

Luftgüte

Messungen mit NO₂-Passivsammler
Jahresbericht 2024

DI Alexander Kranabetter, DI (FH) Katja Krämer
Abt.5, Natur- und Umweltschutz, Gewerbe, April 2025



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 NO₂-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 2024 wurden im Land Salzburg an 60 Standorten NO₂-Messungen mittels Passivsammler durchgeführt. Die gemessenen NO₂-Konzentrationsbereiche (als Jahresmittelwerte) lagen dabei zwischen 5 bis 25 µg/m³. Damit liegen alle Werte deutlich unter dem aktuellen Grenzwert des Immissionsschutzgesetz-Luft (35 µg/m³) sowie unter der unteren Beurteilungsschranke (26 µg/m³) des EU-Grenzwertes (40 µg/m³).

Gegenüber dem Jahr 2023 wurde landesweit damit wiederum ein leichter Rückgang der Stickstoffdioxidwerte beobachtet. Die NO_x-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	17
3.2.7	Pongau	18
3.2.8	Pongau - Messstandorte	19
3.2.9	Pinzgau	20
3.2.10	Pinzgau - Messstandorte	21
3.2.11	Lungau	22
3.2.12	Lungau - Messstandorte	23
3.3	Meteorologie	24
4	Diskussion	27
4.1	Trend der Stickstoffdioxidkonzentrationen	27
4.2	Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen	28

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 (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. 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 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 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 ^{*)}	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 ₂ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Beschreibung
I	≤ 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 Paumannpark) mit unterschiedlich hohen 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 NO_2 -Passivsammlern mit erfasst. Einen weiteren Einfluss hat die chemische Reaktion von Stickstoffmonoxid (NO) mit Ozon (O_3) innerhalb des Sammlers, welcher bis zu 25 % betragen kann (Quelle: *Biases in the Measurement of Ambient Nitrogen Dioxide (NO_2) by Palmes Passive Diffusion Tube: A Review of Current Understanding*, Atmosphere 2019).

Die Monatsmittelwerte der 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 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.

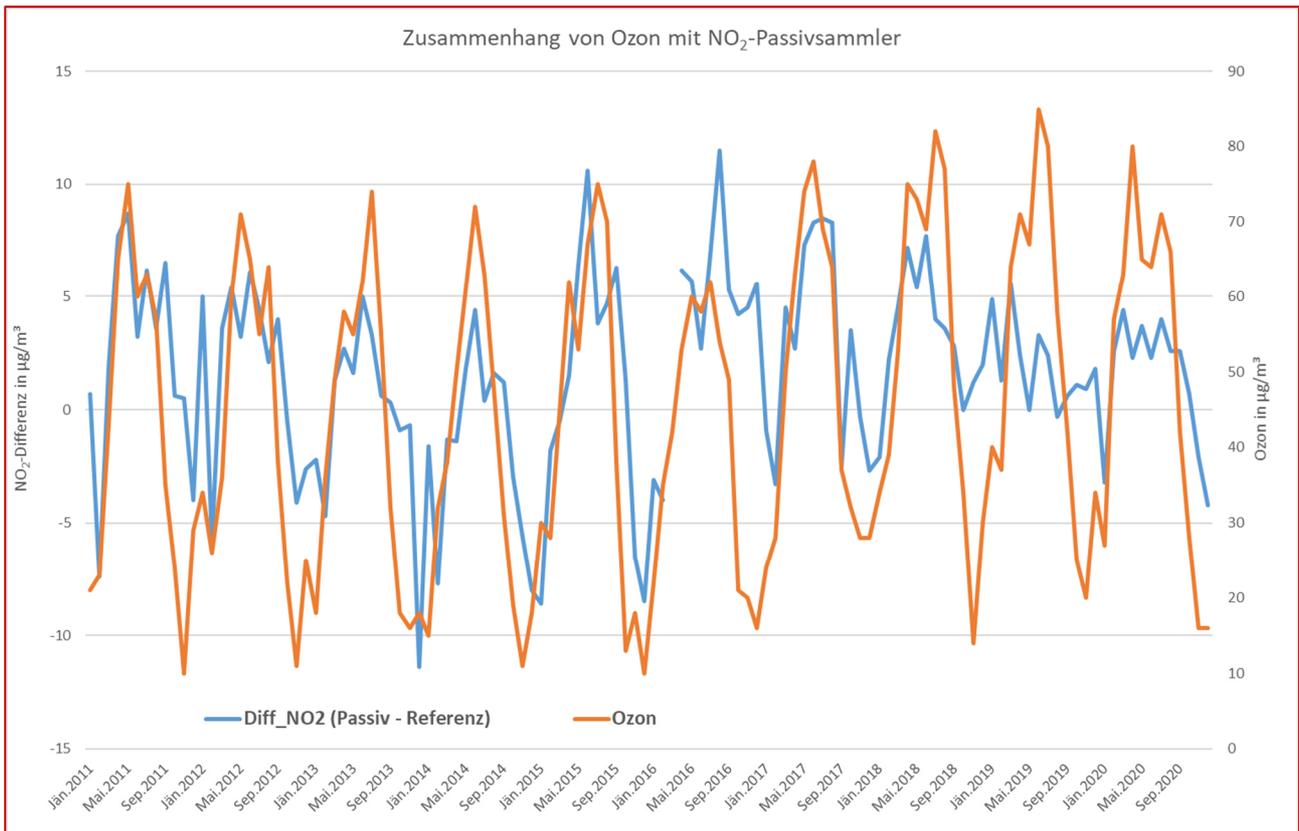


Abbildung 3: Einfluss von Ozon auf die Monatsmittelwerte vom Passivsammler am verkehrsnahen Rudolfsplatz

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 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 2024 lag diese Differenz bei $- 0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Auswertung mit dem "Äquivalenz Test" ergab eine erweiterte relative Messunsicherheit von 14,44 % für das Jahr 2024, welche die geforderte Messunsicherheit von 15 % für ortsfeste Messungen einhält.

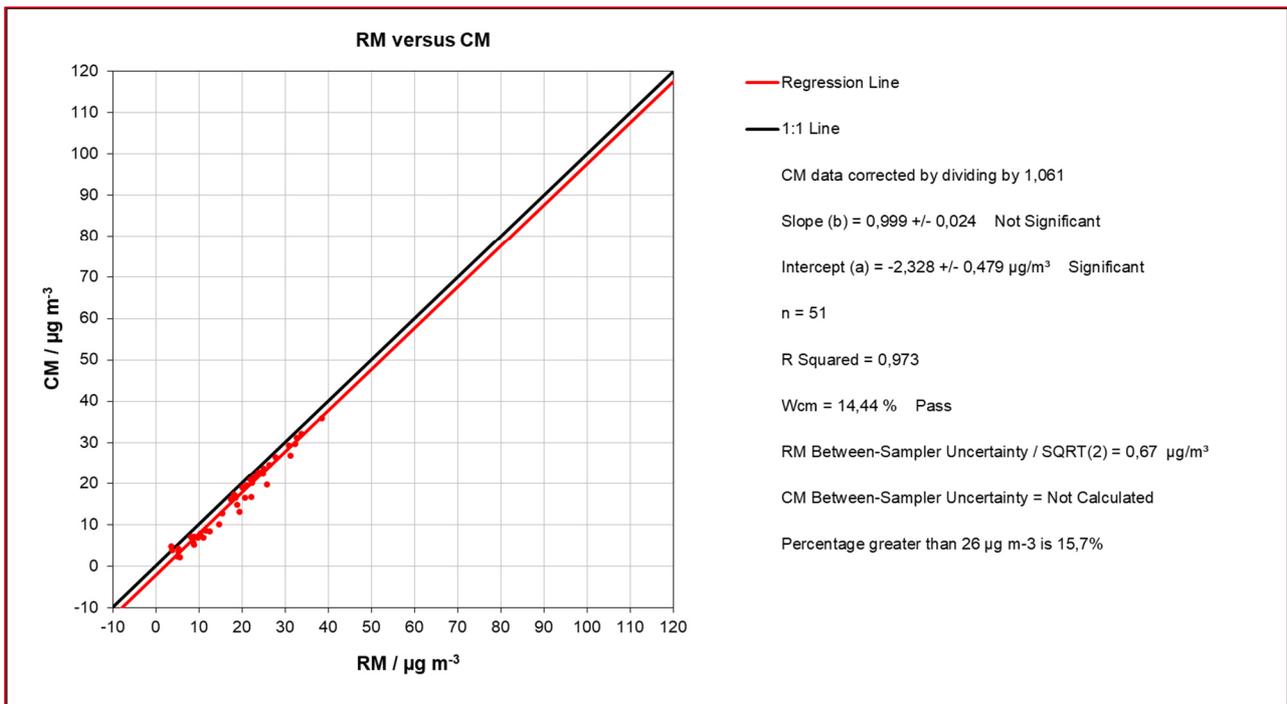


Abbildung 4: Ergebnis nach Auswertung mit dem „Äquivalenz Tool V30“ (Orthogonal regression and equivalence test utility)

In nachfolgender Abbildung werden die Jahresmittelwerte der Passivsammler und des Referenzverfahren (Chemilumineszenz) gegenübergestellt. Wie ersichtlich passen im Jahr 2024 die Werte bei höheren NO₂-Konzentration gut zusammen. Niedrige Konzentrationen werden hingegen vom Passivsammler etwas unterschätzt.

