, hat diese Verbesserung erhebliche Auswirkungen auf die öffentliche Gesundheit.

Aus Abbildung 72 geht jedoch hervor, dass die PM2.5-Werte in der Luft in den Ebene relativ nahe am Jahresgrenzwert liegen. Diese Belastung wird als deutlich und eindeutig kritischer als die PM10-Verunreinigung eingestuft (siehe auch Abbildung 70).

ABBILDUNG 72 – PM2.5, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 2012 BIS 2024



Stickstoffdioxidbelastung (NO₂) laut Quellen von Stickoxide (NO_x)

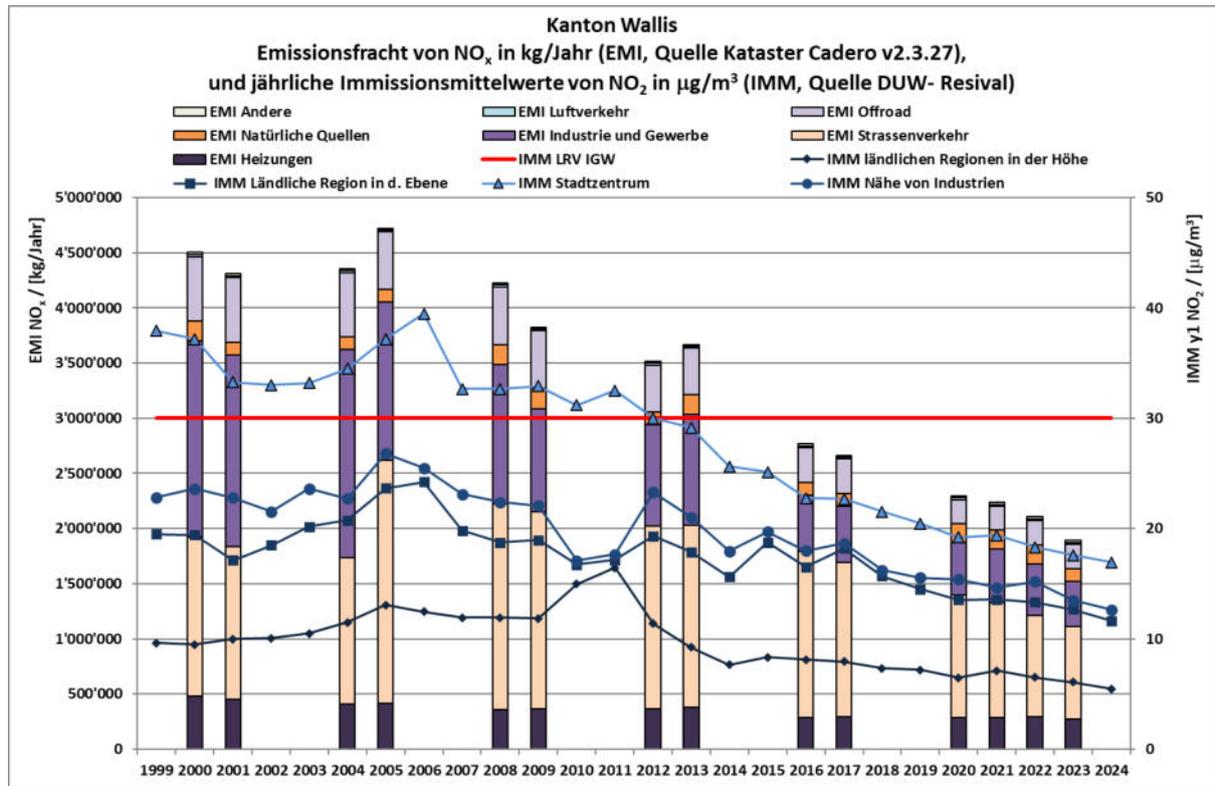
Abb. 73 zeigt die Entwicklung von 2000 bis 2023 der jährlich ausgestossenen NO_x-Mengen, sowie die entsprechenden Messergebnisse für das Stickstoffdioxid (NO₂) in der Luft im Jahresmittel und für den jeweiligen Standort-Typ. Betreffend den Beitrag der NO_x-Emissionen zur Feinstaub-Bildung ist zu sagen, dass die PM10-Gesamtmenge im Winter zu rund 25 % aus Nitraten besteht, im Sommer sind es etwa 5 % [4]. Ein deutlicher Rückgang der emittierten Mengen des Vorläufergases NO_x verringert den PM10-Gehalt deutlich. Dieser Effekt ist im Winter stärker ausgeprägt, da in dieser Jahreszeit auch die höchsten NO₂-Konzentrationen in der Luft gemessen werden (siehe beispielsweise Abbildung 20).

