

# Luftgüte

Messungen mit NO<sub>2</sub>-Passivsammler  
Jahresbericht 2023

DI Alexander Kranabetter, DI (FH) Katja Krämer  
Abt.5, Natur- und Umweltschutz, Gewerbe, Juni 2024



## Kurzfassung

Der vorliegende Bericht bietet einen Überblick über Messungen von Stickstoffdioxid im Land Salzburg, die mit einer integralen Messmethode erhoben wurden. Neben dem vollautomatischen Luftmessnetz SALIS (Salzburger Luftgüte Information System) führt die Umweltschutzabteilung des Landes seit 2010 verstärkt Stickstoffdioxidmessungen mit sogenannten NO<sub>2</sub>-Passivsammlern durch.

Diese Messungen ergänzen die im Vollzug des gesetzlichen Auftrages des Immissionsschutzgesetzes Luft (IG-L) durchgeführten Luftgütemessungen. Passivsammler sind preisgünstig und einfach zu handhaben, sodass Messungen mit verhältnismäßig geringem Aufwand an einer größeren Zahl von Messorten durchgeführt werden können. Diese Messmethode eignet sich gut zur Bestimmung von Langzeitbelastungen, wie z.B. Jahresmittelwerte.

Im Jahr 2023 wurden im Land Salzburg an 61 Standorten NO<sub>2</sub>-Messungen mittels Passivsammler durchgeführt. Die gemessenen NO<sub>2</sub>-Konzentrationsbereiche (als Jahresmittelwerte) lagen dabei zwischen 8 und 30 µg/m<sup>3</sup>.

Gegenüber dem Jahr 2022 wurde landesweit damit wiederum ein leichter Rückgang der Stickstoffdioxidwerte beobachtet. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen stammen zum Großteil aus dem Straßenverkehr. Vor allem die neuesten Dieselmotoren der Abgasklassen ab „EURO 6d“ stoßen nach Bekanntwerden des Dieselskandals deutlich weniger Stickstoffoxide aus, was sich auch im langfristigen Trend spiegelt. Weitere Faktoren wie günstige meteorologische Bedingungen, insbesondere die milden Wintermonate, sowie ein Rückgang beim Pendlerverkehr durch Homeoffice spielen auch eine Rolle. Die zunehmende elektrische Fahrzeugflotte, die während des Fahrbetriebs keine Emissionen erzeugen, lassen auch in Zukunft die Stickstoffoxid-Emissionen sinken.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Stickstoffdioxid .....	1
1.2	Gesundheitliche Aspekte .....	1
1.3	Beurteilungsgrundlagen .....	2
1.4	Klasseneinteilung .....	2
2	Methoden .....	3
2.1	Probenahme .....	3
2.2	Messprinzip .....	3
2.3	Qualitätssicherung .....	5
3	Ergebnisse .....	8
3.1	Messergebnisse im Bundesland Salzburg .....	8
3.2	Messergebnisse in den einzelnen Bezirken .....	11
3.2.1	Stadt Salzburg .....	11
3.2.2	Stadt Salzburg - Messstandorte .....	13
3.2.3	Flachgau .....	14
3.2.4	Flachgau - Messstandorte .....	15
3.2.5	Tennengau .....	16
3.2.6	Tennengau - Messstandorte .....	18
3.2.7	Pongau .....	19
3.2.8	Pongau - Messstandorte .....	20
3.2.9	Pinzgau .....	21
3.2.10	Pinzgau - Messstandorte .....	22
3.2.11	Lungau .....	23
3.2.12	Lungau - Messstandorte .....	24
3.3	Meteorologie .....	25
4	Diskussion .....	28
4.1	Trend der Stickstoffdioxidkonzentrationen .....	28
4.2	Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen .....	29

## 1 Einleitung

### 1.1 Stickstoffdioxid

Stickstoffdioxid ist ein nicht brennbares Gas, welches sich aus einem Stickstoffatom und zwei Sauerstoffatomen zusammensetzt. Es hat eine rotbraune (bzw. blassgelb bei niedrigen Temperaturen) Farbe und wirkt stark oxidierend, sowie in höheren Konzentrationen korrosiv. Dieses leichtflüchtige Gas ist ein Spurengas der Atmosphäre und kommt in Bodennähe in den höchsten Konzentrationen vor, da hier die meisten Emittenten sind.

Neben seiner Wirkung auf die Qualität unserer Außenluft spielt dieses Molekül auch als Ozonvorläufersubstanz bei der Bildung von bodennahem Ozon eine bedeutende Rolle. Stickstoffoxide reagieren zu einem gewissen Anteil in der Luft weiter zu Salpetersäure ( $\text{HNO}_3$ ) und können somit teilweise aus der Atmosphäre ausgewaschen werden und in den Boden gelangen. Salpetersäure ist mitunter ein Verursacher für die Versauerung und Eutrophierung von Böden und Gewässern.  $\text{NO}_2$  selbst kann, im Gegensatz zu Feinstaub, nur eingeschränkt durch Regen aus der Atmosphäre ausgewaschen werden.

### 1.2 Gesundheitliche Aspekte

Den Hauptaufnahmeweg von Stickstoffdioxid beim Menschen stellt vor allem die Atmung dar. Der Kontakt mit hohen Konzentrationen dieses Gases führt im Bereich der Atemwege zu Reizungen, die bis zu Gewebe- und Zellschäden (z.B. des Lungengewebes) einschließlich entsprechender Funktionsstörungen, führen können. Zusätzlich verursachen hohe  $\text{NO}_2$  Konzentrationen Reizungen der Augen, sowie Kopfschmerzen und Schwindel. Auf Grund seiner geringen Wasserlöslichkeit kann Stickstoffdioxid über die Bronchien bis in die Lungenperipherie (dem Bereich des Gasaustausches - Lungenbläschen) transportiert werden. Stickstoffdioxid kann auch Ursache für eine Überempfindlichkeit (Hyperreagibilität) der Bronchien sein, welche die Entwicklung von allergischen Atemwegserkrankungen fördern kann.

Weltweit ergaben epidemiologische Untersuchungen eindeutige Zusammenhänge zwischen der Stickstoffdioxidbelastung und Erkrankungen wie z.B.: Asthma. Diese Erkenntnisse fließen in die jeweiligen Grenzwerte der WHO bzw. der Gesetzgeber ein. Als eine effektive Maßnahme wurden und werden vom Gesetzgeber verstärkt Tempolimits eingesetzt um die  $\text{NO}_2$ -Belastung im Nahbereich von Autobahnen zu reduzieren.

### 1.3 Beurteilungsgrundlagen

Als gesetzliche Grundlage zur Beurteilung der Luftqualität werden die Ziel- und Grenzwerte des Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) sowie der EU-Richtlinie 2008/50/EG in ihrer jeweils gültigen Fassung zum Zeitpunkt der Messungen herangezogen.

*Tabelle 1: Grenzwerte nach IG-L und EU-Richtlinie in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$*

Luftschadstoff	IG-L Jahresmittelwert	EU Jahresmittelwert
Stickstoffdioxid	30 <sup>*)</sup>	40

*\*) Der Immissionsgrenzwert von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ist ab 1. Jänner 2012 einzuhalten. Die Toleranzmarge beträgt  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  bei Inkrafttreten dieses Bundesgesetzes und wird am 1. Jänner jedes Jahres bis 1. Jänner 2005 um  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  verringert. Die Toleranzmarge von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gilt gleichbleibend ab 1. Jänner 2005 bis 31. Dezember 2009. Die Toleranzmarge von  $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gilt gleichbleibend ab 1. Jänner 2010. Im Jahr 2012 ist eine Evaluierung der Wirkung der Toleranzmarge für die Jahre 2010 und 2011 durchzuführen. Auf Grundlage dieser Evaluierung hat der Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Wirtschaft, Familie und Jugend gegebenenfalls den Entfall der Toleranzmarge mit Verordnung anzuordnen.*

### 1.4 Klasseneinteilung

Als Grundlage für die folgende Klasseneinteilung der Konzentrationswerte dient die EU-Richtlinie 2008/50/EG des Rates der Europäischen Union. Diese Richtlinie gibt einen Jahresgrenzwert von Stickstoffdioxid für den Schutz der menschlichen Gesundheit von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  an. Die obere Beurteilungsschranke liegt bei 80 % ( $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) des Grenzwertes und die untere Beurteilungsschranke bei 65 % ( $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

*Tabelle 2: Klasseneinteilung nach EU-Richtlinie 2008/50/EG*

Klasse	NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Beschreibung
I	$\leq 26$	Jahresmittelwert geringer als die Beurteilungsschranke
II	27-32	Jahresmittelwert zwischen oberer und unterer Beurteilungsschranke
III	33-39	Jahresmittelwert größer als die obere Beurteilungsschranke
IV	$> 40$	Jahresmittelwert für den Schutz der Gesundheit überschritten

## 2 Methoden

### 2.1 Probenahme

Bei den Passivsammlern handelt es sich um kleine Röhren, die das Stickstoffdioxid aus der Luft aufnehmen und anreichern. Sie werden in kleinen Schutzgehäusen (siehe *Abbildung 1*) mit einer Aufhängevorrichtung montiert. Die Montage erfolgt in einer Höhe von ca. 2,5 Meter über dem Erdboden um Beschädigungen der Sammler weitgehend auszuschließen. Die Passivsammler sind unauffällig und stellen keinerlei Sichtbehinderung dar.



Abbildung 1: Schutzgehäuse eines Passivsammlers

Nach einer Expositionszeit von einem Monat werden die Röhren gewechselt und im Landeslabor analysiert.

### 2.2 Messprinzip

Das Messprinzip der Passivsammler beruht auf der Diffusion gasförmiger Verbindungen über eine definierte Strecke zu einem Sammelmedium. Die Röhren der Firma Passam sind an einem Ende fest verschlossen, wo sich ein Metallgitter befindet. Dieses ist mit einer Substanz (Triethanolamin) imprägniert und absorbiert Stickstoffdioxid quantitativ.

Am anderen Ende des Röhrchens wird am Beginn der Exposition eine Turbulenzbarriere (Glasfritte) montiert, am Ende einer Messperiode wieder demontiert und mit einem roten Stöpsel luftdicht verschlossen (siehe *Abbildung 2*).



*Abbildung 2: Passivsammler Transport (linkes Bild), Passivsammler Exposition (mittleres Bild), Turbulenzsperre des Passivsammlers (rechtes Bild)*

Bei der anschließenden Analyse im Landeslabor wird dem Passivsammlerröhrchen 2 ml Farbreagenz (NEDA (N-(1-Naphthyl)-ethylendiamin-dihydrochlorid-monomethanolat) und Sulfanilsäure) zugesetzt, erneut verschlossen und kräftig geschüttelt. Nach 15 min Reaktionszeit wird die Probe in eine Mikroküvette überführt und die gesammelte Stoffmenge bei einer Wellenlänge von 540 nm im Photometer gemessen. Aus der Menge des absorbierten Schadstoffes lässt sich über das Fick'sche Diffusionsgesetz die mittlere Umgebungskonzentration der untersuchten Komponente an der Messstelle berechnen.