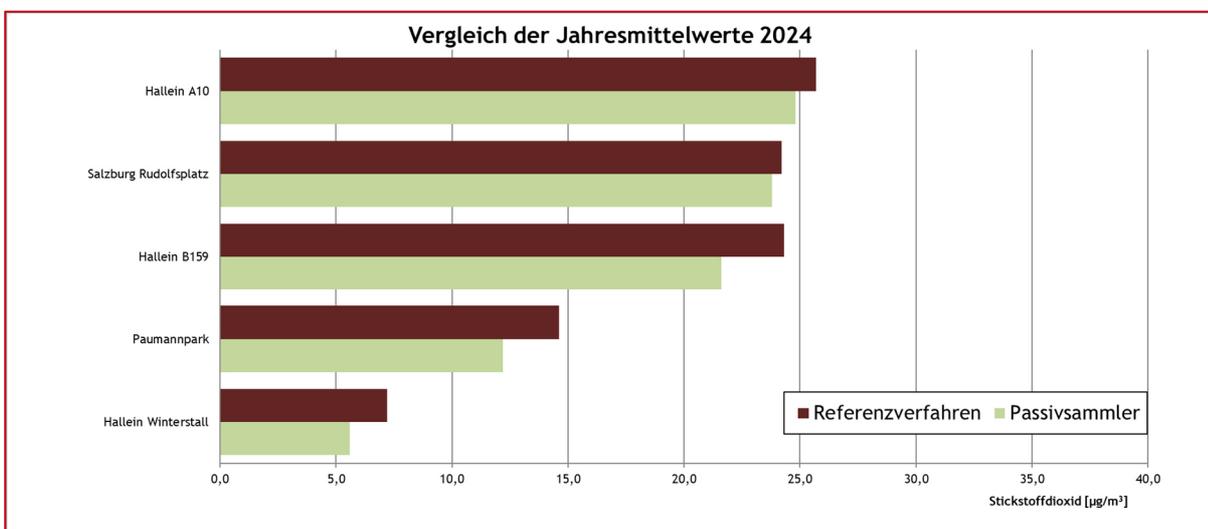


Abbildung 5: Vergleich Passivsammler zu Referenzverfahren

3 Ergebnisse

Die Messergebnisse in Abbildung 6 zeigen, dass alle Messstationen in der Klasse I (< untere Beurteilungsschranke) liegen. Dies ist im Jahr 2024 erstmals der Fall. In den restlichen Klassen II, III und IV lag im Jahr 2024 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 einigen Messstellen lag die Datenverfügbarkeit unter 90 %. Diese Stationen sind mit einem „*“ gekennzeichnet.

Tabelle 3: JMW NO₂ Gesamt- Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Mariapfarr Zentrum	Lungau	Wohngebiet	5	100	I
2	Hallein Winterstall	Tennengau	ländlicher Hintergrund	6	91	I
3	Tamsweg Krankenhaus	Lungau	Wohngebiet	6	100	I
4	Weissbachkalk Gramler	Pinzgau	Wohngebiet, industrienah	7	92	I
5	Lend Buchberg	Pinzgau	industrienah	8	92	I
6	Hallein Steinbachbauer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	8	91	I
7	Golling Kaindsiedlung	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	9	91	I
8	Hallein Kraihammer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	9	91	I
9	Weissbachkalk Bruecke	Pinzgau	industrienah	9	92	I
10	Grödig Goisweg	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	9	91	I
11	Bad Vigaun Kurzentrum	Tennengau	regionaler Hintergrund	9	91	I
12	Grödig Gartenau St.Leonhard	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	9	91	I
13	Saalfelden Försterweg	Pinzgau	städtischer Hintergrund	9	100	I
14	Wals Ortsrand*	Flachgau	städtischer Hintergrund	10	82	I
15	Salzburg Herrnau*	Stadt Salzburg	Wohngebiet	10	84	I
16	St.Michael Wastlwirt	Lungau	Wohngebiet	10	100	I
17	Bischofshofen Friedhof	Pongau	regionaler Hintergrund	11	92	I
18	Bad Hofgastein Kurpark	Pongau	regionaler Hintergrund	11	92	I
19	Salzburg Gnigl Sportplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet	11	92	I
20	Hallein Solvay-Halvic-Straße	Tennengau	industrienah	11	91	I
21	Radstadt Feuerwehr	Pongau	Wohngebiet	11	92	I
22	Kuchl Altersheim	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	11	91	I
23	Eugendorf Feuerwehr	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	12	92	I

24	Paumannpark	Stadt Salzburg	städtischer Hintergrund	12	100	I
25	Puch Bahnhof	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	13	91	I
26	Hallein Birkenweg	Tennengau	städtischer Hintergrund	13	100	I
27	Saalbach Rotes Kreuz	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	14	92	I
28	Schwarzparkstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet	14	92	I
29	Bergheim Plainwiesenweg	Flachgau	Wohngebiet, autobahnnah	14	92	I
30	Paris-Lodron-Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	15	92	I
31	St.Michael Autobahnmeisterei	Lungau	autobahnnah	15	100	I
32	Salzburg Flughafen*	Stadt Salzburg	verkehrsnah	15	74	I
33	Zell am See Gemeinde	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	15	92	I
34	Münchner Bundesstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	16	100	I
35	Salzburg Emil-Kofler-Gasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	16	92	I
36	Hallein Burgfried	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	91	I
37	St.Veit Marktplatz*	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	17	83	I
38	Lehener Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	17	92	I
39	Schmiedingerstraße 51	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	17	100	I
40	Bergheim Siggerwiesen*	Flachgau	verkehrsnah	17	82	I
41	Schmiedingerstraße 2	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
42	Eugendorf Bundesstraße*	Flachgau	verkehrsnah	18	82	I
43	Salzburg ASFINAG*	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	18	84	I
44	Salzburg Eichpointweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	18	100	I
45	Hubertusweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	18	100	I
46	Bergheim L118 Parkplatz*	Flachgau	verkehrsnah	19	82	I
47	Radstadt Bundesstraße	Pongau	verkehrsnah	19	92	I
48	Salzburg Hildmannplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
49	Golling Zentrum	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	20	91	I
50	Sinnhubstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
51	Salzburg B1	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	21	92	I
52	Hallein B159*	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	22	88	I
53	Saalfelden Kaiserallee	Pinzgau	verkehrsnah	23	100	I
54	Schiesstattstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	23	92	I
55	Kuchl A10*	Tennengau	autobahnnah	23	84	I
56	Rudolfsplatz	Stadt Salzburg	verkehrsnah	24	100	I
57	Wals Bahnweg	Flachgau	autobahnnah	24	100	I
58	Vogelweiderstraße	Stadt Salzburg	verkehrsnah	25	100	I
59	Hallein A10	Tennengau	autobahnnah	25	91	I
60	Ignaz-Harrer-Straße	Stadt Salzburg	verkehrsnah	25	100	I

*) Datenverfügbarkeit < 90%

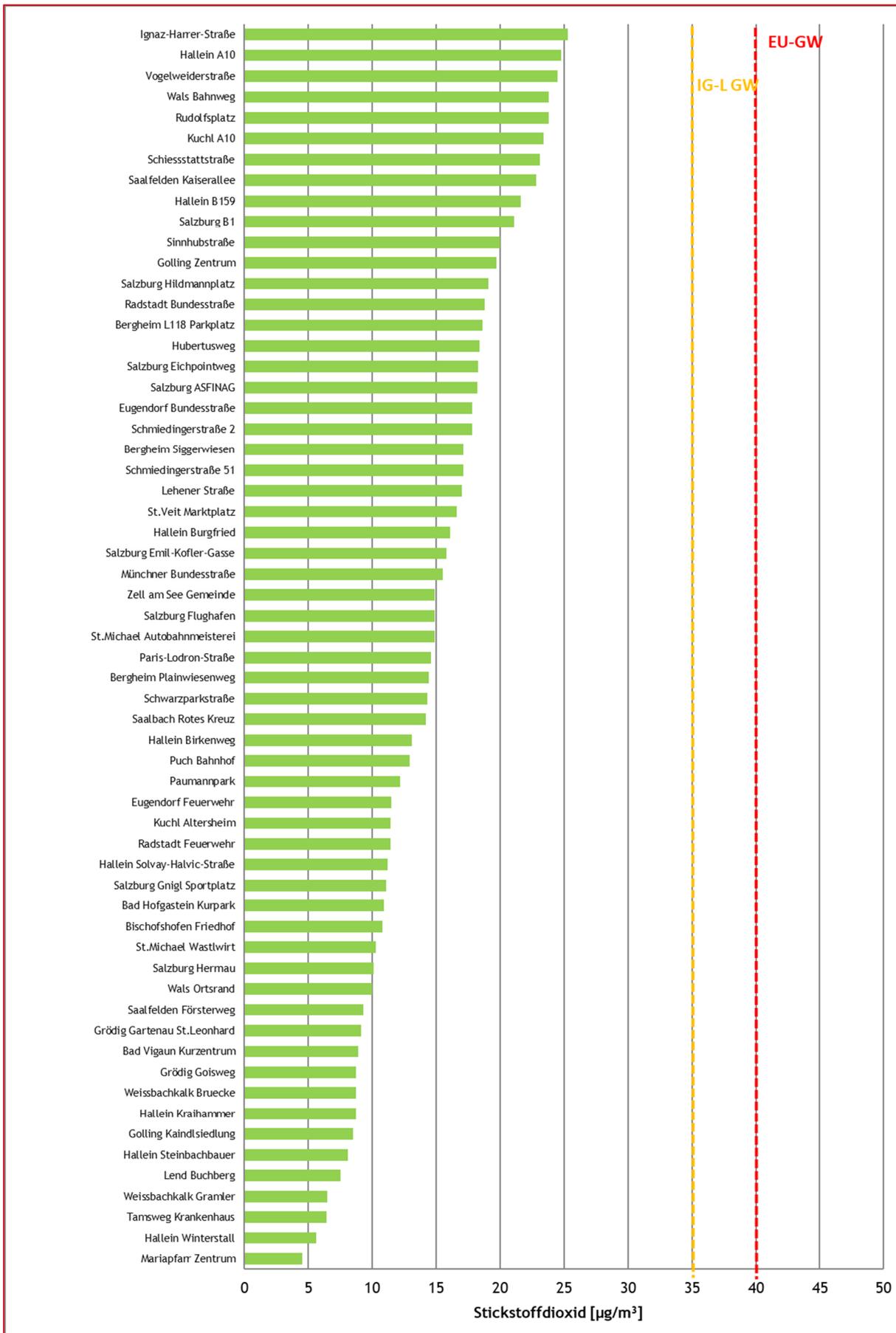


Abbildung 6: Ergebnisse der Passivsammler 2024

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 aufgestellt wurden. Alle Standorte liegen in der Klasse I und unterschreiten deutlich den IG-L Grenzwert ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wie auch den EU-Grenzwert ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 4: JMW NO₂ Stadt Salzburg - Klasseneinteilung