Abb. 73 zeigt die ungefähre Stagnation der NO₂-Niveaus in der Luft, die gut mit dem von 1999 bis 2006 ziemlich konstanten NO_x-Ausstoss übereinstimmen. Danach gehen die Werte zurück, sowohl bei den

Emissionen mit einem Rückgang um 60 % im Jahr 2023 gegenüber 2006 als auch bei den Immissionen mit einem Rückgang um fast 50 % in allen Regionen.

Im Vergleich zum Jahr des Inkrafttretens des kantonalen Plans ist der Rückgang der NO_x-Werte in der Reihenfolge ihrer Bedeutung auf die Verringerung der Emissionen aus dem Strassenverkehr, der Industrie, dem Offroad-Sektor und der Heizungen zurückzuführen. Die jeweiligen Rückgänge betragen 53 % (-946 t), 56 % (-525 t), 58 % (-304 t) und 26 % (-97 t) im Jahr 2023 gegenüber 2009. Die Stilllegung der Raffinerie in Collombey im Jahr 2015 führte zu einem starken Einbruch der Emissionen im Bereich der Industrie um etwa 500 Tonnen/Jahr. Der Effekt ist in Abbildung 73 beim Vergleich der Emissionsmengen von 2012 und 2013 mit denen von 2016 und 2017 zu sehen.

ABBILDUNG 73 – NO_x, Entwicklung der Belastungsniveaus von 1999 bis 2024



In ländlichen Gebieten in der Höhe ist in den letzten zehn Jahren ein leichter, aber anhaltender Rückgang der Immissionswerte zu verzeichnen. Damit liegen die Werte für 2024 bei fast der Hälfte des Durchschnittswerts von 1999 bis 2004. Da diese Gebiete relativ weit von den wichtigsten NO_x-Quellen entfernt sind, ist diese Entwicklung ein guter Indikator für eine grundlegende und nachhaltige Verbesserung. Dies gilt auch für die Ebene, wo sich die wichtigsten kantonalen Schadstoffquellen befinden.

Der bemerkenswerte Rückgang der NO₂-Immissionswerte an der Messstation Sitten seit 2011 um 48 % im Jahr 2023 bringt sie allmählich auf das Niveau anderer Regionen in der Ebene (Abbildung 73).

Die Rückgänge an der NABEL-Station beim Sitten Flughafen-A9 nahe an der Autobahn verdeutlichen den starken Rückgang der NO₂-Immissionen an Orten, die einem anhaltenden Verkehr ausgesetzt sind. Hier beträgt der Rückgang im Jahr 2024 39 % im Vergleich zu 2011. Das bedeutet, dass etwa 80 % des Rückgangs der NO₂-Immissionen an der RESIVAL-

Station im Stadtzentrum von Sitten durch geringere Auswirkungen des Strassenverkehrs erklärt werden können. Dies wird jedoch durch die Katasterdaten nicht ganz bestätigt, die einen Beitrag des Strassenverkehrs zu den Emissionsrückgängen in diesem Zeitraum zwischen 55 und 65 % angeben.