## 2.3 Qualitätssicherung

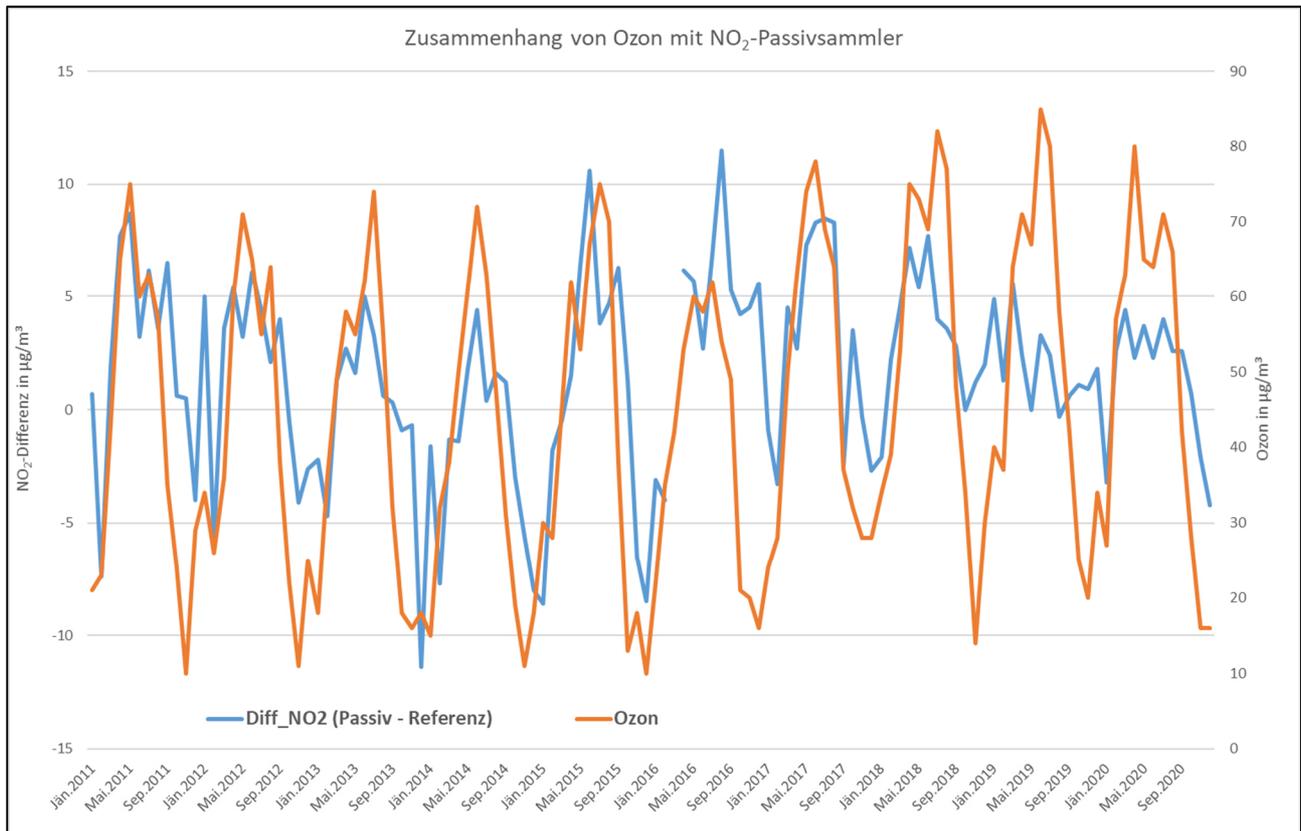
Für die Datenqualitätsziele wurde die Richtlinie 2008/50/EG, sowie die EN 16339 und EN 13528 herangezogen.

Bezogen auf den Jahresmittelwert ist bei ortsfesten Messungen mit einer Mindestdatenerfassung von 90 % eine Messunsicherheit von 15 %, bei orientierenden Messungen ist eine Messunsicherheit bis zu 25 % zulässig. Die Aufnahme der Passivsammler wird jährlich durch Vergleich mit den kontinuierlichen Messungen (Referenzverfahren) an fünf verschiedenen Messstationen (Rudolfsplatz, Hallein A10, Hallein B159, Hallein Winterstall und Salzburg Lehener Park) mit unterschiedlich hohen  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen neu bestimmt. Es werden dabei monatlich Parallelmessungen mit kontinuierlichen Messgeräten des Luftgütemessnetzes und den Passivsammlern durchgeführt.

Die Aufnahme der Passivsammler kann von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden. Einen großen Einfluss hat dabei der Wind beim offenen Ende des Sammlerröhrchens. Um diesen Einfluss zu vermindern werden in Salzburg schon seit Jahren sogenannte Glasfritten als Turbulenzsperrern verwendet (siehe Abbildung 2). Peroxyacetylnitrat (PAN), das neben Ozon auch photochemisch erzeugt wird, wird von den  $\text{NO}_2$ -Passivsammlern mit erfasst. Einen weiteren Einfluss hat die chemische Reaktion von Stickstoffmonoxid (NO) mit Ozon ( $\text{O}_3$ ) innerhalb des Sammlers, welcher bis zu 25 % betragen kann (Quelle: *Biases in the Measurement of Ambient Nitrogen Dioxide ( $\text{NO}_2$ ) by Palmes Passive Diffusion Tube: A Review of Current Understanding*, Atmosphere 2019).

Die Monatsmittelwerte der  $\text{NO}_2$ -Passivsammler und des Referenzverfahren (Chemilumineszenz) weichen je nach Einfluss (zB Höhe der Ozonkonzentration) zum Teil deutlich voneinander ab. In Salzburg werden in der kalten Jahreszeit die  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen mit den Passivsammlern eher unterschätzt, in den warmen Sommermonaten mit höheren Ozonkonzentrationen eher überschätzt. Nachfolgende Grafik verdeutlicht dies am verkehrsnahen Standort Rudolfsplatz.

Die blaue Linie zeigt dabei die Differenz zwischen dem Passivsammler und dem Referenzverfahren. Die orange Linie entspricht den Monatsmittelwerten von Ozon in der Stadt Salzburg (Lehener Park). Die Unterschiede zwischen Passivsammler und Referenzverfahren können im Monatsmittel bis zu  $\pm 11 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$  ausmachen. Im Jahresmittel gleichen sich diese monatlichen Unterschiede wieder weitgehend aus.



**Abbildung 3: Einfluss von Ozon auf die Monatsmittelwerte vom Passivsammler am verkehrsnahen Rudolfsplatz**

Es ist deshalb notwendig jedes Jahr die Aufnahme rate der Passivsammler durch Parallelmessungen mit dem Referenzverfahren (Chemilumineszenz) neu zu bestimmen. Dies erfolgt in Salzburg an fünf Messstellen. Abhängig von der Ozonkonzentration scheinen verkehrsnaher Passivsammler den  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwert bei höheren Ozonmittelwerten und milden Winter (siehe Abbildung 3) etwas zu überschätzen. Im Jahr 2018 gab es um durchschnittlich 20 % höhere Ozonkonzentration als in den Jahren davor. Am Rudolfsplatz hat im Jahr 2018 der Passivsammler den „realen“ Jahresmittelwert um  $+ 3 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$  überschätzt. Im Jahr 2022 lag diese Differenz bei  $+ 1,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Die Auswertung mit dem "Äquivalenz Test" ergab eine erweiterte relative Messunsicherheit von 10,61 % für das Jahr 2023, welche unter der geforderten Messunsicherheit von 15 % für ortsfeste Messungen liegt.

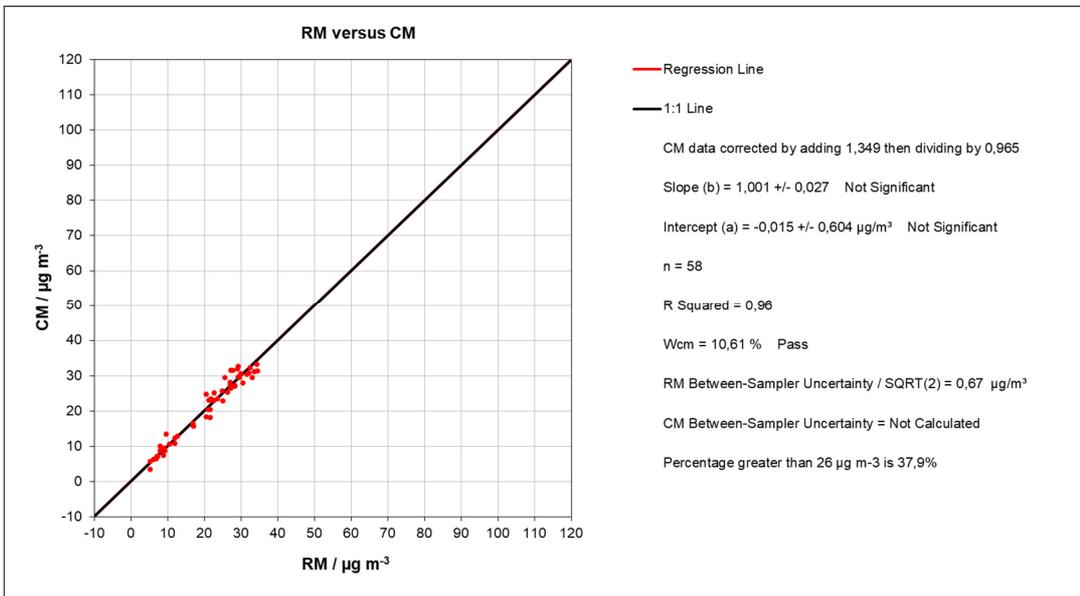


Abbildung 4: Ergebnis nach Auswertung mit dem „Äquivalenz Tool V30“ (Orthogonal regression and equivalence test utility)

In nachfolgender Abbildung werden die Jahresmittelwerte der Passivsammler und des Referenzverfahren (Chemilumineszenz) gegenübergestellt. Wie ersichtlich überschätzt der Passivsammler zum Teil die NO<sub>2</sub>-Konzentration an den Messstellen.

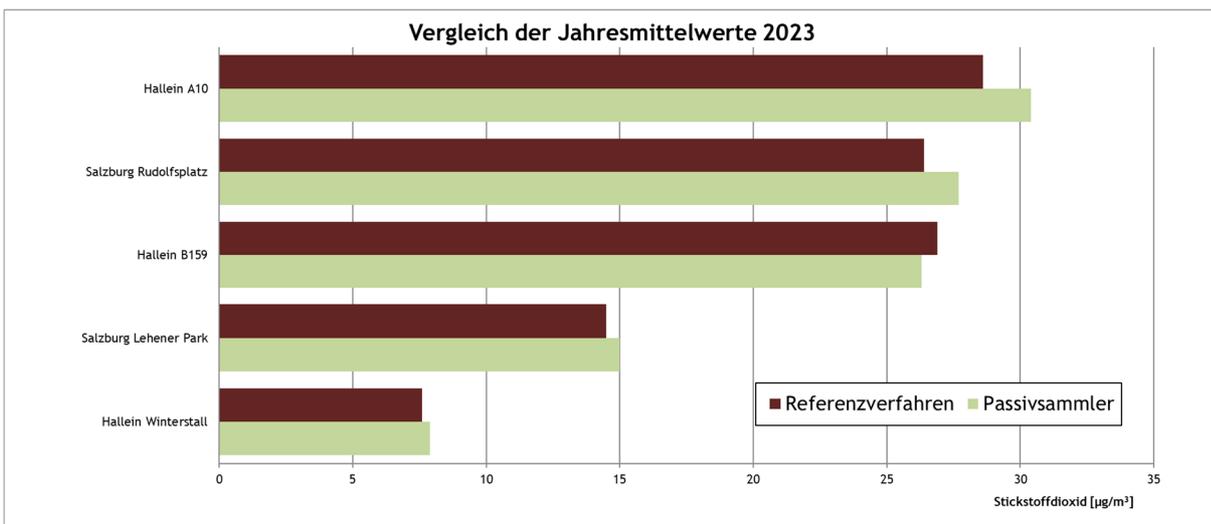


Abbildung 5: Vergleich Passivsammler zu Referenzverfahren

### 3 Ergebnisse

Die Messergebnisse in Abbildung 6 zeigen, dass 53 der 61 Messstationen (~87 %) in der Klasse I liegen. Diese Stationen befinden sich im regionalen oder städtischem Hintergrund sowie in Wohngebieten. Standorte der Klasse II liegen vorwiegend entlang von Bundesstraßen und Autobahnen. In den Klassen III und IV lag im Jahr 2023 kein einziger Standort.

#### 3.1 Messergebnisse im Bundesland Salzburg

In nachfolgender Tabelle sind die Jahresmittelwerte von Stickstoffdioxid aller Passivsammler nach ansteigender Konzentration geordnet. Der Übergang von den niedrig belasteten Hintergrundstationen über Wohngebiete bis hin zu den höher belasteten verkehrsnahen Messpunkten ist fließend. Die höchsten Stickstoffdioxidkonzentrationen wurden im Salzburger Stadtgebiet und entlang der Autobahnen gemessen. An einer Messstelle lag die Datenverfügbarkeit unter 90 % und ist diese Stationen mit einem „\*“ gekennzeichnet.