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
Salzburg Herrnau	Stadt Salzburg	Wohngebiet	10	84	I
Salzburg Gnigl Sportplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet	11	92	I
Paumannpark	Stadt Salzburg	städtischer Hintergrund	12	100	I
Schwarzparkstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet	14	92	I
Paris-Lodron-Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	15	92	I
Salzburg Flughafen	Stadt Salzburg	verkehrsnah	15	74	I
Münchner Bundesstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	16	100	I
Salzburg Emil-Kofler-Gasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	16	92	I
Lehener Straße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	17	92	I
Schmiedingerstraße 51	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	17	100	I
Schmiedingerstraße 2	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
Salzburg ASFINAG	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	18	84	I
Salzburg Eichpointweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	18	100	I
Hubertusweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	18	100	I
Salzburg Hildmannplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
Sinnhubstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
Salzburg B1	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	21	92	I
Schiesstattstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	23	92	I
Rudolfplatz	Stadt Salzburg	verkehrsnah	24	100	I
Vogelweiderstraße	Stadt Salzburg	verkehrsnah	25	100	I
Ignaz-Harrer-Straße	Stadt Salzburg	verkehrsnah	25	100	I

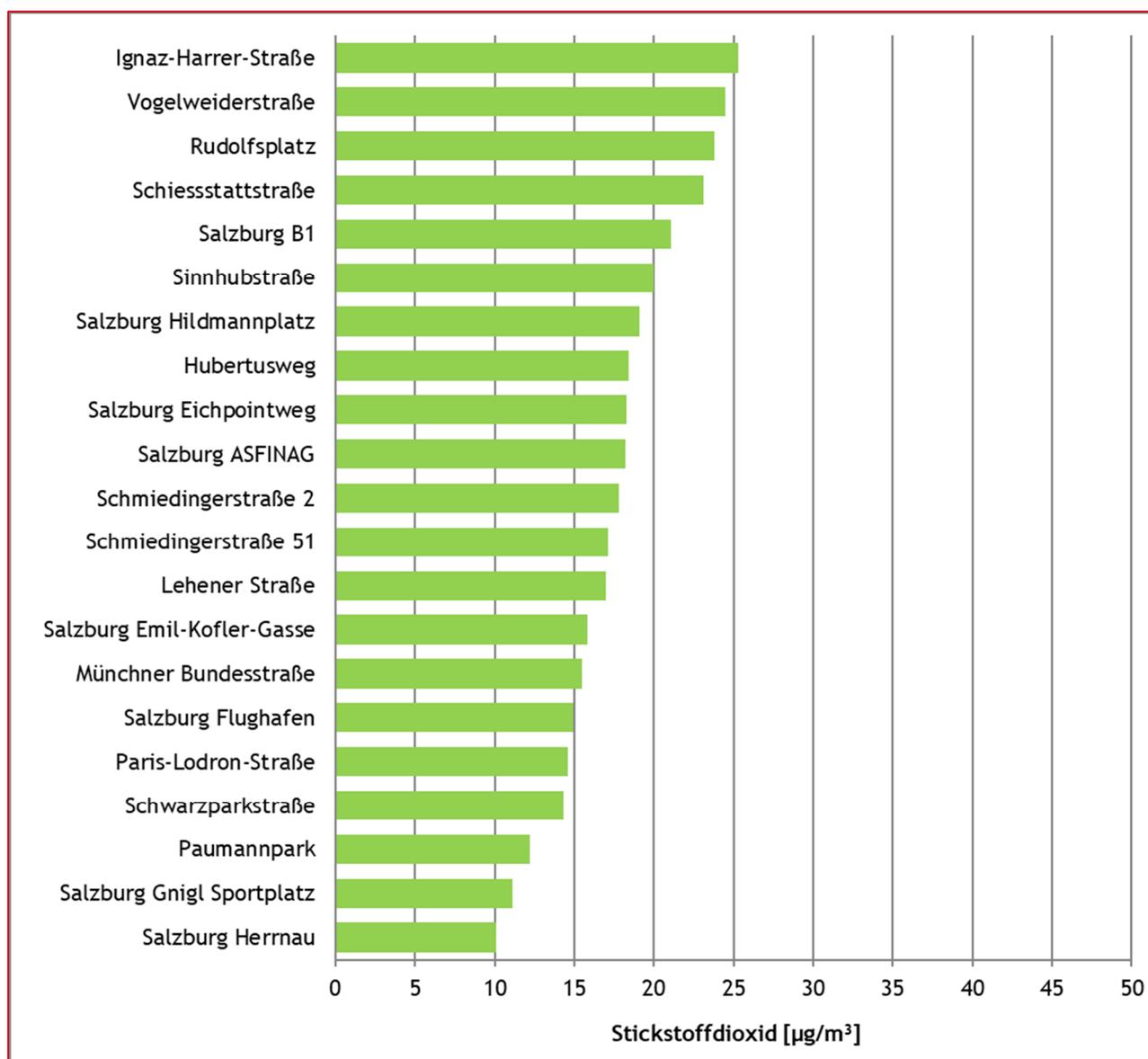


Abbildung 7: Ergebnisse Passivsammler Stadt Salzburg

3.2.2 Stadt Salzburg - Messstandorte

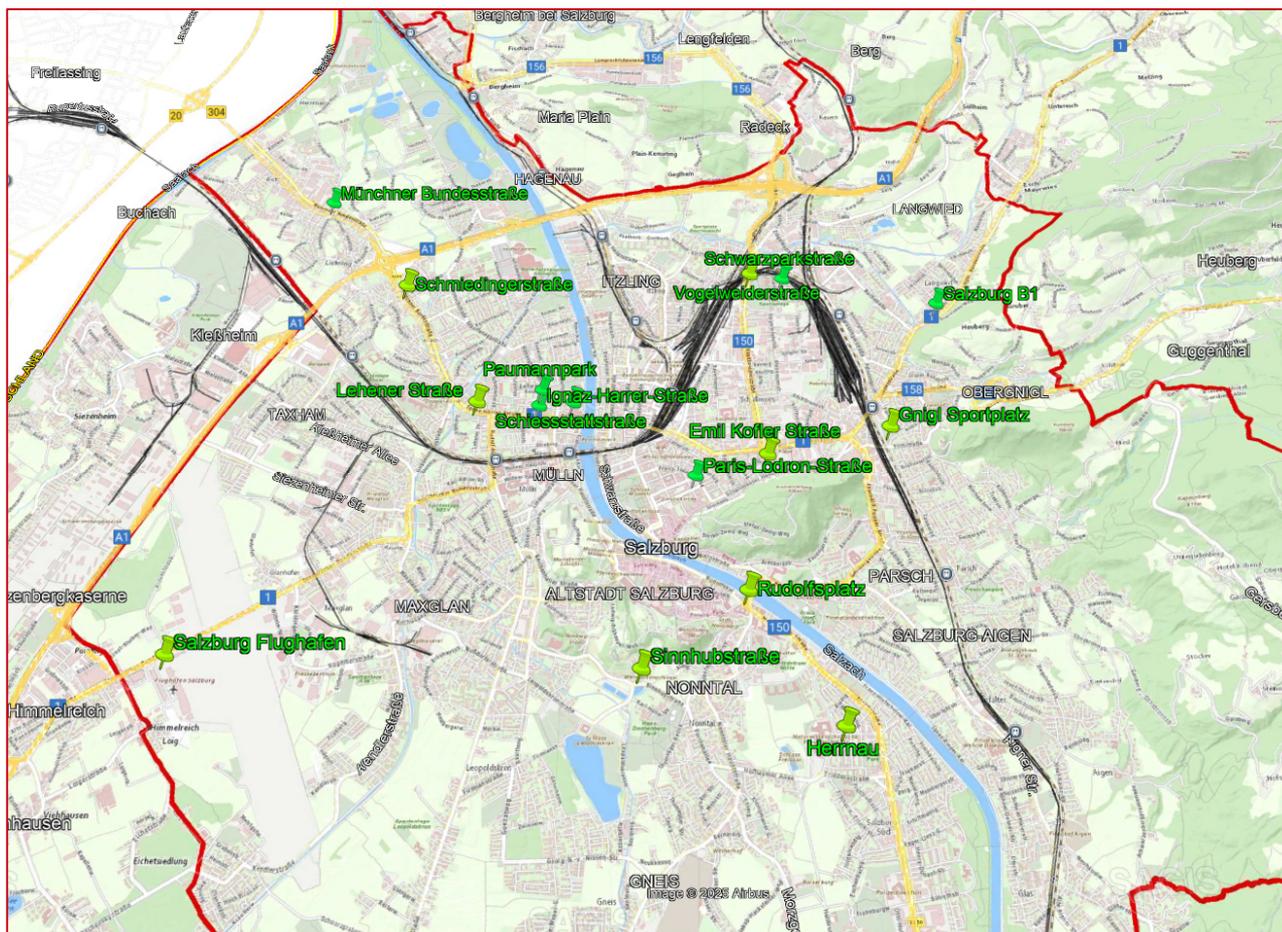


Abbildung 8: Messstandorte Passivsammler Stadt Salzburg

3.2.3 Flachgau

Im Bezirk Flachgau wurden in Summe 9 Passivsammler aufgestellt. Diese befinden sich in Wohn- und Industriegebieten, sowie an Bundesstraßen und in der Nähe der Salzburger Stadtautobahn. Alle Standorte liegen in der Klasse I und unterschreiten deutlich den IG-L Grenzwert ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wie auch den EU-Grenzwert ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 5: JMW NO₂ Flachgau - Klasseneinteilung