Es ist anzumerken, dass der Anteil von NO₂ an den NO_x-Emissionen in der von der NABEL-Station gemessenen Luft allmählich zunimmt. Er stieg von 41 % im langjährigen Mittel 1999-2001 auf 55 % für den Zeitraum 2022-2024. Das in den Abgasen von Verbrennungsmotoren vorherrschende Stickstoffmonoxid wird nach und nach in geringeren Mengen freigesetzt. Der Anteil dieses primären Schadstoffs verringert sich zugunsten des sekundären Schadstoffs Stickstoffdioxid, der auch aus grösseren Quellen stammt. Tatsächlich ist der Rückgang des NO-Gehalts in der Umgebungsluft an der Bundesmessstation in Sitten (-50 % im Jahr 2024 gegenüber 2011) deutlich grösser als der von NO₂ (-39 % im gleichen Zeitraum).

Schwefeldioxidbelastung (SO₂)

Abbildung 74 zeigt die Entwicklung der jährlichen Emissionsmengen von SO₂ von 2000 bis 2023 sowie die Immissionen dieses Schadstoffs als Jahresmittelwerte nach Standorttyp bis 2018, dem letzten Messjahr von RESIVAL. 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 [4].

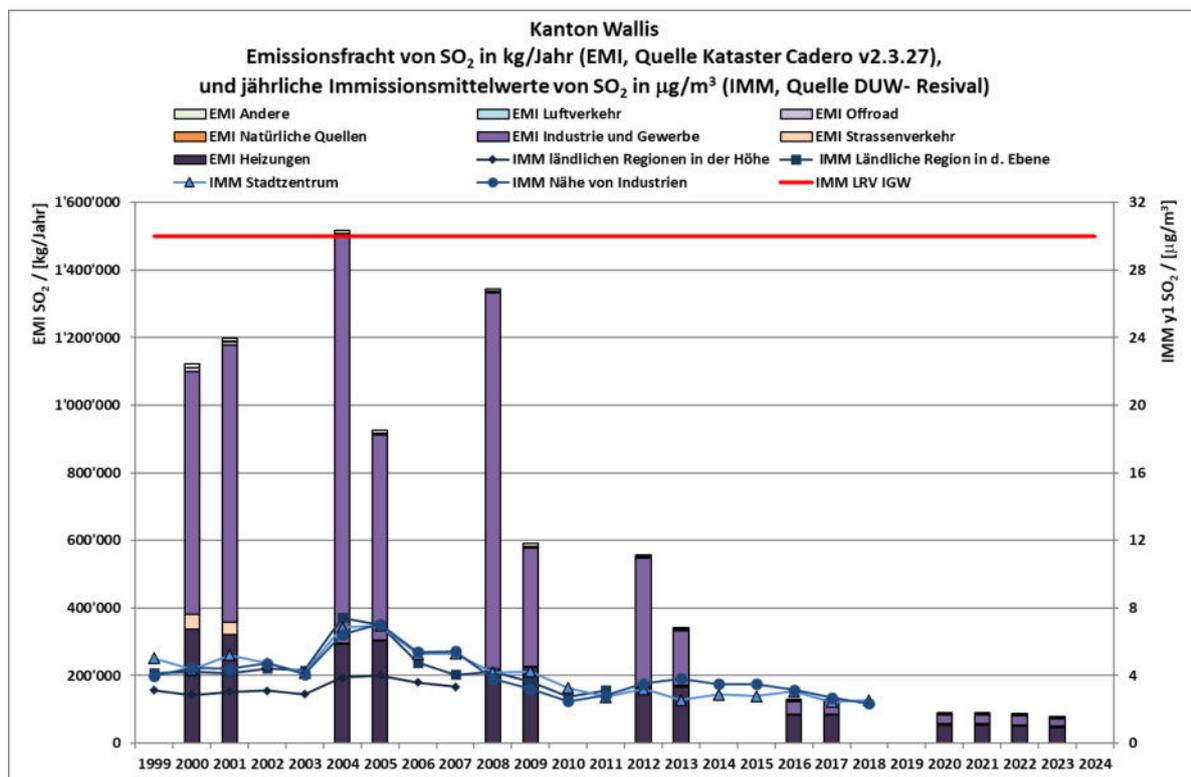
Die Schliessung der Raffinerie in Collombey im April 2015 führte zu einem starken Einbruch der Emissionen im Bereich der Industrie um etwa 130 Tonnen/Jahr. Zuvor wurde der Jahresgrenzwert jedoch weitgehend eingehalten (Abbildung 74).