Tabelle 3: JMW NO<sub>2</sub> Gesamt- Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Mariapfarr Zentrum	Lungau	Wohngebiet	8	100	I
2	Hallein Winterstall	Tennengau	ländlicher Hintergrund	8	100	I
3	Weissbachkalk Gramler	Pinzgau	Wohngebiet, industrienah	9	100	I
4	Tamsweg Krankenhaus	Lungau	Wohngebiet	10	100	I
5	Golling Kaindsiedlung	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	10	92	I
6	Hallein Steinbachbauer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	11	100	I
7	Hallein Kraihammer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	11	100	I
8	Bad Hofgastein Kurpark	Pongau	regionaler Hintergrund	11	100	I
9	Weissbachkalk Brücke	Pinzgau	industrienah	11	100	I
10	Bad Vigaun Kurzentrum	Tennengau	regionaler Hintergrund	12	100	I
11	Saalfelden Försterweg	Pinzgau	städtischer Hintergrund	12	100	I
12	Grödig Goisweg	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	12	100	I
13	Wals Ortsrand	Flachgau	städtischer Hintergrund	12	100	I
14	Grödig Gartenau St.Leonhard	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	12	100	I
15	Lend Buchberg	Pinzgau	industrienah	13	100	I
16	Salzburg Herrnau	Stadt Salzburg	Wohngebiet	13	100	I
17	Bischofshofen Friedhof	Pongau	regionaler Hintergrund	13	100	I
18	Radstadt Feuerwehr	Pongau	Wohngebiet	13	100	I
19	Gnigl Sportplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet	14	100	I
20	Solvay-Halvic-Straße	Tennengau	industrienah	14	100	I
21	St.Michael Wastlwirt	Lungau	Wohngebiet	14	100	I
22	Kuchl Altersheim	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	15	100	I
23	Salzburg Lehener Park	Stadt Salzburg	städtischer Hintergrund	15	100	I

24	Hallein Birkenweg	Tennengau	städtischer Hintergrund	16	100	I
25	Zell am See Gemeinde	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	100	I
26	Saalbach Rotes Kreuz	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	92	I
27	Eugendorf Feuerwehr	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	100	I
28	Puch Bahnhof	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	17	100	I
29	Schwarzparkstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet	17	100	I
30	Neumarkt Bahnhofstraße	Flachgau	industrienah	18	100	I
31	Paris-Lodron-Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
32	Salzburg Flughafen	Stadt Salzburg	verkehrsnah	18	100	I
33	Bergheim Plainwiesenweg	Flachgau	Wohngebiet, autobahnnah	18	100	I
34	Hallein Burgfried	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	90	I
35	St.Veit Marktplatz	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
36	Radstadt Bundesstraße	Pongau	verkehrsnah	20	100	I
37	St.Michael Autobahnmeisterei	Lungau	autobahnnah	20	91	I
38	Münchner Bundesstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
39	Lehener Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
40	Salzburg Emil-Kofler-Gasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
41	Schmiedingerstraße 51	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	20	100	I
42	Schmiedingerstraße 2	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	21	100	I
43	Bergheim L118 Parkplatz	Flachgau	verkehrsnah	21	100	I
44	Salzburg Eichpointweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	22	100	I
45	Bergheim Siggerwiesen	Flachgau	verkehrsnah	22	100	I
46	Salzburg Hildmannplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	22	100	I
47	Hubertusweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	22	100	I
48	Eugendorf Bundesstraße	Flachgau	verkehrsnah	23	100	I
49	Salzburg ASFINAG	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	24	100	I
50	Golling Zentrum	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
51	Sinnhubstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
52	Salzburg B1*	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	26	74	I
53	Hallein B159	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	26	100	I
54	Kuchl A10	Tennengau	autobahnnah	27	100	II
55	Wals Bahnweg	Flachgau	autobahnnah	27	91	II
56	Saalfelden Kaiserallee	Pinzgau	verkehrsnah	27	100	II
57	Rudolphsplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	28	100	II
58	Schießstattstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	28	100	II
59	Ignaz-Harrer-Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	29	100	II
60	Vogelweiderstraße	Stadt Salzburg	verkehrsnah	30	100	II
61	Hallein A10	Tennengau	autobahnnah	30	100	II

\*) Datenverfügbarkeit < 90 %

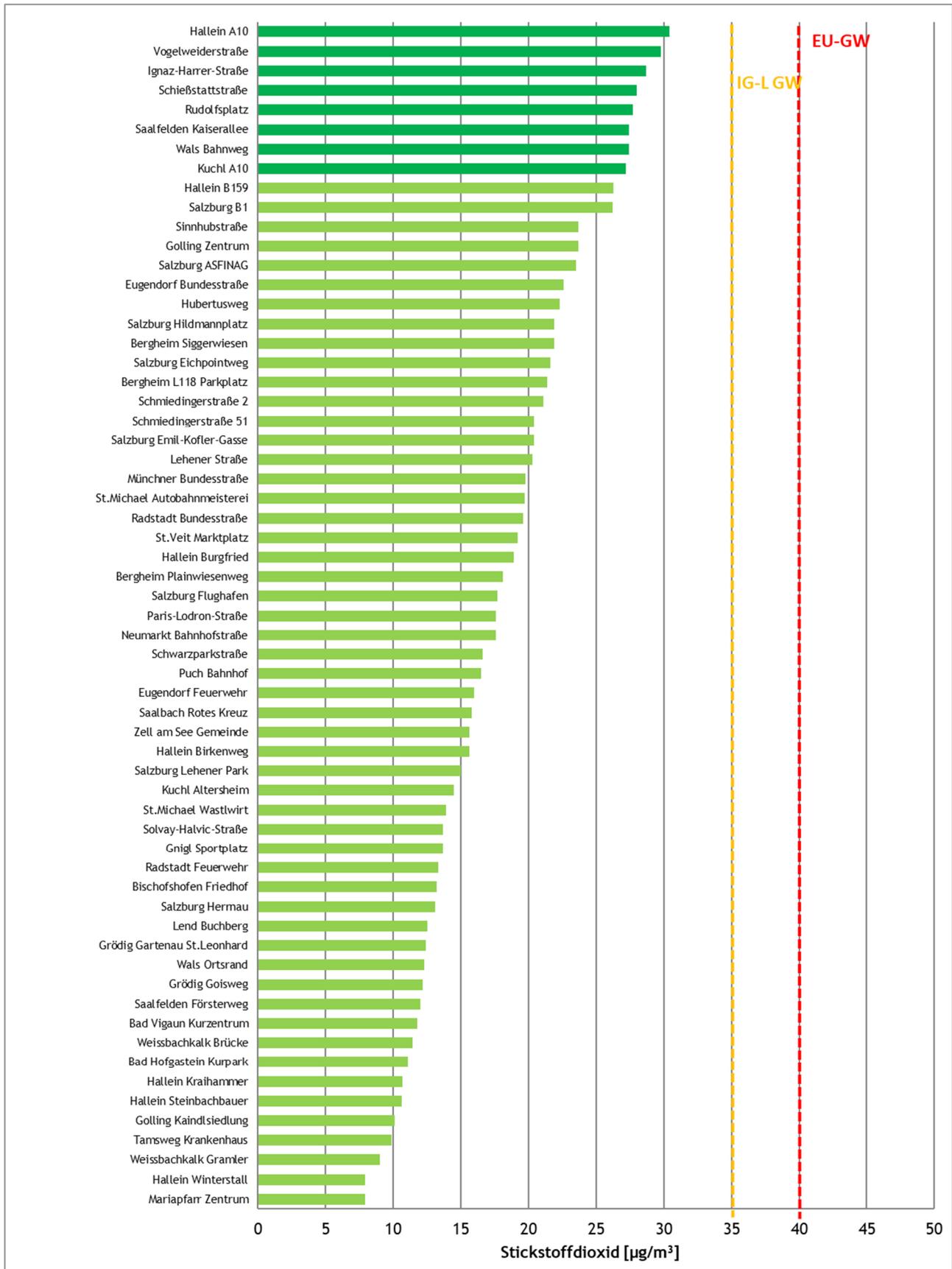


Abbildung 6: Ergebnisse der Passivsammler 2023

## 3.2 Messergebnisse in den einzelnen Bezirken

### 3.2.1 Stadt Salzburg

In der Stadt Salzburg befinden sich 21 Passivsammler, welche einerseits in Wohngebieten oder entlang von verkehrsreichen Straßen platziert wurden. Davon entsprechen 17 Messstationen der Klasse I, sowie weitere vier Messstationen der Klasse II.

Tabelle 4: JMW NO<sub>2</sub> Stadt Salzburg - Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Salzburg Herrnau	Stadt Salzburg	Wohngebiet	13	100	I
2	Gnigl Sportplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet	14	100	I
3	Salzburg Lehener Park	Stadt Salzburg	städtischer Hintergrund	15	100	I
4	Schwarzparkstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet	17	100	I
5	Paris-Lodron-Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
6	Salzburg Flughafen	Stadt Salzburg	verkehrsnah	18	100	I
7	Münchner Bundesstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
8	Lehener Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
9	Salzburg Emil-Kofler-Gasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
10	Schmiedingerstraße 51	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	20	100	I
11	Schmiedingerstraße 2	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	21	100	I
12	Salzburg Eichpointweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	22	100	I
13	Salzburg Hildmannplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	22	100	I
14	Hubertusweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	22	100	I
15	Salzburg ASFINAG	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	24	100	I
16	Sinnhubstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
17	Salzburg B1	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	26	74	I
18	Rudolfsplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	28	100	II
19	Schießstattstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	28	100	II
20	Ignaz-Harrer-Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	29	100	II
21	Vogelweiderstraße	Stadt Salzburg	verkehrsnah	30	100	II

Wie in Tabelle 4 ersichtlich wurden der IG-L Grenzwert (35 µg/m<sup>3</sup>) als auch der EU-Grenzwert (40 µg/m<sup>3</sup>) an allen Standorten in der Stadt Salzburg im Jahr 2023 eingehalten.