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
Grödig Goisweg	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	9	91	I
Grödig Gartenau St.Leonhard	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	9	91	I
Wals Ortsrand	Flachgau	städtischer Hintergrund	10	82	I
Eugendorf Feuerwehr	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	12	92	I
Bergheim Plainwiesenweg	Flachgau	Wohngebiet, autobahnnah	14	92	I
Bergheim Siggerwiesen	Flachgau	verkehrsnah	17	82	I
Eugendorf Bundesstrasse	Flachgau	verkehrsnah	18	82	I
Bergheim L118 Parkplatz	Flachgau	verkehrsnah	19	82	I
Wals Bahnweg	Flachgau	autobahnnah	24	100	I

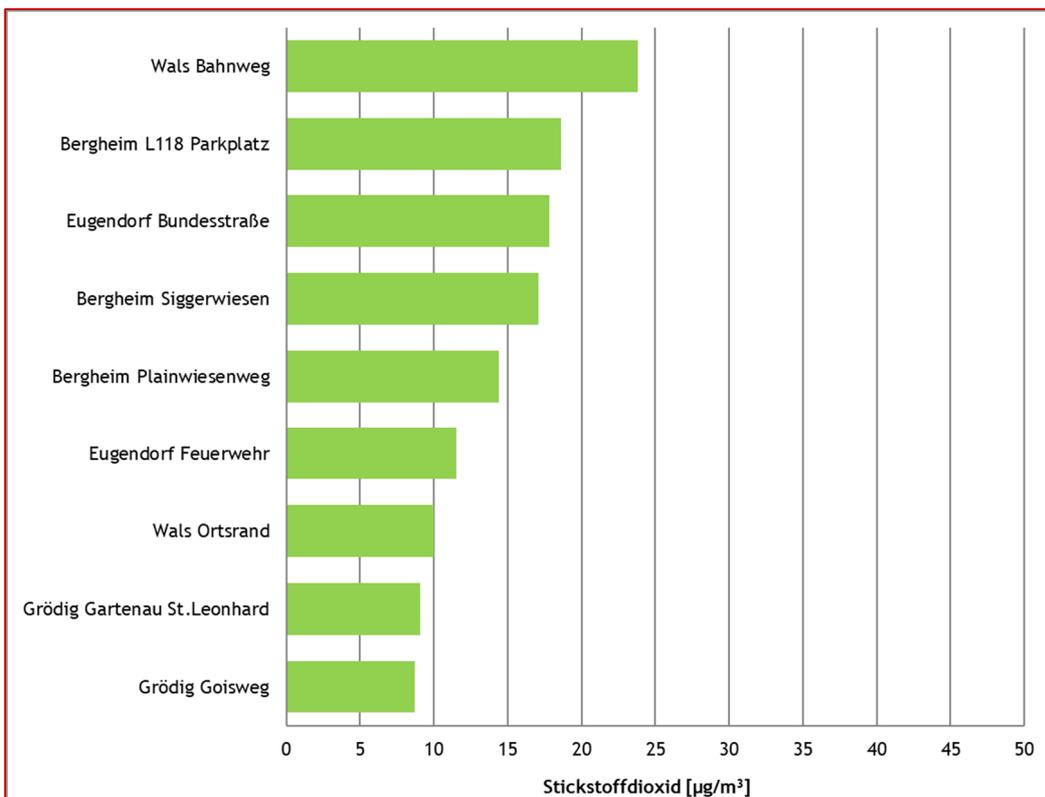


Abbildung 9: Ergebnisse Passivsammler Flachgau

3.2.4 Flachgau - Messstandorte

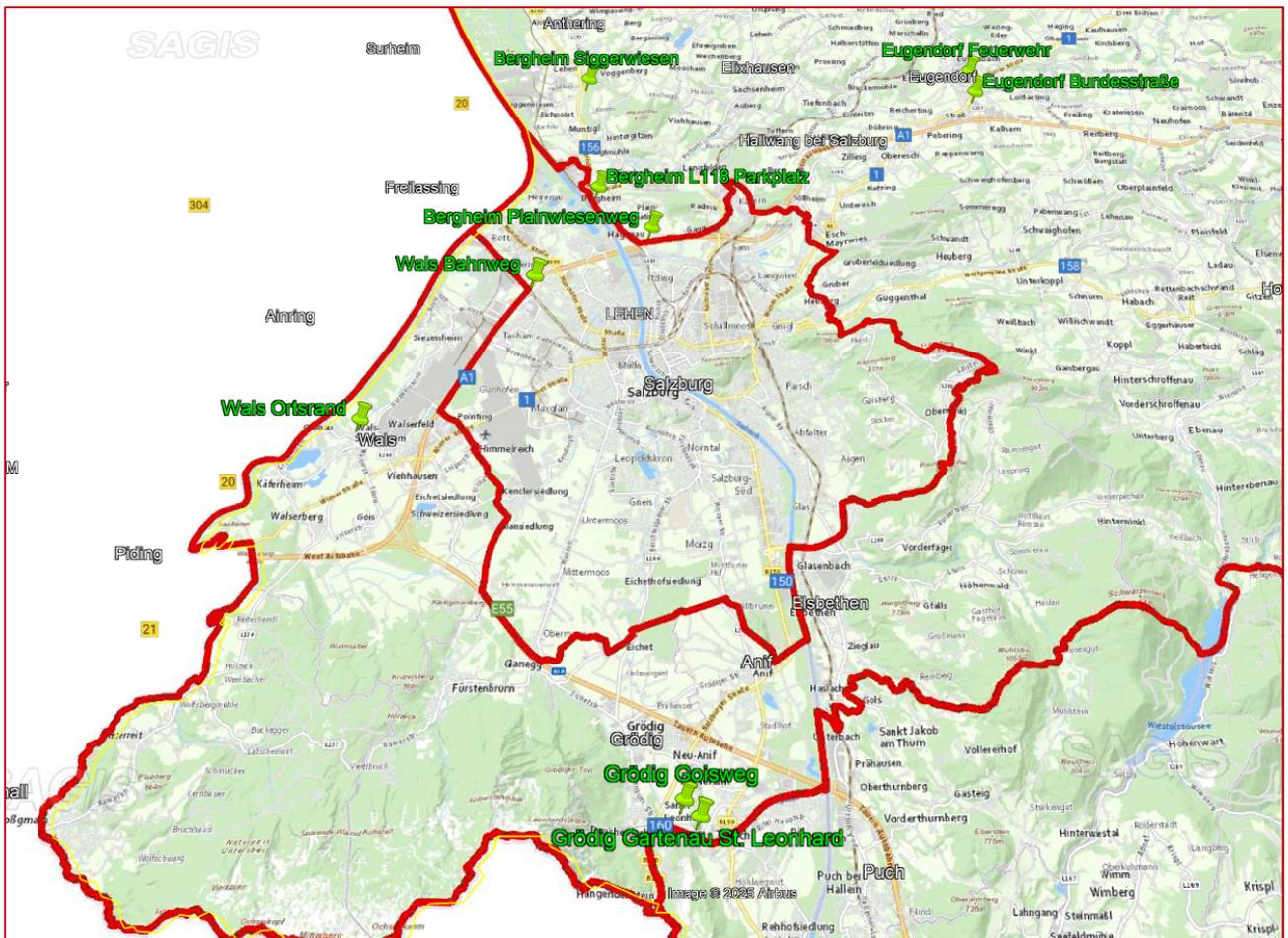


Abbildung 10: Messstandorte Passivsammler Flachgau

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. Alle Standorte liegen in der Klasse I und unterschreiten deutlich den IG-L Grenzwert ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wie auch den EU-Grenzwert ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 6: JMW NO_2 Tennengau - Klasseneinteilung

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
Hallein Winterstall	Tennengau	ländlicher Hintergrund	6	91	I
Hallein Steinbachbauer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	8	91	I
Golling Kaindsiedlung	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	9	91	I
Hallein Kraihammer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	9	91	I
Bad Vigaun Kurzentrum	Tennengau	regionaler Hintergrund	9	91	I
Hallein Solvay-Halvic-Straße	Tennengau	industrienah	11	91	I
Kuchl Altersheim	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	11	91	I
Puch Bahnhof	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	13	91	I
Hallein Birkenweg	Tennengau	städtischer Hintergrund	13	100	I
Hallein Burgfried	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	91	I
Golling Zentrum	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	20	91	I
Hallein B159	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	22	88	I
Kuchl A10	Tennengau	autobahnnah	23	84	I
Hallein A10	Tennengau	autobahnnah	25	91	I