Die LRV hat den Schwefelgehalt in Benzin und Diesel schrittweise reguliert. Ab 2000 lag die Begrenzung noch bei 150 mg/kg bzw. 350 mg/kg. Dann

wurde sie ab 2005 auf 50 mg/kg für beide Kraftstoffe gesenkt. Im Jahr 2009 senkte die LRV den Grenzwert schliesslich auf die aktuellen 10 mg/kg.

Bei den Brennstoffen wurde der maximal zulässige Schwefelgehalt für Heizöl "extra leicht" im Jahr 2009 von 0.2 %-Masse auf 0.1 %-Masse gesenkt. Im Jahr 2018 wurde dann die Verpflichtung in die Verordnung aufgenommen, ab Juni 2023 in Anlagen mit einer Heizleistung von weniger als 5 MW nur noch Heizöl «Extra leicht Öko» zu verwenden. Diese umweltfreundlichere Qualität zeichnet sich durch einen niedrigen Schwefelgehalt von maximal 0.005 Massenprozent aus. Sie liegt 95 % unter dem Höchstgehalt des Heizöls «Euro extra leicht», das auch als Euro-Heizöl bezeichnet wird.

ABBILDUNG 74 – SO₂, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 1999 BIS 2023



Verschmutzung durch flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds, VOC)

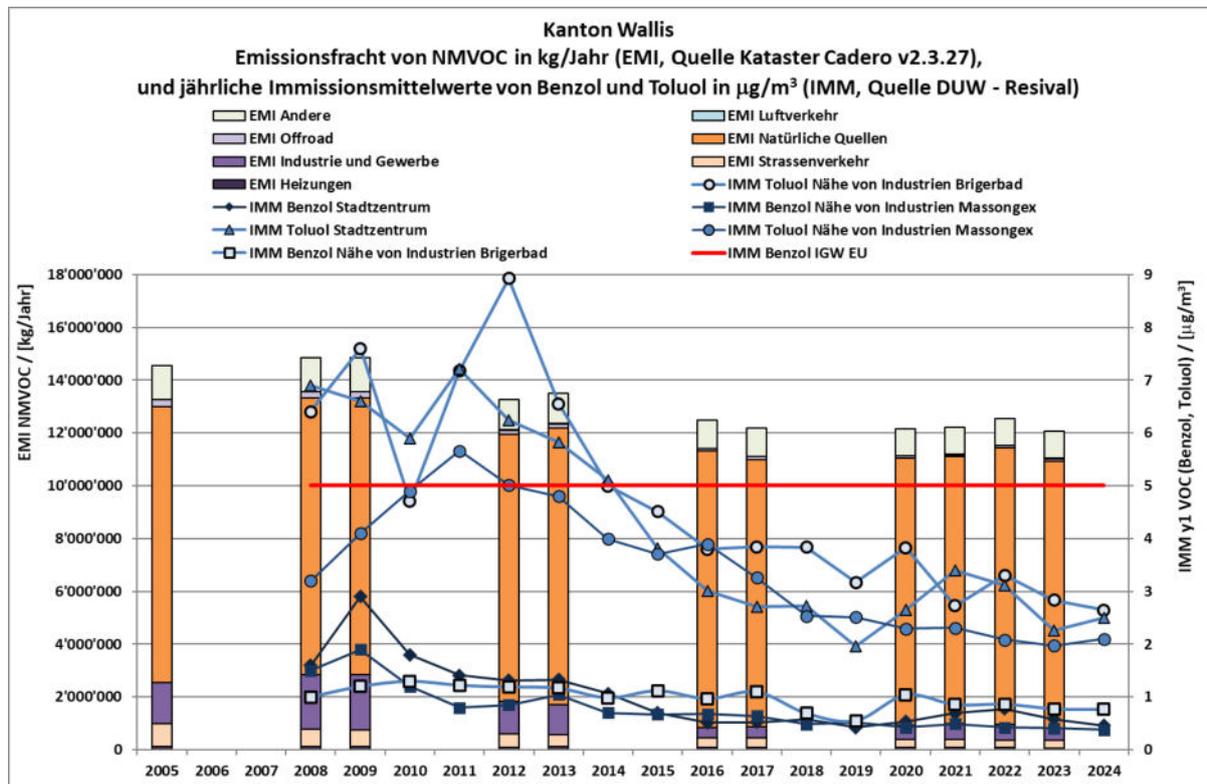
Nachfolgende Abb. 75 zeigt die Entwicklung der jährlich ausgestossenen Mengen NMVOC (VOC ohne Methan) von 2005 bis 2023 sowie die Messergebnisse der Jahresmittel bis 2024 für die beiden wichtigsten VOC an den Standort-Typen im Wallis: das Benzol und das Toluol.