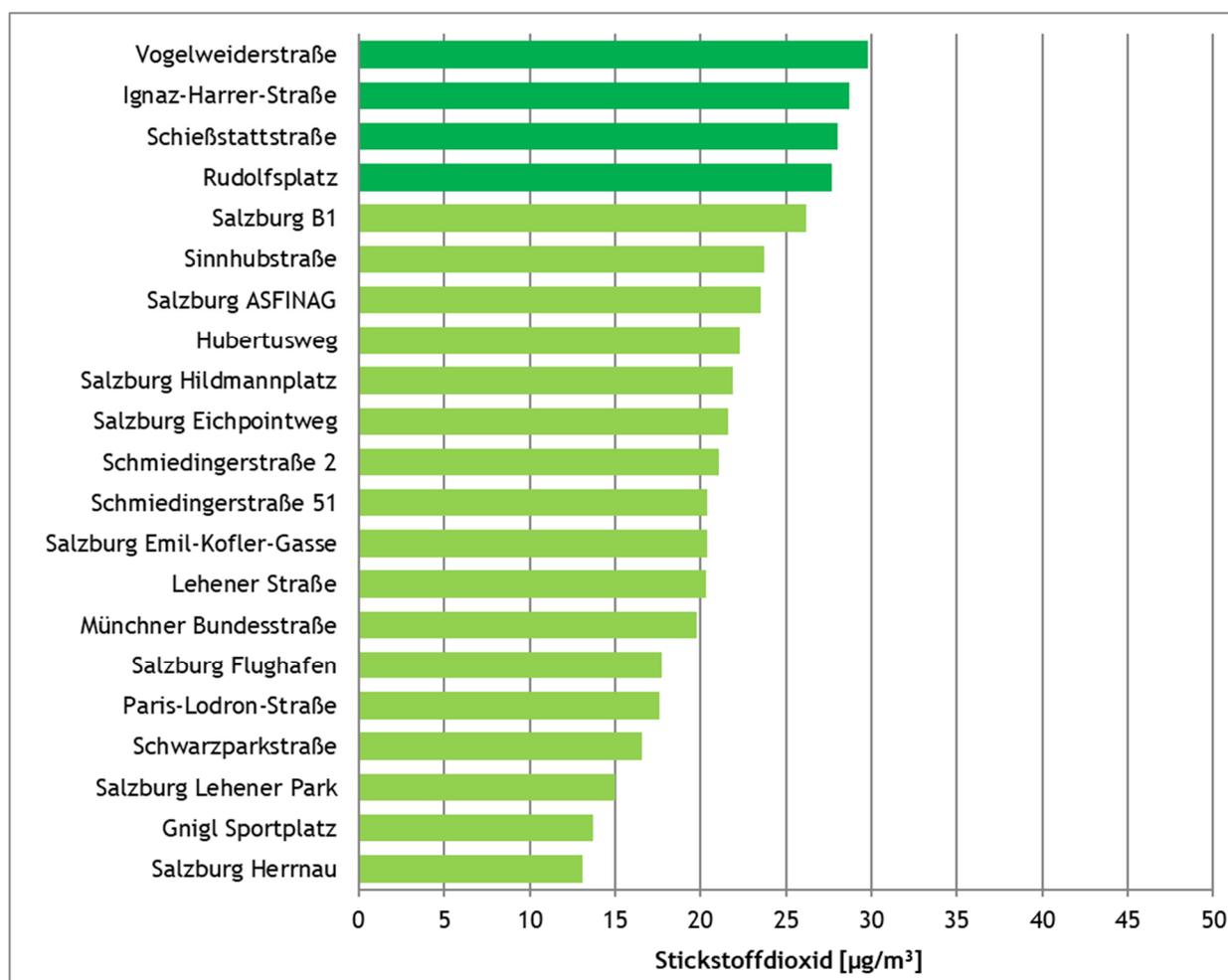


Abbildung 7: Ergebnisse Passivsammler Stadt Salzburg

## 3.2.2 Stadt Salzburg - Messstandorte

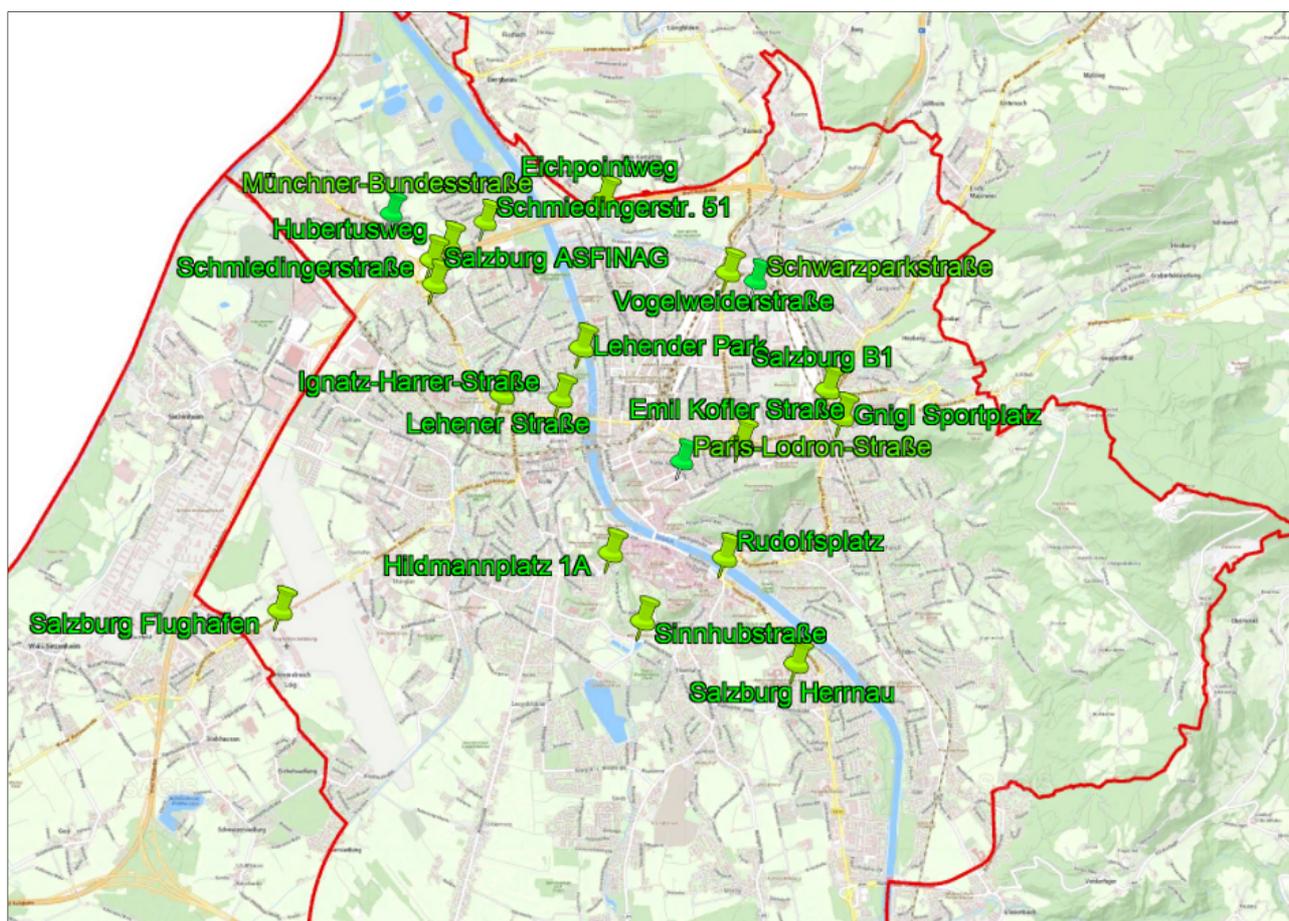


Abbildung 8: Messstandorte Passivsammler Stadt Salzburg

### 3.2.3 Flachgau

Im Bezirk Flachgau wurden in Summe 10 Passivsammler aufgestellt. Diese befinden sich in Wohn- und Industriegebieten, sowie an Bundesstraßen und in der Nähe der Salzburger Stadtautobahn. 9 Messstationen sind der Klasse I zuzuordnen. Diese befinden sich in Wohngebieten als auch im Nahbereich von Hauptstraßen. Eine Messstation liegt in der Klasse II, wobei diese in der Nähe der Salzburger Stadtautobahn liegt. Alle Messpunkte im Bezirk Flachgau halten sowohl den Grenzwert der EU-Richtlinie ( $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) als auch den Grenzwert des IG-L ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) ein.

Tabelle 5: JMW NO<sub>2</sub> Flachgau - Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Grödig Goisweg	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	12	100	I
2	Wals Ortsrand	Flachgau	städtischer Hintergrund	12	100	I
3	Grödig Gartenau St.Leonhard	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	12	100	I
4	Eugendorf Feuerwehr	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	100	I
5	Neumarkt Bahnhofstraße	Flachgau	industrienah	18	100	I
6	Bergheim Plainwiesenweg	Flachgau	Wohngebiet, autobahnnah	18	100	I
7	Bergheim L118 Parkplatz	Flachgau	verkehrsnah	21	100	I
8	Bergheim Siggerwiesen	Flachgau	verkehrsnah	22	100	I
9	Eugendorf Bundesstraße	Flachgau	verkehrsnah	23	100	I
10	Wals Bahnweg	Flachgau	autobahnnah	27	91	II

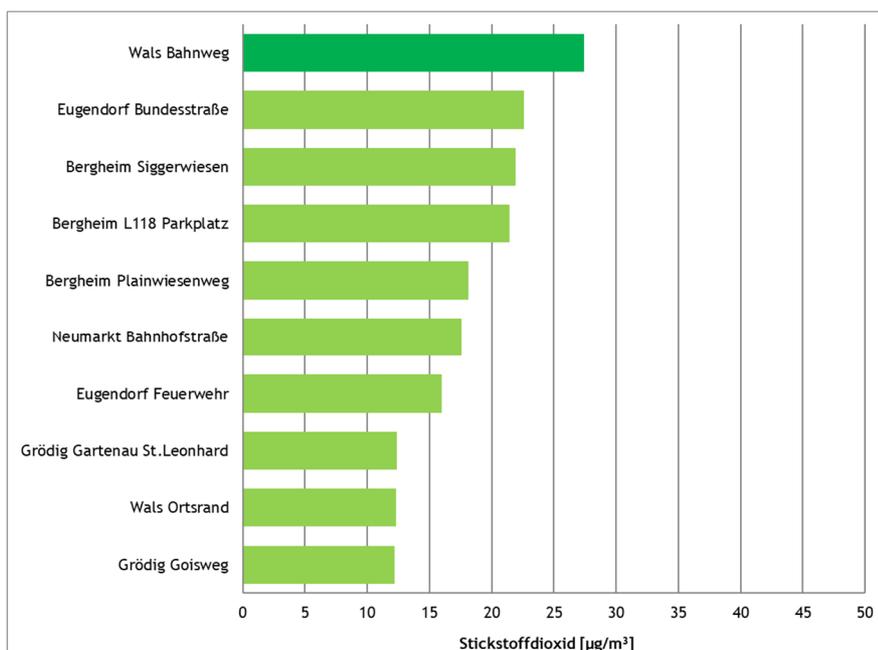


Abbildung 9: Ergebnisse Passivsammler Flachgau

## 3.2.4 Flachgau - Messtandorte

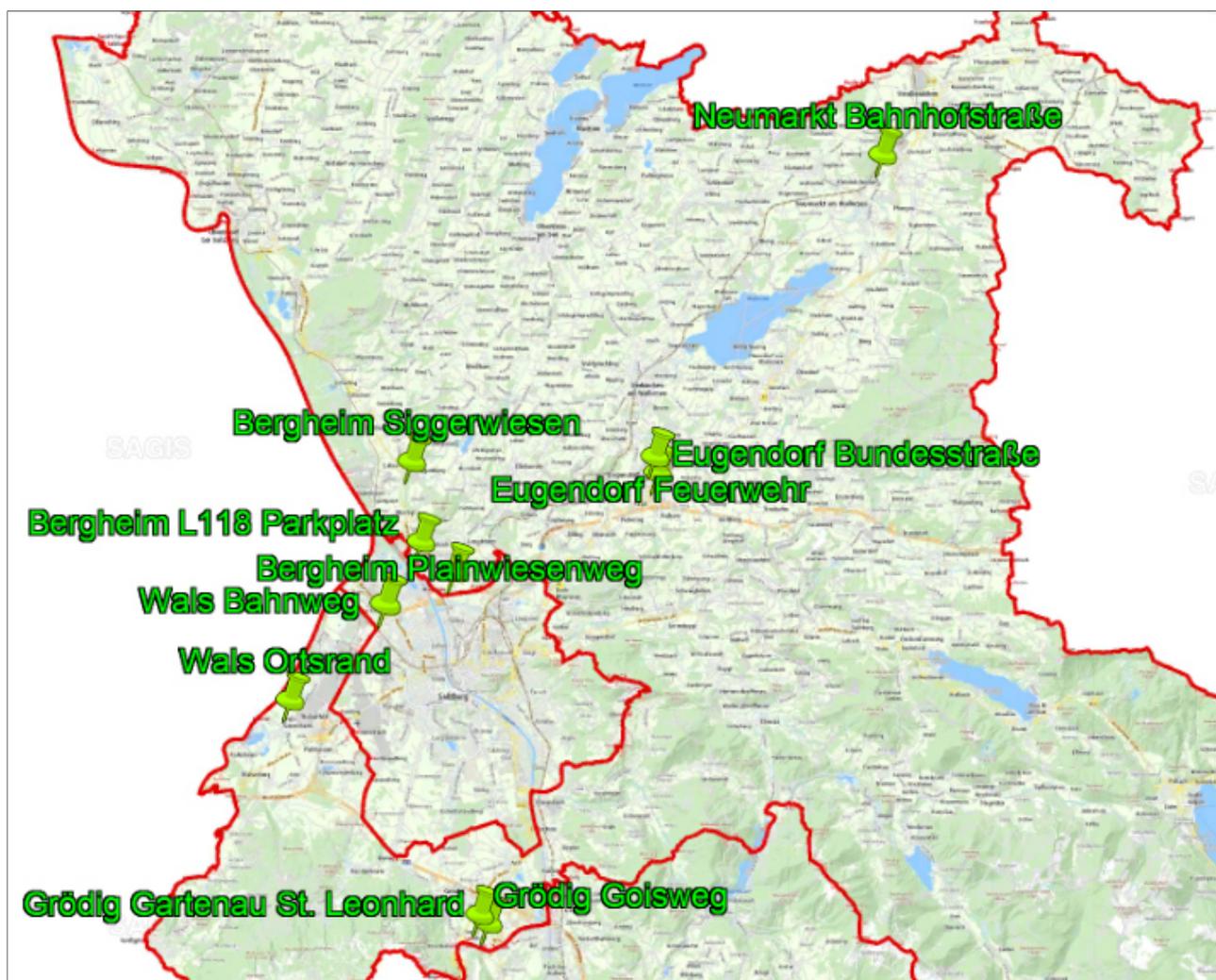


Abbildung 10: Messtandorte Passivsammler Flachgau

### 3.2.5 Tennengau

Im Tennengau wurden 14 Passivsammler aufgestellt. Diese sind zumeist verkehrs- oder industrienah situiert. Der Passivsammler in Bad Vigaun dient zur Beurteilung der Immissionssituation eines Kurortes. An der Messstelle Hallein A10 wurde landesweit der höchste NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert (30 µg/m<sup>3</sup>) gemessen