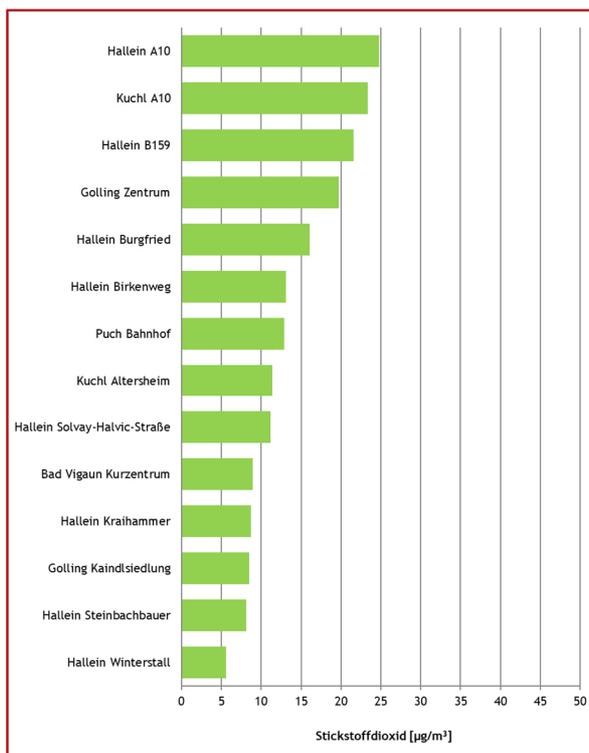


Abbildung 11: Ergebnisse Passivsammler Tennengau

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 Immissionsituation in Kurorten. Alle Standorte liegen in der Klasse I und unterschreiten deutlich den IG-L Grenzwert ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wie auch den EU-Grenzwert ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 7: JMW NO_2 Pongau - Klasseneinteilung

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
Bischofshofen Friedhof	Pongau	regionaler Hintergrund	11	92	I
Bad Hofgastein Kurpark	Pongau	regionaler Hintergrund	11	92	I
Radstadt Feuerwehr	Pongau	Wohngebiet	11	92	I
St.Veit Marktplatz	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	17	83	I
Radstadt Bundesstraße	Pongau	verkehrsnah	19	92	I

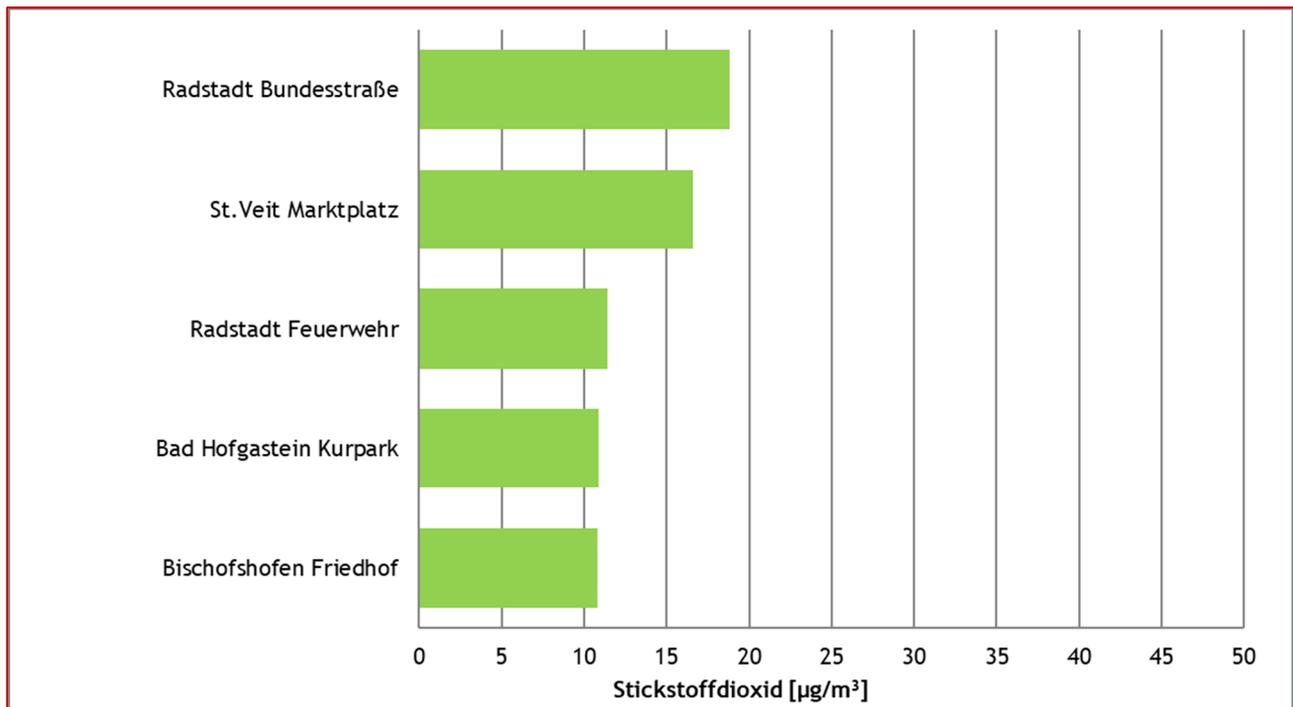


Abbildung 13: Ergebnisse Passivsammler Pongau

3.2.8 Pongau - Messstandorte

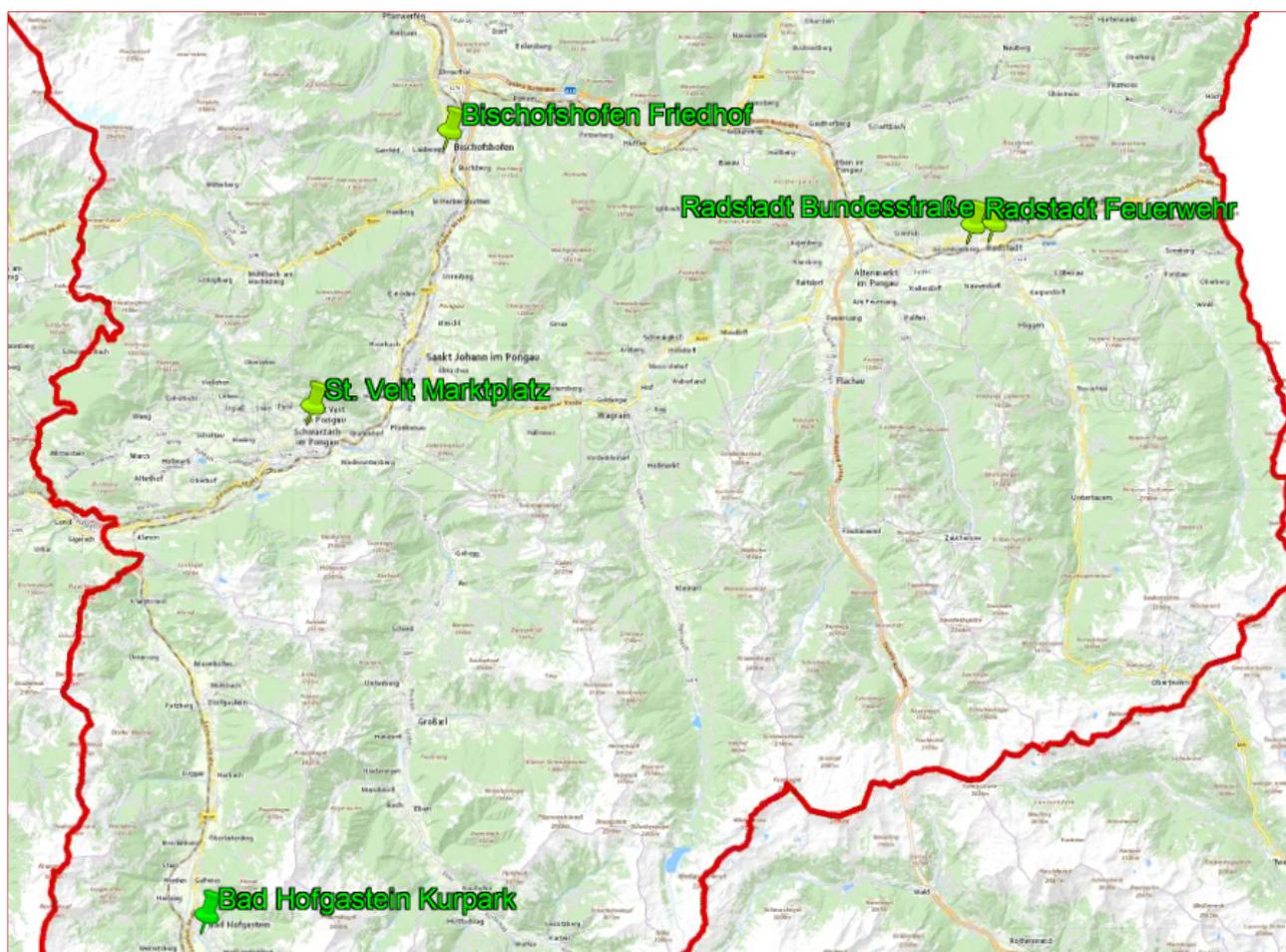


Abbildung 14: Messstandorte Passivsammler Pongau

3.2.9 Pinzgau

Die sieben Messstationen im Pinzgau sind zumeist in Wohngebieten, verkehrsnah bzw. industrienah situiert. Alle Standorte liegen in der Klasse I und unterschreiten deutlich den IG-L Grenzwert ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wie auch den EU-Grenzwert ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 8: JMW NO_2 Pinzgau - Klasseneinteilung