Die Gesamtmenge der emittierten NMVOC ist im Jahr 2023 im Vergleich zu 2005 bzw. 2009 um 17 % bzw. 19 % gesunken. Natürliche Emissionen machen 84 % der emittierten Mengen aus (2023). Von 2009 bis 2023 und gemäss Kataster sind die NMVOC-Emissionen im Bereich der Industrie um 78 % (-1632 t) und im Bereich des Strassenverkehrs um

55 % gesunken (-346 t). Im Offroad-Sektor betrug der Rückgang 67 % (-166 t). Mit einem Minus von 344 t im Bereich Natur sind dies die wichtigsten Beiträge zum Gesamtrückgang von 19 %. Die Urbani-

sierung der Rhoneebene und die Zunahme der Siedlungs- und Infrastrukturf lächen um mehr als 50 % in den letzten 30 Jahren haben zu einer Verringerung der natürlichen Emissionen beitragen.

ABBILDUNG 75 – NMVOC, ENTWICKLUNG DER BELASTUNGSNIVEAUS VON 2005 BIS 2024



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.

Die rückläufigen Entwicklungen im mehrjährigen Mittel zwischen den ersten fünf Jahren (2008-2012) und den letzten fünf Jahren (2020-2024) sind an den drei Stationen für Toluol ungefähr gleich (Abbildung 75). Sie reichen von -53 bis -58 %. Bei Benzol sind diese Rückgänge an den Stationen Massongex und Sitten identisch (-66 %). In Brigerbad hingegen sank die Konzentration dieses krebserregenden Schadstoffs nur um 27 %, trotz einer günstigeren Ausgangslage.

Da Benzol eine längere Verweildauer in der Atmosphäre hat als Toluol, sollte seine räumliche Homogenisierung gefördert werden. Tatsächlich ist die Bandbreite der Unterschiede zwischen den drei RESIVAL-Messstationen in den absoluten Massenkonzentrationen geringer als bei Toluol. Die regel-

mässig höheren Benzol- und Toluolwerte in Brigerbad hängen mit der Lage in einem engen Tal zusammen, in dem sich bei Windstille stabile Kaltluftseen bilden können.

Für die Industrieanlagen sind die Daten des Swiss PRTR eine ergänzende, aber weniger aussagekräftige Quelle zu den Informationen, die auf den vom Kanton erhaltenen Emissionserklärungen nach Art. 12 LRV basieren. Für das Jahr 2023 weisen zehn im Wallis ansässige Unternehmen Luftemissionswerte auf, davon 6 aus der Chemie- und Metallindustrie VOC-Werte.

Die DUW erhält Erklärungen von einer breiteren Basis, die 55 grosse Unternehmen umfasst, die 2024 ihre Emissionserklärungen für das Jahr 2023 eingereicht haben. Hinzu kommen 13 Gross-Fernwärmeheizwerke, die mit Holz befeuert werden. Diese Anlagen haben 399 Tonnen NMVOC als Industrie emittiert, denn dieser Kategorie sind sie zugeordnet, und 2.4 Tonnen als FW.