*Tabelle 6: JMW NO<sub>2</sub> Tennengau - Klasseneinteilung*

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Hallein Winterstall	Tennengau	ländlicher Hintergrund	8	100	I
2	Golling Kaindsiedlung	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	10	92	I
3	Hallein Steinbachbauer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	11	100	I
4	Hallein Kraihammer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	11	100	I
5	Bad Vigaun Kurzentrum	Tennengau	regionaler Hintergrund	12	100	I
6	Solvay-Halvic-Straße	Tennengau	industrienah	14	100	I
7	Kuchl Altersheim	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	15	100	I
8	Hallein Birkenweg	Tennengau	städtischer Hintergrund	16	100	I
9	Puch Bahnhof	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	17	100	I
10	Hallein Burgfried	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	90	I
11	Golling Zentrum	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
12	Hallein B159	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	26	100	I
13	Kuchl A10	Tennengau	autobahnnah	27	100	II
14	Hallein A10	Tennengau	autobahnnah	30	100	II

12 Messstationen befinden sich in der Klasse I. Diese befinden sich im ländlichen Hintergrund, in Wohngebieten oder sind industrienah positioniert. Die zwei autobahnnahen Messstellen „Kuchl A10“ und „Hallein A10“ entsprechen der Klasse II. Alle Messpunkte halten sowohl den Grenzwert der EU-Richtlinie (40 µg/m<sup>3</sup>) als auch den Grenzwert des IG-L (35 µg/m<sup>3</sup>) ein.

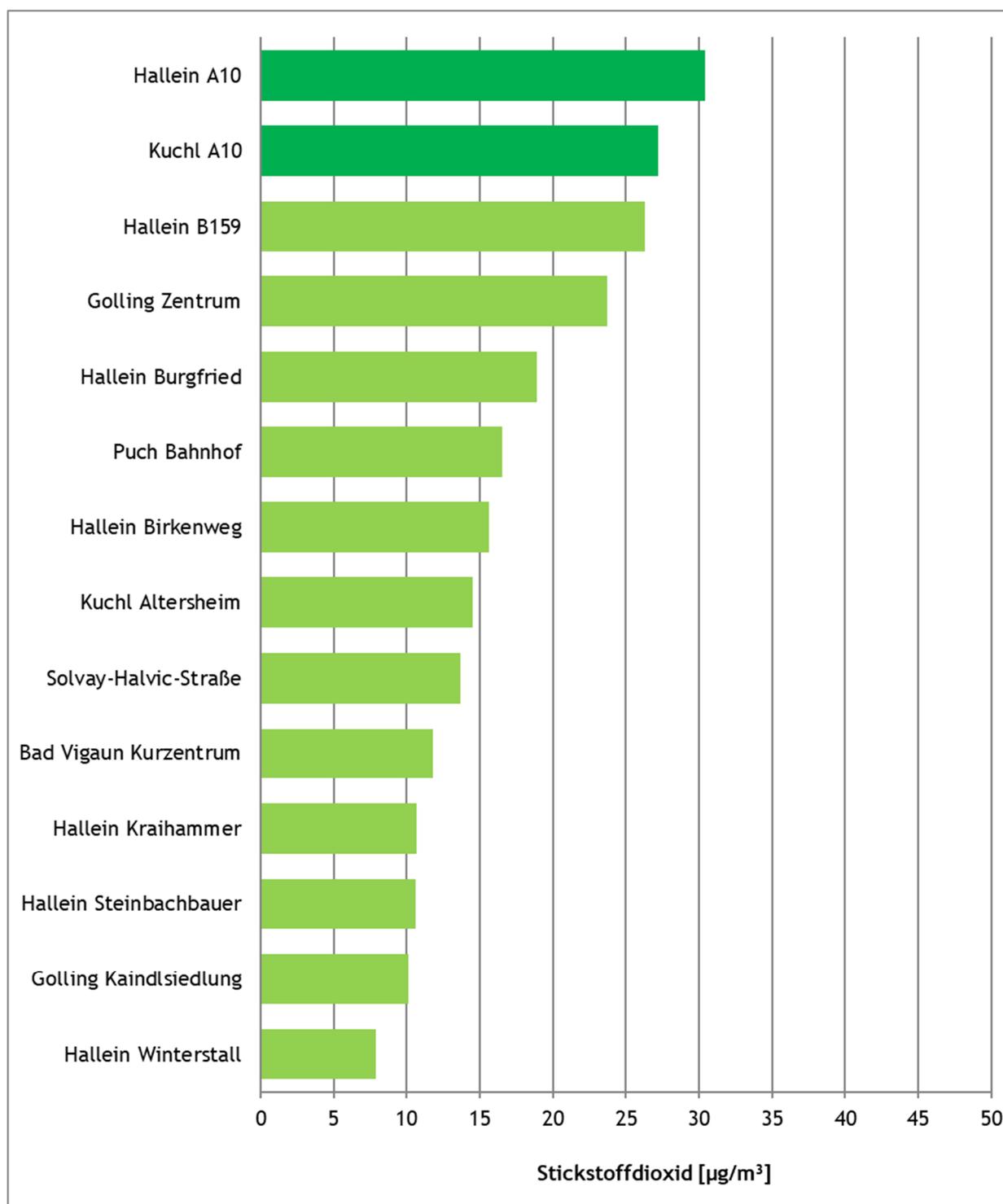


Abbildung 11: Ergebnisse Passivsammler Tennengau

## 3.2.6 Tennengau - Messstandorte

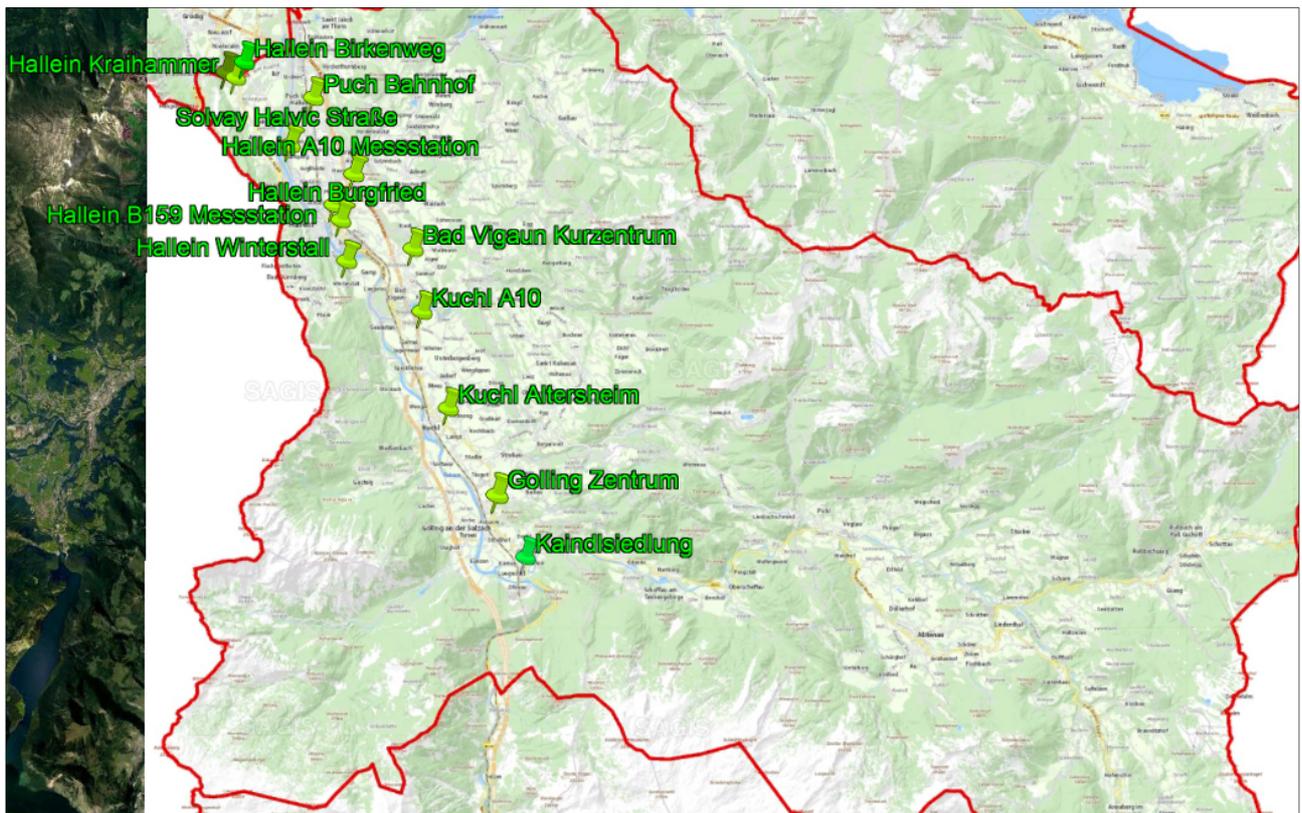


Abbildung 12: Messstandorte Passivsammler Tennengau

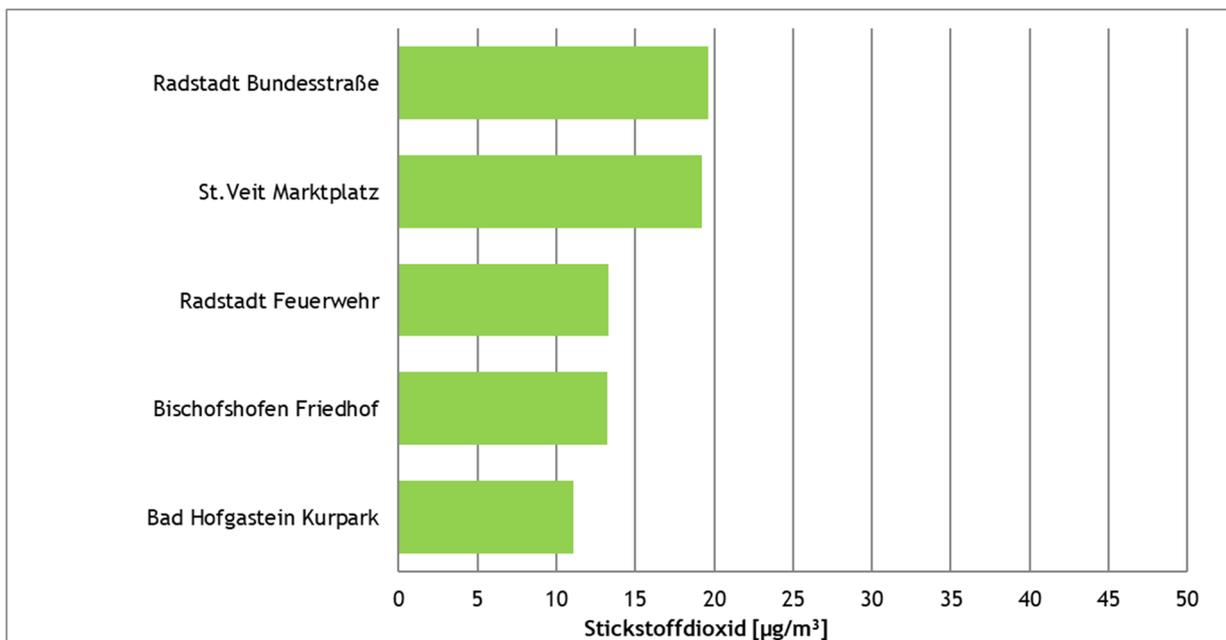
### 3.2.7 Pongau

An 5 Messstellen werden im Pongau Stickstoffdioxidmessungen mittels Passivsammlerröhrchen durchgeführt. Die zwei Messpunkte in Bad Hofgastein bzw. in St.Veit dienen zur Überwachung der Immissionssituation in Kurorten.