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
Weissbachkalk Gramler	Pinzgau	Wohngebiet, industrienah	7	92	I
Lend Buchberg	Pinzgau	industrienah	8	92	I
Weissbachkalk Bruecke	Pinzgau	industrienah	9	92	I
Saalfelden Försterweg	Pinzgau	städtischer Hintergrund	9	100	I
Saalbach Rotes Kreuz	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	14	92	I
Zell am See Gemeinde	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	15	92	I
Saalfelden Kaiserallee	Pinzgau	verkehrsnah	23	100	I

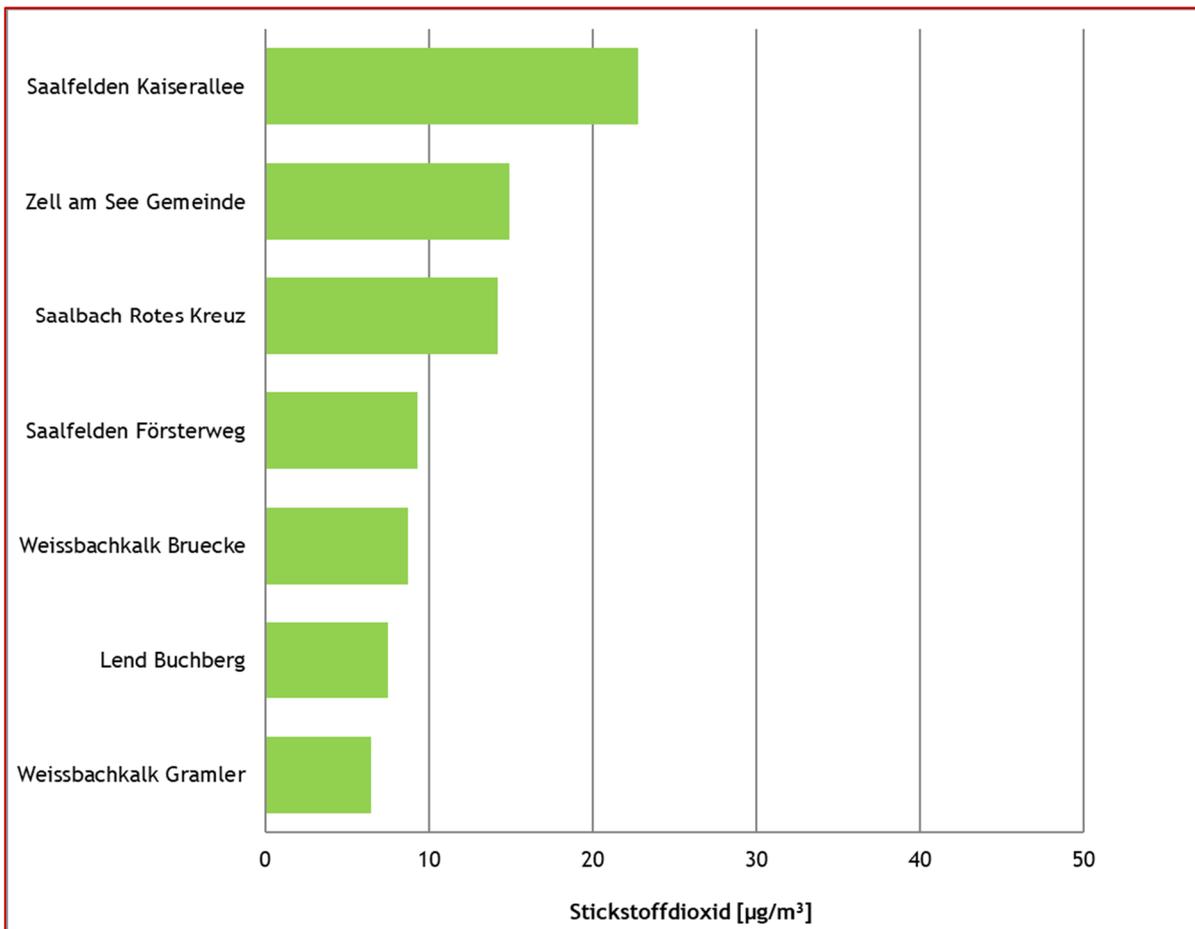


Abbildung 15: Ergebnisse Passivsammler Pinzgau

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. Alle Standorte liegen in der Klasse I und unterschreiten deutlich den IG-L Grenzwert ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wie auch den EU-Grenzwert ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tabelle 9: JMW NO₂ Lungau - Klasseneinteilung

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
Mariapfarr Zentrum	Lungau	Wohngebiet	5	100	I
Tamsweg Krankenhaus	Lungau	Wohngebiet	6	100	I
St.Michael Wastlwirt	Lungau	Wohngebiet	10	100	I
St.Michael Autobahnmeisterei	Lungau	autobahnnah	15	100	I

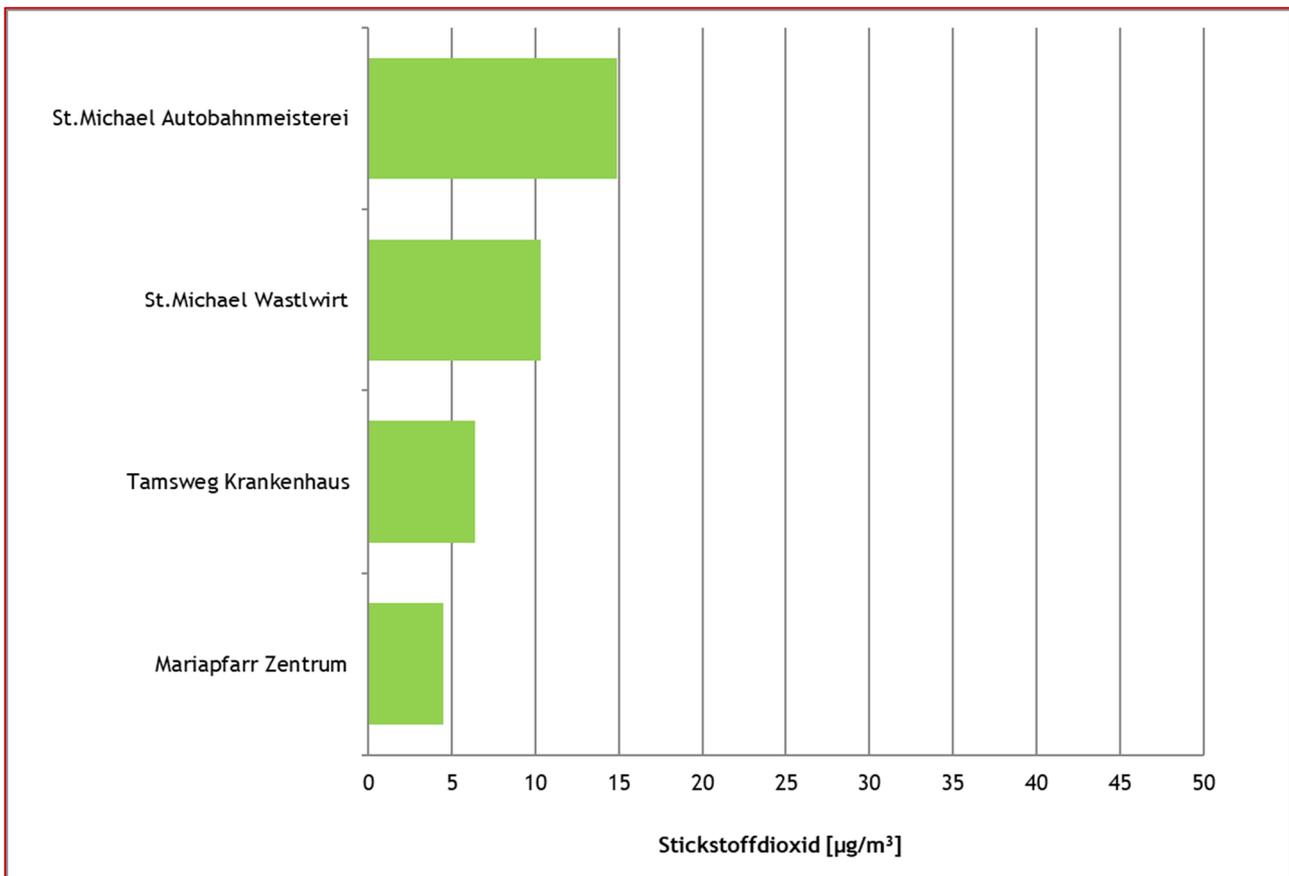


Abbildung 17: Ergebnisse Passivsammler Lungau

3.2.12 Lungau - Messstandorte

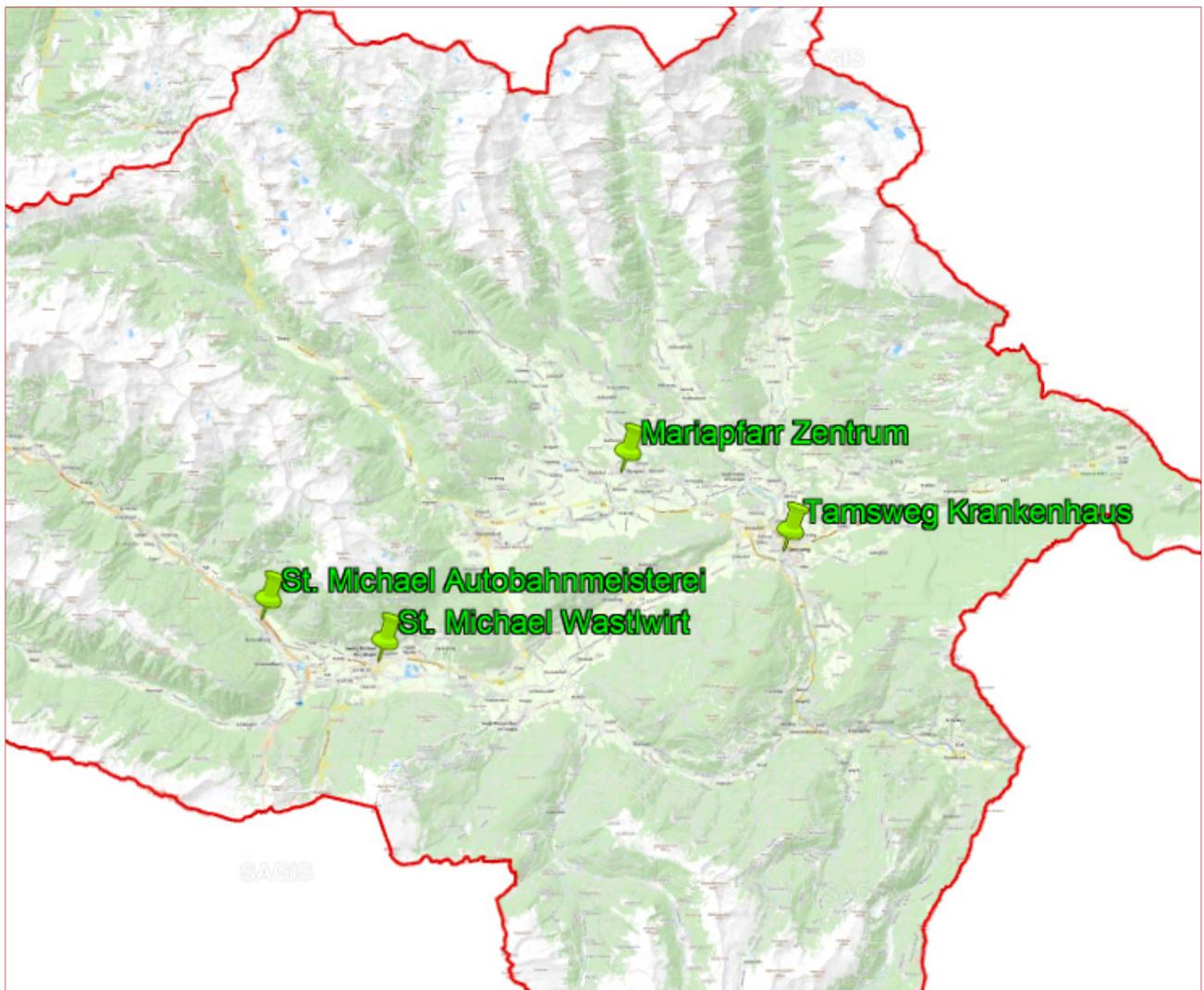


Abbildung 18: Messstandorte Passivsammler Lungau

3.3 Meteorologie

Nachfolgende Grafik stellt den Temperaturverlauf 2024 im Vergleich zum langjährigen Mittel dar.

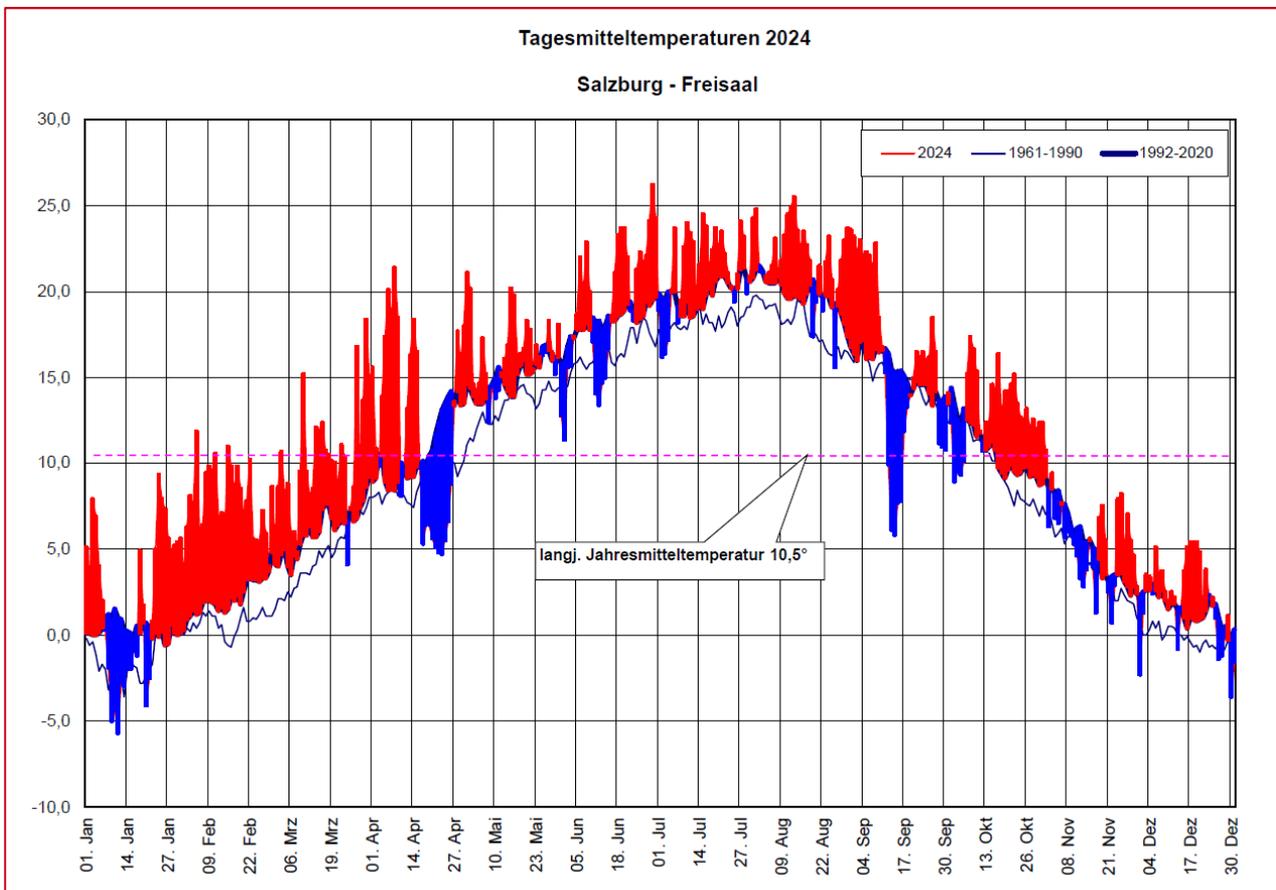


Abbildung 19: Temperaturverlauf 2024 im Vergleich zum langjährigen Mittel

Das Jahr 2024 war das bisher wärmste Jahr seit es Messungen der ZAMG gibt. Die **Jahresmitteltemperatur** lag an den Messstellen im Land Salzburg 2024 um 1,1 bis 2,0 °C über dem langjährigen Klimawert der Vergleichsperiode 1991 bis 2020.

Besonders warm war es im Februar und März, wobei beide Monate die wärmsten waren, seit es Messungen gibt. Von Jänner bis August und im Oktober war es im ganzen Land wärmer als im Klimamittel der Vergleichsperiode 1991 bis 2020. Eine im ganzen Land unterdurchschnittliche Monatsmitteltemperatur gab es in keinem Monat, im November war es aber verbreitet kühler als im Klimamittel.

Die **Niederschlagsmenge** war im Land unterschiedlich verteilt. Die geringste Niederschlagsmenge wurde in Obertauern mit 88 % des langjährigen Durchschnitts und in Bad Gastein mit 95 % des Klimamittels gemessen, am meisten Niederschlag gab es in Krimml mit 121 % des Klimamittels der

Vergleichsperiode 1991 bis 2020. Ausgesprochen trocken war es im November. Überdurchschnittlichen Niederschlag im ganzen Land gab es im Mai und vor allem im September.

Die **Sonne** schien verbreitet gleich lange wie im Vergleich zum langjährigen Mittel. Die Spanne der relativen Sonnenscheindauer reicht von 93 % in Mariapfarr bis 108 % der Klimawerte in Zell am See. Sehr sonnig präsentierte sich der August. Unterdurchschnittlichen Sonnenschein im ganzen Land wiesen die Monate März und Juni auf.

Witterungsverlauf:

Der **Jänner** verlief zu Beginn und am Ende relativ mild. In der Monatsmitte gab es eine relativ kalte Witterung mit zeitweise Niederschlag. Sonniges Wetter mit Frost in den Nächten und tagsüber relativ milder Luft gab es in der letzten Woche des Monats.

Der **Februar** war der wärmste seit es Messungen gibt. Den ganzen Monat hindurch gab es ein zum Teil deutlich überdurchschnittliches Temperaturniveau. Die Sonnenscheindauer entsprach zum Teil dem Klimamittel, zum Teil gab es eine unterdurchschnittliche Sonnenscheindauer.

Der **März** war ebenfalls der wärmste seit es Messungen gibt. Es gab fast durchgehend eine relativ milde Witterung mit meist nur einer geringen Niederschlagsmenge. Nur selten und lokal gab es stärkeren Niederschlag. Am Monatsende war die Konzentration von Saharastaub in der Luft durch eine stürmische Südströmung hoch.

Im **April** gab zum Monatsbeginn und Monatsende zum Teil sommerlich warmes Wetter, dazwischen zehn Tage lang eine kühle Witterung mit Schneefall zum Teil bis in die Niederungen. Die Temperaturen lagen über dem Klimamittel, der Niederschlag im Klimamittel.