*Tabelle 7: JMW NO<sub>2</sub> Pongau - Klasseneinteilung*

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Bad Hofgastein Kurpark	Pongau	regionaler Hintergrund	11	100	I
2	Bischofshofen Friedhof	Pongau	regionaler Hintergrund	13	100	I
3	Radstadt Feuerwehr	Pongau	Wohngebiet	13	100	I
4	St.Veit Marktplatz	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
5	Radstadt Bundesstraße	Pongau	verkehrsnah	20	100	I

Alle Messpunkte liegen in der Klasse I. Sowohl der Grenzwert der EU-Richtlinie (40 µg/m<sup>3</sup>) als auch der Grenzwert des IG-L (35 µg/m<sup>3</sup>) wird an allen Standorten im Pongau eingehalten.



**Abbildung 13: Ergebnisse Passivsammler Pongau**

### 3.2.8 Pongau - Messstandorte

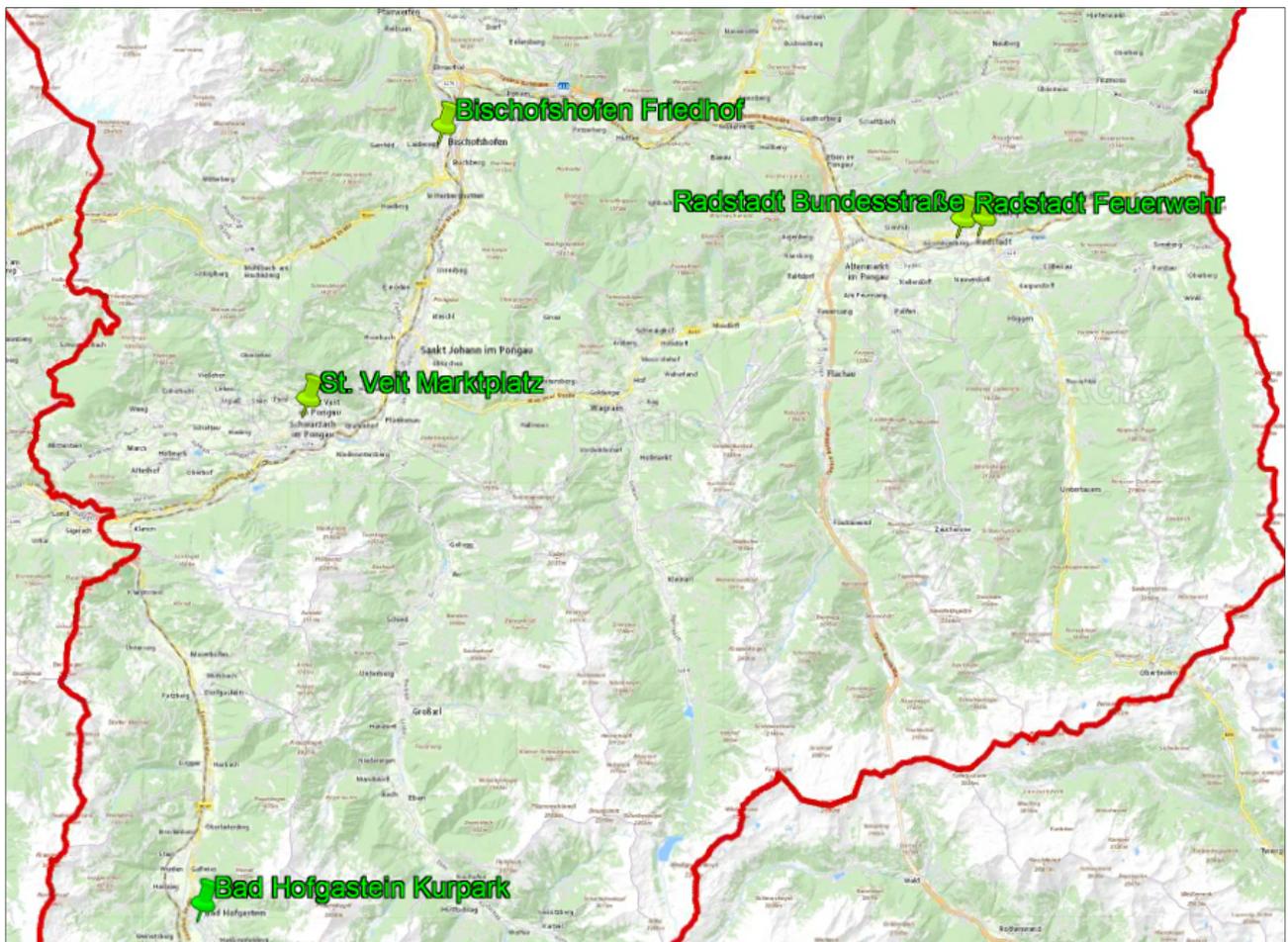


Abbildung 14: Messstandorte Passivsammler Pongau

### 3.2.9 Pinzgau

Die sieben Messstationen im Pinzgau sind zumeist in Wohngebieten, verkehrsnah bzw. industrienah situiert.

Tabelle 8: JMW NO<sub>2</sub> Pinzgau - Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Weissbachkalk Gramler	Pinzgau	Wohngebiet, industrienah	9	100	I
2	Weissbachkalk Brücke	Pinzgau	industrienah	11	100	I
3	Saalfelden Försterweg	Pinzgau	städtischer Hintergrund	12	100	I
4	Lend Buchberg	Pinzgau	industrienah	13	100	I
5	Zell am See Gemeinde	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	100	I
6	Saalach Rotes Kreuz	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	92	I
7	Saalfelden Kaiserallee	Pinzgau	verkehrsnah	27	100	II

Alle Messstationen (drei davon industrienah) liegen in den Klasse I. Eine verkehrsnah Messstelle liegt in der Klasse II.

Sowohl der Grenzwert der EU-Richtlinie (40 µg/m<sup>3</sup>) als auch der Grenzwert des IG-L (35 µg/m<sup>3</sup>) werden an allen Messpunkten im Pinzgau eingehalten.