Im **Mai** gab es bis über die Monatsmitte eine meist warme Witterung, in der zweiten Monatshälfte gestaltete sich die Witterung wechselhaft mit häufigen Regenschauern und Gewitter. In Summe gab es überdurchschnittlichen Niederschlag.

Der **Juni** gestaltete sich warm und wechselhaft. Vor allem zu Beginn und in der Mitte des Monats gab es ein paar kühle Tage, in der Mitte und am Monatsende ein paar Tage mit Hitze. In Summe war es ein Monat mit ausgeglichenen Niederschlagsmengen und unterdurchschnittlichem Sonnenschein.

Im **Juli** gab es meist eine warme Witterung. Nach einem kühlen Monatsbeginn war es vor allem zwischen dem 9. und 20. des Monats sehr warm. Die Niederschlagsverhältnisse waren durch Gewitter lokal stark unterschiedlich. Die Sonnenscheindauer entsprach etwa dem Klimamittel.

Im **August** gab es eine durchgehend sommerlich warme Witterung mit viel Sonnenschein. An den Nachmittagen und Abenden gab es vor allem in den Gebirgsgauen häufig Regenschauer und Gewitter.

Der **September** war vorerst sommerlich warm und oft sonnig. In der Monatsmitte folgte eine kühle und niederschlagsreiche Witterung. Wechselhaft mit durchschnittlichen Verhältnissen verlief das letzte Drittel des Monats.

Der **Oktober** verlief bis über die Monatsmitte wechselhaft mit häufig Niederschlag. Dann folgte eine längere Hochdruckwetterlage mit relativ milder Luft, viel Sonnenschein und zum Teil Hochnebel und Nebel.

In der ersten Monatshälfte im **November** gab es stabiles Hochdruckwetter mit verbreiteten Inversionen mit eingeschränktem vertikalen Luftaustausch. In der zweiten Monatshälfte gestaltete sich die Witterung wechselhaft. Es war der einzige Monat mit verbreitet unterdurchschnittlichem Temperaturniveau, es gab auch wenig Niederschlag.

Im **Dezember** gab es zum Monatsbeginn und nach Weihnachten vertikal eingeschränkten Luftaustausch durch Inversionswetterlagen. Zwischendurch gestaltete sich die Witterung wechselhaft mit Luftmassen von Westen und Nordwesten her. In den Gebirgsgauen gab es vom 4. Dezember bis zum Monatsende eine zum Teil anhaltende Schneedecke, im Alpenvorland war es meist aper.

4 Diskussion

4.1 Trend der Stickstoffdioxidkonzentrationen

In den letzten 13 Jahren zeichnete sich, wie in *Abbildung 20* dargestellt, ein 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 2024 wurden die niedrigsten Werte seit Messbeginn gemessen. Der Trend von Stickstoffdioxid ist aufgrund der verbesserten Motorentechnik weiterhin fallend.

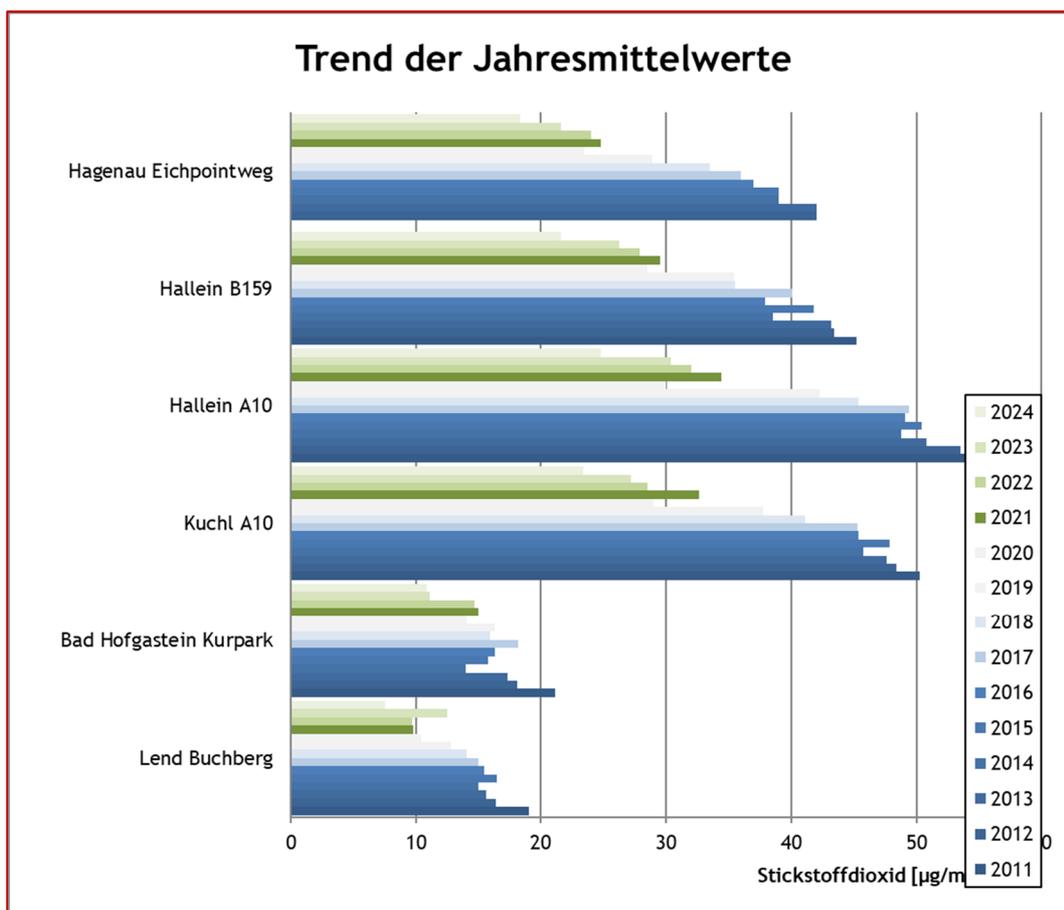


Abbildung 20: Trend der Jahresmittelwerte (2011 - 2024)

4.2 Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen

In *Abbildung 21* ist der jahreszeitliche Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen an drei verschiedenen Standorten für das Jahr 2024 dargestellt. Die Messstelle Saalfelden Försterweg liegt in einem Wohngebiet in Saalfelden, die Messstelle Paumannpark liegt in einem Wohngebiet in der Stadt Salzburg und die Messstelle Rudolfsplatz repräsentiert eine verkehrsnahen Messstelle in der Stadt Salzburg. Alle Messstellen weisen einen typischen jahreszeitlichen Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentration auf. Während der Sommermonate liegt die NO₂-Belastung deutlich niedriger als während der Wintermonate, in denen ungünstigere meteorologische Bedingungen (Inversionen, geringe Windgeschwindigkeiten) herrschen.

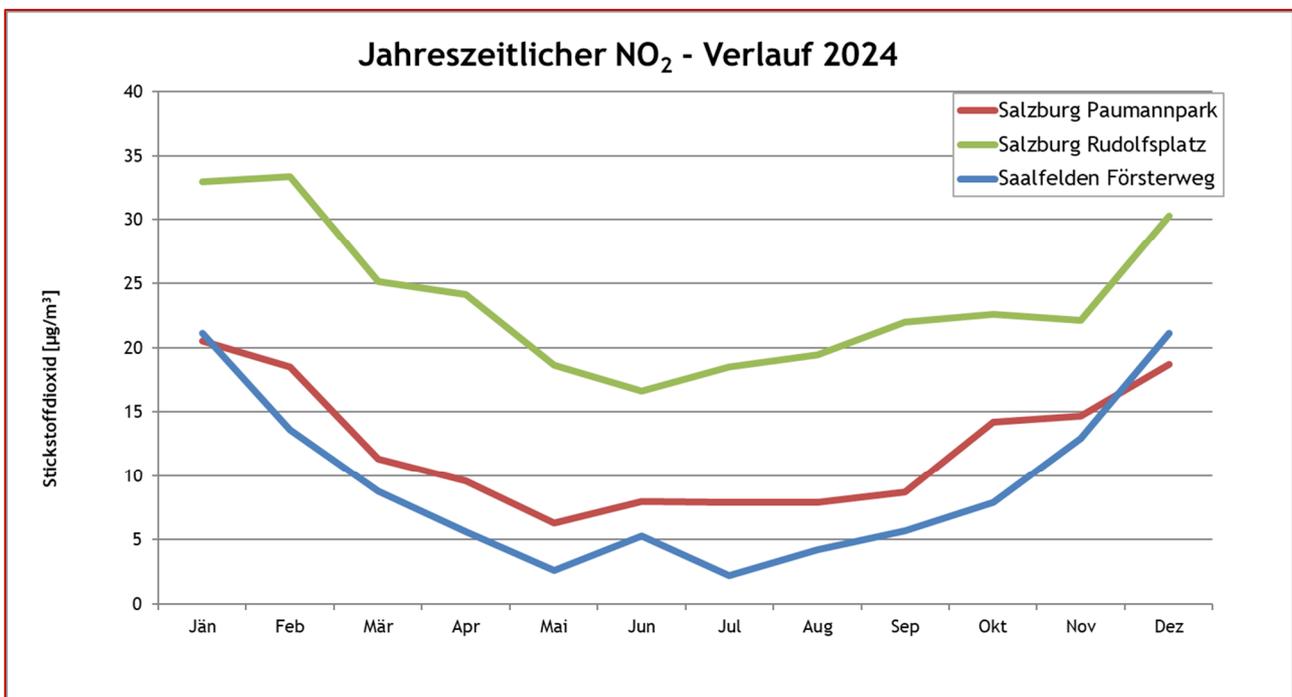


Abbildung 21: Jahreszeitlicher NO₂-Verlauf