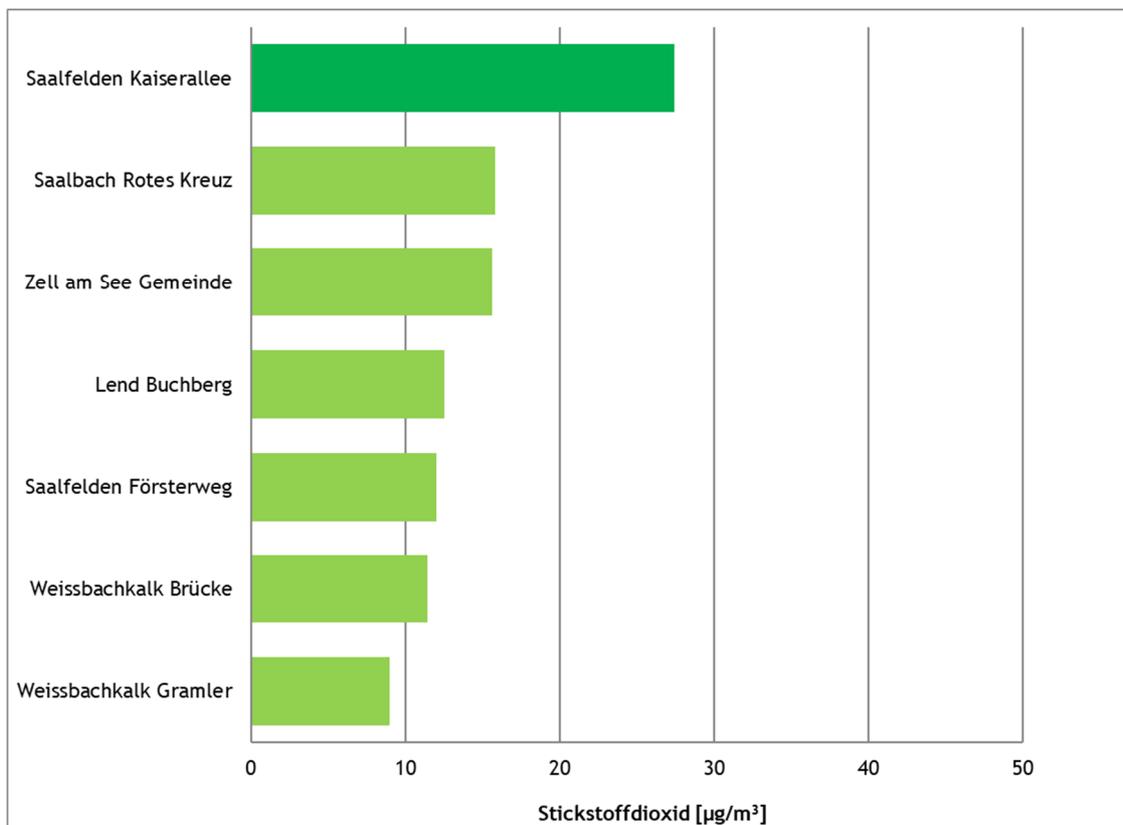


Abbildung 15: Ergebnisse Passivsammler Pinzgau

### 3.2.10 Pinzgau - Messstandorte



Abbildung 16: Messstandorte Passivsammler Pinzgau

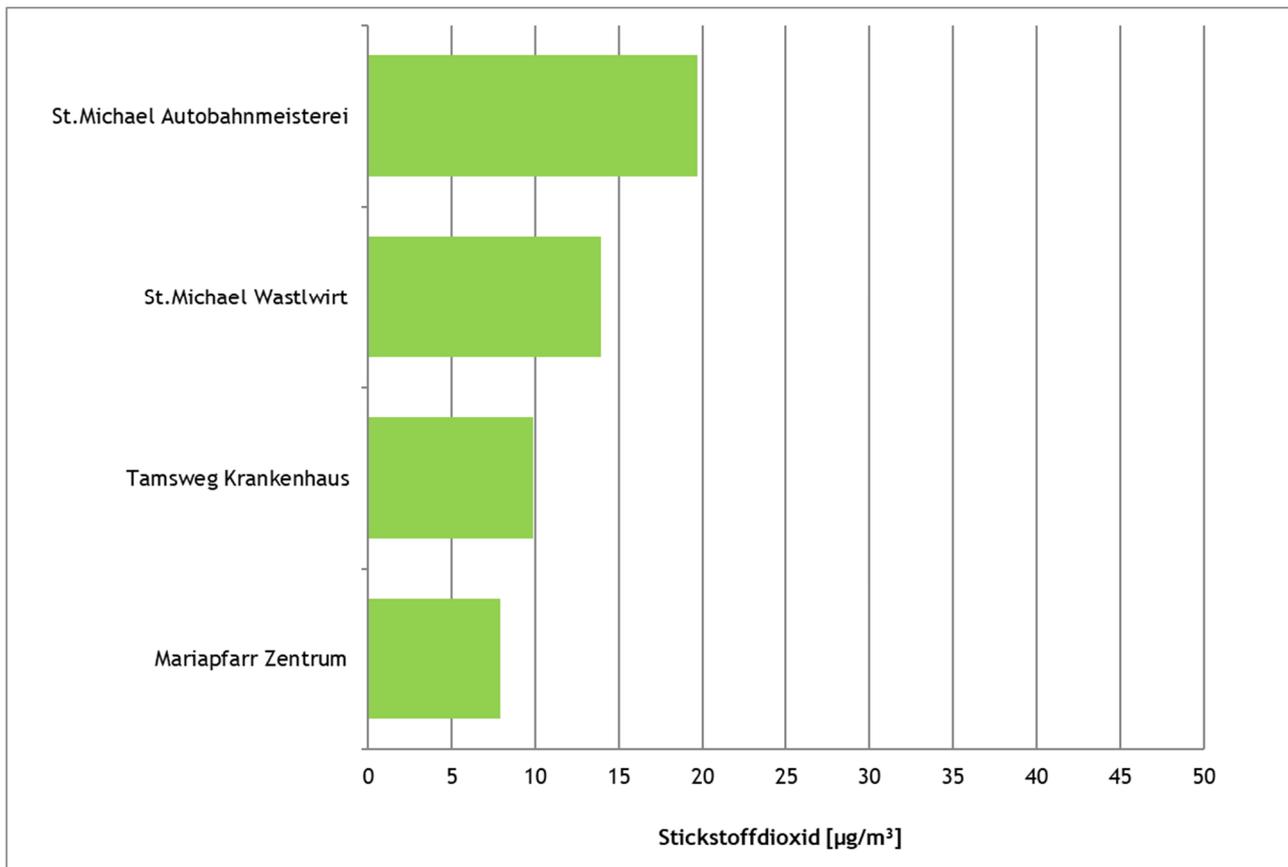
### 3.2.11 Lungau

Im Lungau befinden sich vier Passivsammlermessstellen. Davon sind drei in Wohngebieten und einer in Autobahnnähe aufgestellt. Die Messwerte sind im Lungau im Vergleich zum restlichen Bundesland auf einem relativ niedrigen Niveau. In Mariapfarr wurde 2023 landesweit der niedrigste NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert (8 µg/m<sup>3</sup>) gemessen.

*Tabelle 9: JMW NO<sub>2</sub> Lungau - Klasseneinteilung*

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Mariapfarr Zentrum	Lungau	Wohngebiet	8	100	I
2	Tamsweg Krankenhaus	Lungau	Wohngebiet	10	100	I
3	St.Michael Wastlwirt	Lungau	Wohngebiet	14	100	I
4	St.Michael Autobahnmeisterei	Lungau	autobahnnah	20	91	I

Alle Messpunkte entsprechen der Klasse I. Sowohl der EU-Grenzwert als auch der Grenzwert des IG-L wurden im Jahr 2023 an allen Messstellen im Lungau eingehalten.



*Abbildung 17: Ergebnisse Passivsammler Lungau*

### 3.2.12 Lungau - Messstandorte

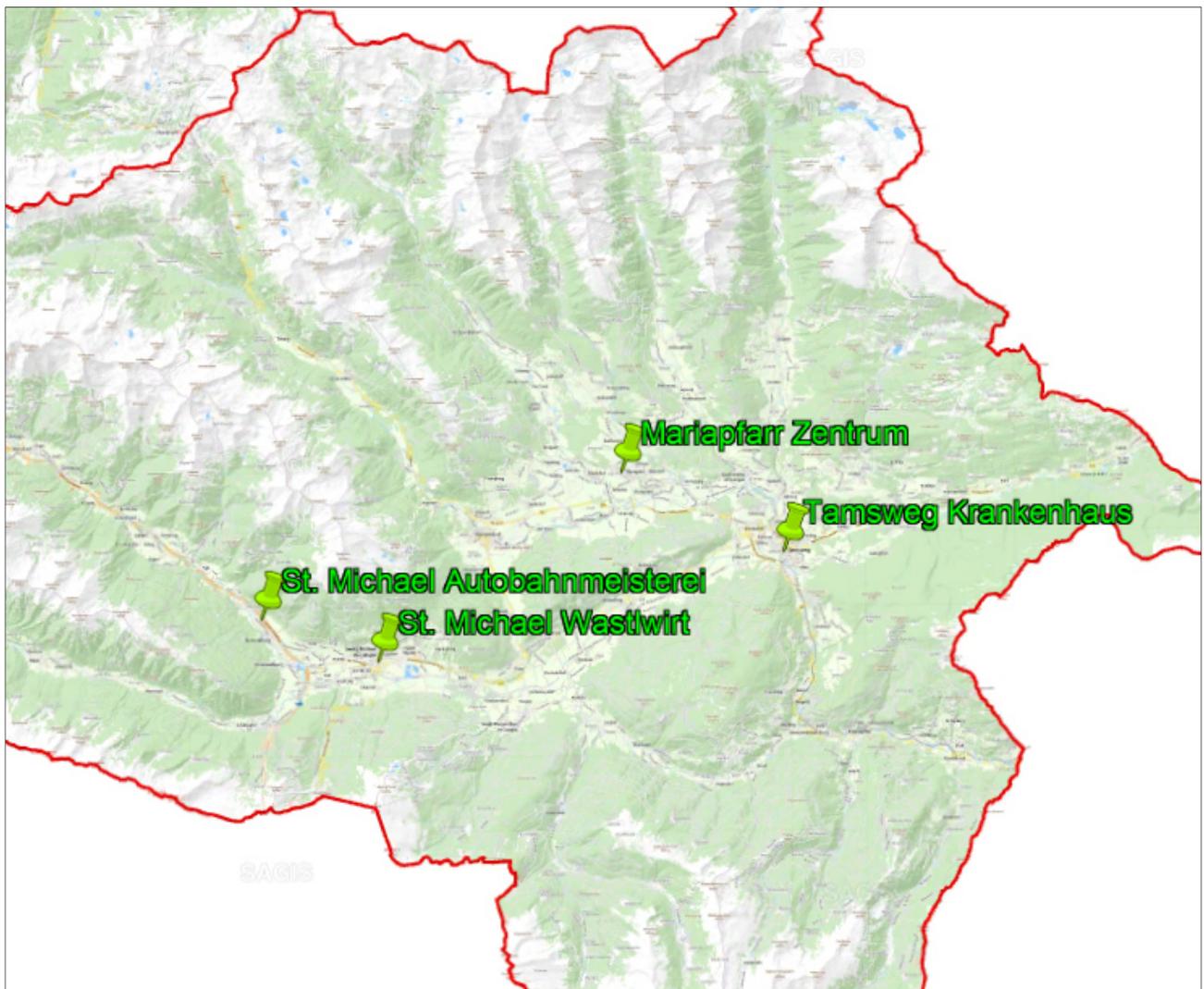


Abbildung 18: Messstandorte Passivsammler Lungau

### 3.3 Meteorologie

Nachfolgende Grafik stellt den Temperaturverlauf 2023 im Vergleich zum langjährigen Mittel dar.

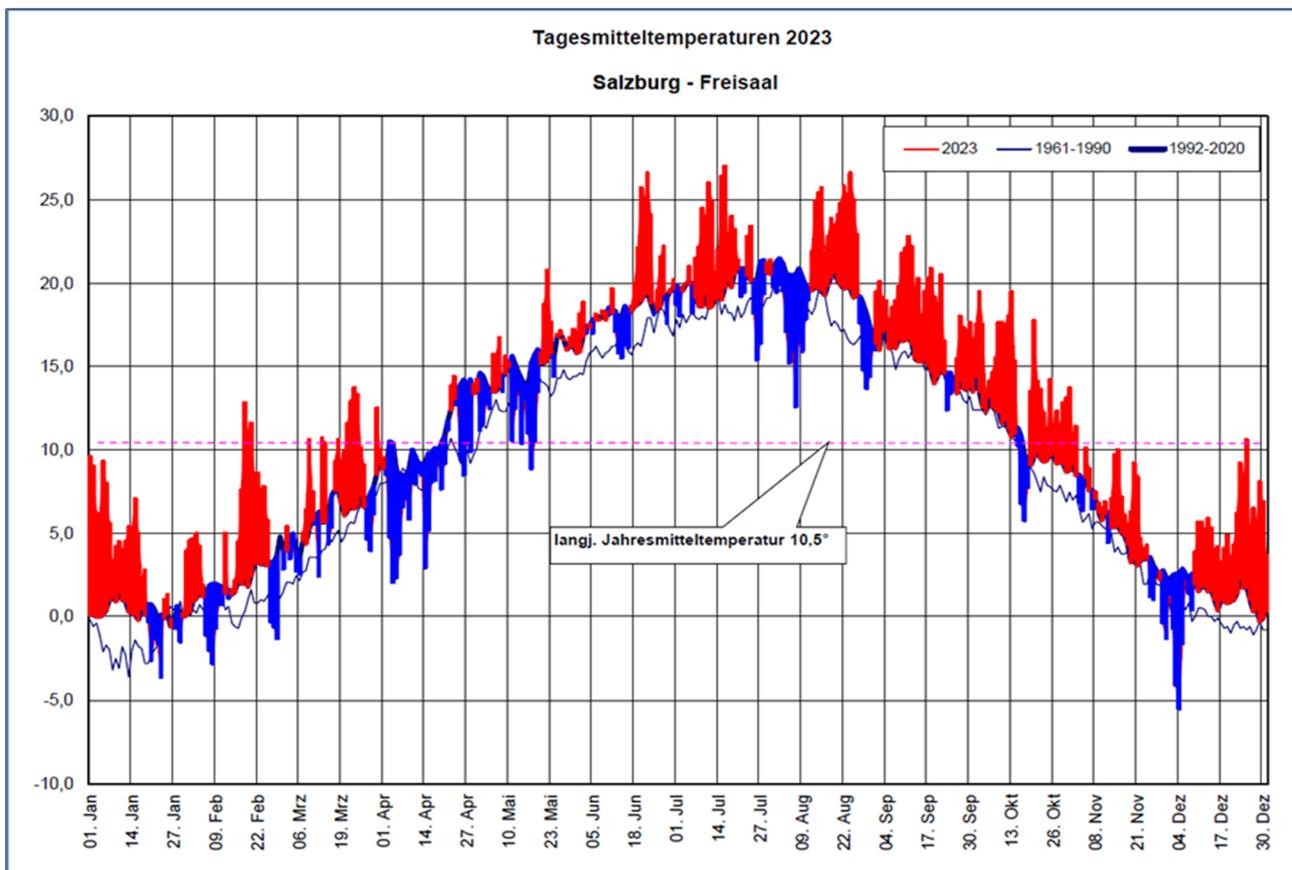


Abbildung 19: Temperaturverlauf 2023 im Vergleich zum langjährigen Mittel

Die **Jahresmitteltemperatur** lag an den Messstellen im Land Salzburg 2023  $0,8^{\circ}$  bis  $1,7^{\circ}$  C über dem langjährigen Klimawert der Vergleichsperiode 1991 bis 2020. Es war eines der wärmsten Jahre seit es Messungen gibt.

Besonders warm war es im September und Oktober, wobei beide Monate die wärmsten waren, seit es Messungen gibt. In den Monaten Jänner, Februar, März, Juni, Juli, August und Dezember war es im ganzen Land wärmer als im Klimamittel der Vergleichsperiode 1991 bis 2020. Im ganzen Land unterdurchschnittliche Monatsmitteltemperaturen gab es nur im April.

Die geringste Niederschlagsmenge wurde in Lofer und Zell am See mit 96 % des langjährigen Durchschnitts gemessen, am meisten Niederschlag gab es in Mariapfarr mit 144 % des Klimamittels der Vergleichsperiode 1991 bis 2020.

Ausgesprochen trocken war es im Juni und September. Überdurchschnittlichen Niederschlag im ganzen Land gab es im August, November und Dezember.

Die **Sonne** schien verbreitet weniger im Vergleich zum langjährigen Mittel. Die Spanne der Sonnenscheindauer reicht von 91 % in Mariapfarr bis 105 % der Klimawerte in Zell am See.

Sehr sonnig präsentierte sich der September. Unterdurchschnittlichen Sonnenschein im ganzen Land wiesen die Monate März, April und Mai auf.

### Witterungsverlauf:

Der **Jänner** verlief bis über die Monatsmitte außergewöhnlich milde. Dann folgte wechselhafte Witterung mit eher durchschnittlichen Temperaturverhältnissen und zeitweisem Niederschlag. Im Lungau gab es zur Monatsmitte von Süden her ergiebigen Schneefall.

Der **Februar** begann mild und wechselhaft. Es folgte eine kalte und sonnige Witterung. Von der Monatsmitte bis fast Monatsende gab es eine frühlingshaft warme Witterung mit Sonnenschein und Tauwetter bis in Hochgebirgslagen. Am Monatsende kühlte es wieder ab und schneite kurz.

Im **März** gab es häufig eine wechselhafte Witterung mit oft milder Luft und unterdurchschnittlichem Sonnenschein. In der ersten Monatshälfte gab es nur selten und wenig Niederschlag. Zum Monatsende hin gab es vorübergehend etwas Schneefall und Morgenfrost.

Im **April** gab es durchgehend eine wechselhafte Witterung mit häufig relativ kühler Luft aus nordwestlichen Regionen des Atlantiks. Es gab verbreitet eine überdurchschnittliche Niederschlagsmenge und eine deutlich unterdurchschnittliche Sonnenscheindauer.

Im **Mai** setzte sich der Trend zu unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer fort. Bis über die Monatsmitte verlief die Witterung kühl mit häufigem Regen. Im letzten Drittel gab es mehr Sonnenschein und relativ milde Luft.

Der **Juni** gestaltete sich warm und wechselhaft mit Hitze ab der Monatsmitte. Vor allem zu Beginn und am Ende des Monats gab es eine unbeständige Witterung mit Regenschauern und Gewittern. In Summe war es ein sonnenscheinreicher Monat mit unterdurchschnittlichem Niederschlag.

Im **Juli** gab es meist eine warme Witterung. Nach zwei Hitzewellen folgten zum Monatsende hin Tage mit unterdurchschnittlichem Temperaturniveau. Vor allem in der zweiten Monatshälfte regnet es häufig, bei Gewittern zum Teil ergiebig.

Im **August** gab es vorerst eine kühle Witterung mit Regen, dann eine lange Hitzewelle und am Monatsende wieder eine kühle Witterung mit ergiebigem Regen.

Der **September** war der wärmste seit es Messungen gibt und einer der sonnenscheinreichsten. Es gab oft sommerliches Temperaturniveau, dazu gab es nur selten und wenig Niederschlag.

Der **Oktober** war ebenfalls der wärmste seit es Messungen gibt. Er war geprägt durch zahlreiche Süd- bis Westströmungen. Dadurch gab es in den Gebirgsgauen mehr Niederschlag als im Alpenvorland.

Im **November** gestaltete sich die Witterung wechselhaft mit häufig Niederschlag. Bis zum 25. des Monats gab es meist relativ milde Luft, zum Monatsende kalte Luft und Schneefall.

Der **Dezember** startete verbreitet mit Schneefall und winterlichem Temperaturniveau. Von der zweiten Woche bis zum Monatsende gab es windiges und wechselhaftes West- bis Südwestwetter mit reichlich Niederschlag und relativ milder Luft.

## 4 Diskussion

### 4.1 Trend der Stickstoffdioxidkonzentrationen

In den letzten 12 Jahren zeichnete sich, wie in *Abbildung 20* dargestellt, ein leicht sinkender Trend der Stickstoffdioxidkonzentrationen ab, der sich ab dem Jahr 2017 deutlich verstärkt hat. Der Rückgang ist vor allem auf die verbesserte Motorentechnik von Dieselmotoren rückzuführen. Die Autoindustrie hat aus dem im Jahr 2015 publik gewordenen Dieselskandal gelernt und scheinen nun die neuesten Fahrzeuge über deutlich bessere Abgasreinigungen zu verfügen.

Lockdowns, Ausgangsbeschränkungen und flächendeckendes Home-Office zur Pandemiebekämpfung haben das Mobilitätsverhalten der Menschen im Jahr 2020 stark verändert. Im Jahr 2021 ging mit den Lockerungen der Covid Maßnahmen wieder ein erhöhtes Verkehrsaufkommen einher, das zu einem leichten Anstieg der Werte im Jahr 2021 führte. Im Jahr 2023 wurden die niedrigsten Werte seit Messbeginn gemessen. Der Trend von Stickstoffdioxid ist aufgrund der verbesserten Motorentechnik weiterhin fallend.

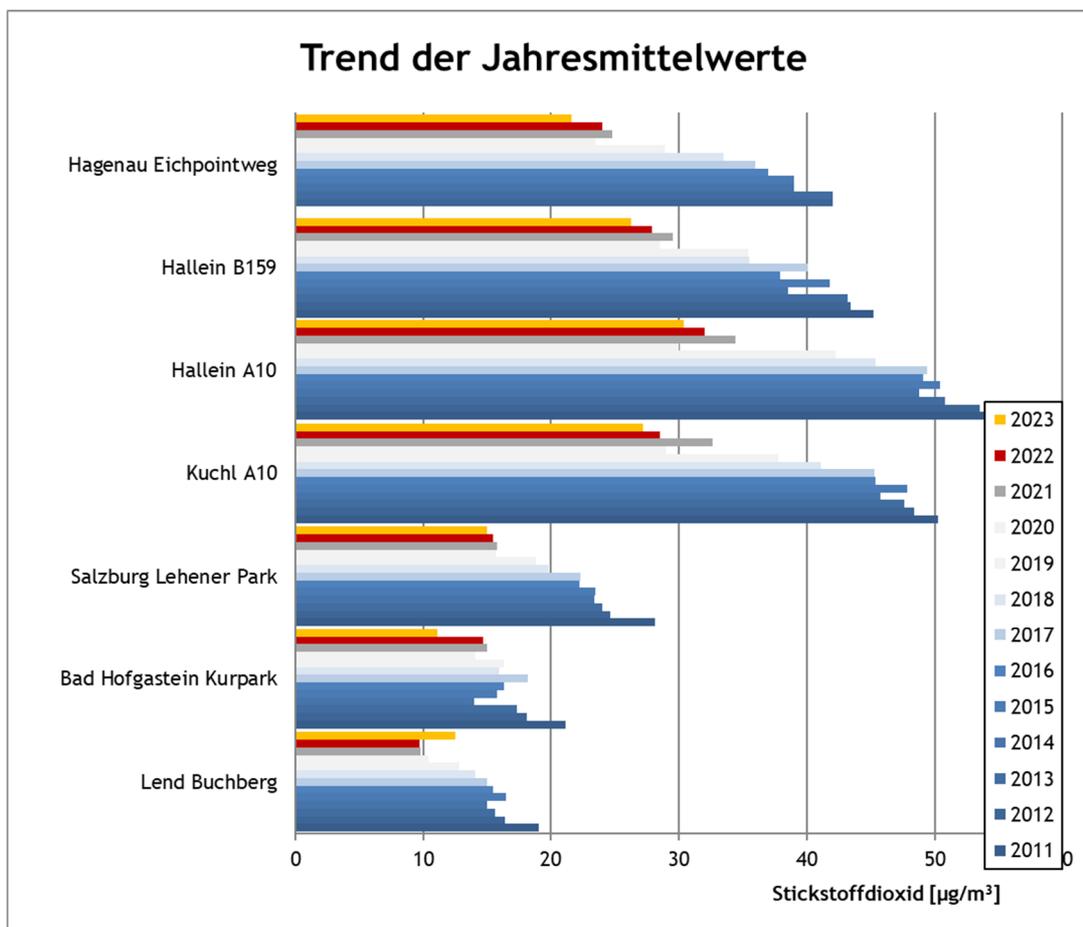


Abbildung 20: Trend der Jahresmittelwerte (2011 - 2023)

## 4.2 Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen

In *Abbildung 21* ist der jahreszeitliche Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen an drei verschiedenen Standorten für das Jahr 2023 dargestellt. Die Messstelle Maria Pfarr ist eine im Lungau gelegene Hintergrundmessstelle, die Messstelle Puch Bahnhof liegt an der Hall einer Landstraße. Diese beiden Messstellen weisen einen typischen jahreszeitlichen Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentration auf. Während der Sommermonate liegt die NO<sub>2</sub>-Belastung deutlich niedriger als während der Wintermonate, in denen ungünstigere meteorologische Bedingungen (Inversionen, geringe Windgeschwindigkeiten) herrschen.

Weiters ist der NO<sub>2</sub>-Verlauf der autobahnnahen Messstelle A10 Hallein dargestellt. Man erkennt, dass an der A10 der Rückgang während der Sommermonate (zur Hauptreisezeit gibt es sogar einen Anstieg) weniger stark ausgeprägt ist als an den anderen beiden Messstellen. Dies ist vor allem auf den Urlauberreiseverkehr während der Sommermonate auf der Tauernautobahn rückzuführen.

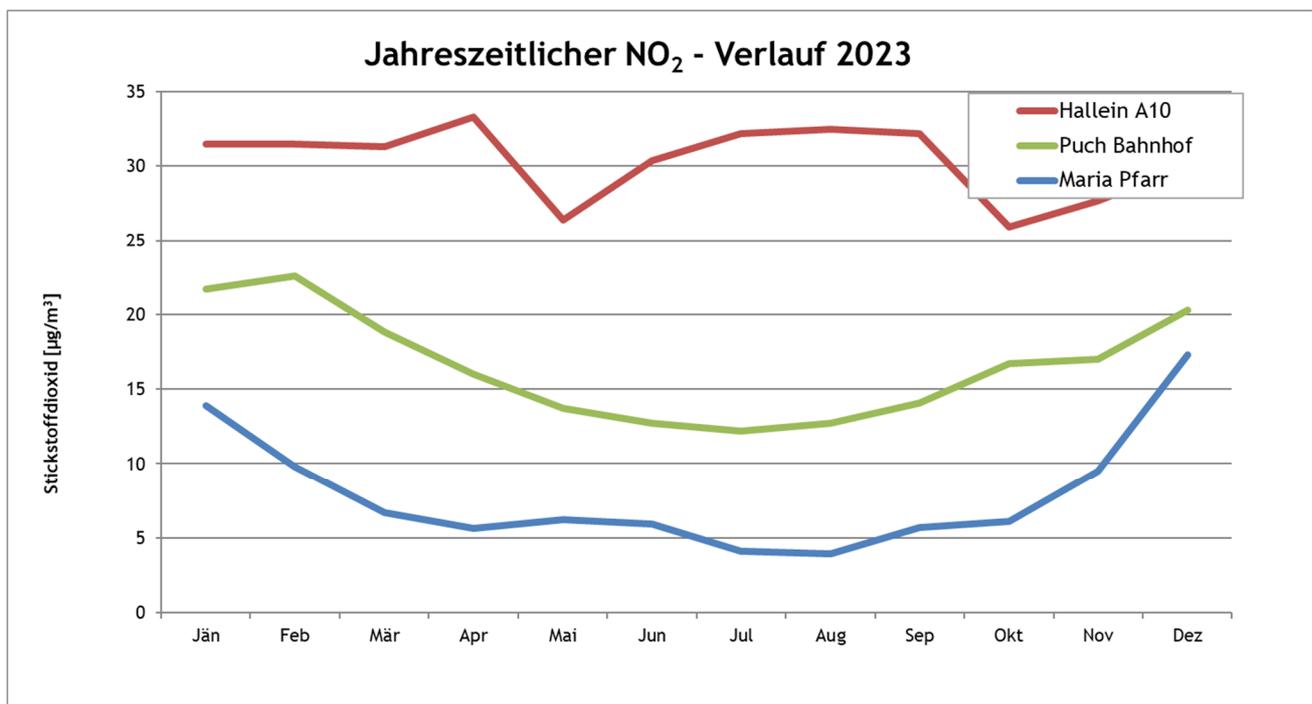


Abbildung 21: Jahreszeitlicher NO<sub>2</sub>-Verlauf