

Luftgüte

Messungen mit NO₂-Passivsammler
Jahresbericht 2021

DI Alexander Kranabetter, DI (FH) Katja Krämer
Abt.5, Natur- und Umweltschutz, Gewerbe, Juni 2022

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 Informations System) führt die Umweltschutzabteilung des Landes seit 2010 verstärkt Stickstoffdioxidmessungen mit sogenannten NO₂-Passivsammler durch.

Diese Messungen ergänzen die im Vollzug des gesetzlichen Auftrages des Immissionschutzgesetzes 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 2021 wurden im Land Salzburg an 90 Standorten NO₂-Messungen mittels Passivsammler durchgeführt. Die gemessenen NO₂-Konzentrationsbereiche (als Jahresmittelwerte) lagen dabei zwischen 8 bis 36 µg/m³.

Gegenüber dem Jahr 2020 wurde an den meisten Messstellen ein Gleichbleiben bzw. leichter Anstieg der Stickstoffdioxidwerte beobachtet. Die ist auf die Lockerungen der Covid Maßnahmen im Jahr 2021, die zu einem Anstieg des Verkehrsaufkommens gegenüber 2020 geführt haben, rückzuführen. Der langfristige Trend von Stickstoffdioxid ist aber weiterhin rückläufig. Die NO_x-Emissionen stammen zum Großteil aus dem Straßenverkehr. Die neuesten Dieselmotoren der Abgasklassen ab „EURO 6d“ stoßen nach Bekanntwerden des Dieselskandals nun deutlich weniger Stickstoffoxide aus, was sich auch im langfristigen Trend spiegelt.

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.....	12
3.2.1	Stadt Salzburg	12
3.2.2	Stadt Salzburg - Messstandorte	14
3.2.3	Flachgau.....	15
3.2.4	Flachgau- Messstandorte	17
3.2.5	Tennengau	18
3.2.6	Tennengau -Messstandorte	20
3.2.7	Pongau	21
3.2.8	Pongau - Messstandorte	23
3.2.9	Pinzgau	23
3.2.10	Pinzgau -Messstandorte	26
3.2.11	Lungau	27
3.2.12	Lungau -Messstandorte	28
3.3	Meteorologie	29
4	Diskussion	32
4.1	Trend der Stickstoffdioxidkonzentrationen.....	32
4.2	Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen	33

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 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 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 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 von 25 % zulässig. Die Aufnahme rate der Passivsammler wird jährlich durch Vergleich mit den kontinuierlichen Messungen (Referenzverfahren) von fünf verschiedenen Messstationen (Rudolfsplatz, Hallein A10, Hallein B159, Hallein Winterstall und Salzburg Lehener Park) mit unterschiedlich hohen NO₂-Konzentrationen neu bestimmt. Es werden dabei monatlich Parallelmessungen mit kontinuierlichen Messgeräten des Luftgütemessnetzes und den Passivröhrchen durchgeführt.

Die Aufnahme rate 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 NO₂-Passivsammler miterfasst. Einen weiteren Einfluss hat die chemische Reaktion von Stickstoffmonoxid (NO) mit Ozon (O₃) innerhalb des Sammlers, welcher bis zu 25 % betragen kann (Quelle: *Biases in the Measurement of Ambient Nitrogen Dioxide (NO₂) by Palmes Passive Diffusion Tube: A Review of Current Understanding*, Atmosphere 2019).

Die Monatsmittelwerte der NO₂-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 NO₂-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 $\pm 11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 ausmachen. Im Jahresmittel gleichen sich diese monatlichen Unterschiede wieder weitgehend aus.

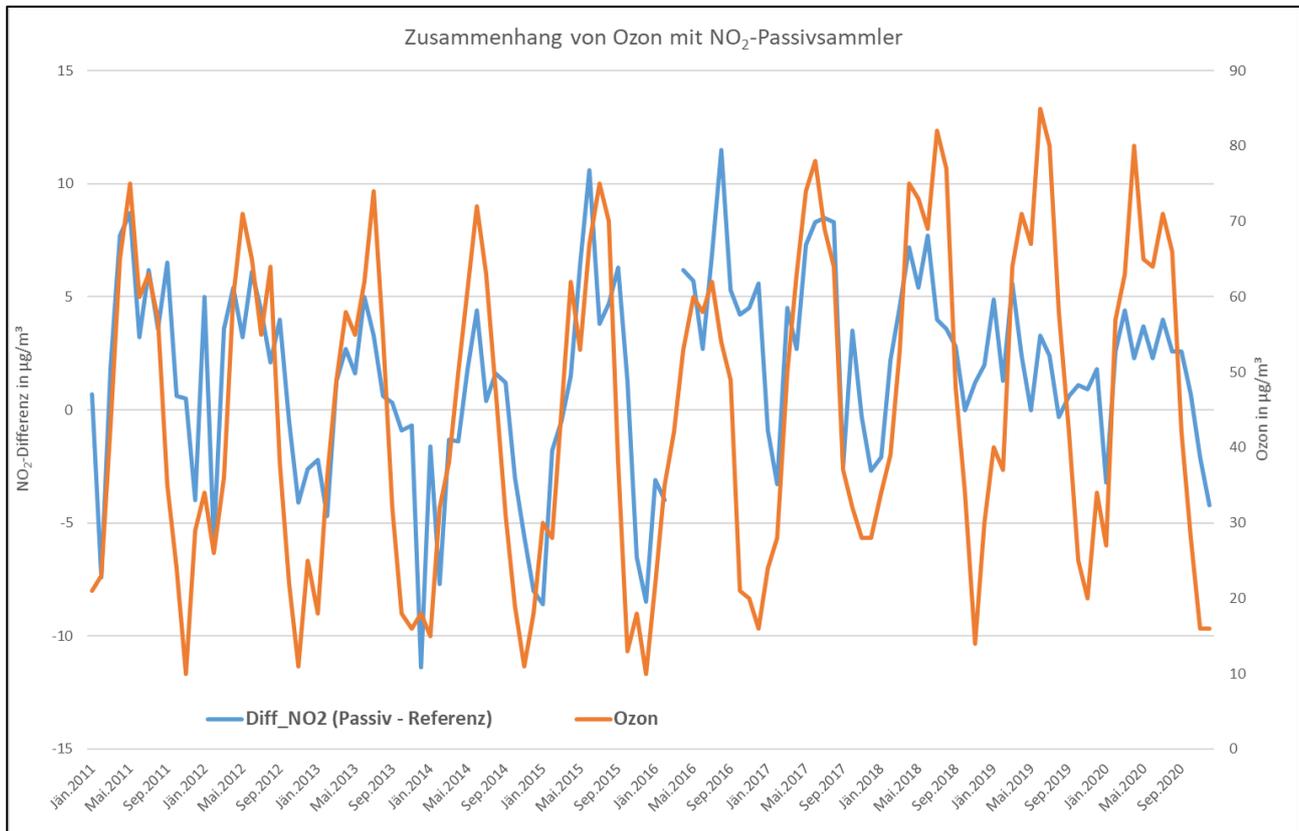


Abbildung 3: Einfluss von Ozon auf die Monatsmittelwerte vom Passivsammler am verkehrsnahen Rudolfsplatz

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 $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ NO_2 überschätzt. Im Jahr 2021 lag diese Differenz bei $+0,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Die Auswertung mit dem "Äquivalenz Test" ergab eine erweiterte relative Messunsicherheit von 12,82 % für das Jahr 2021, welche unter der geforderten Messunsicherheit von 15 % liegt.

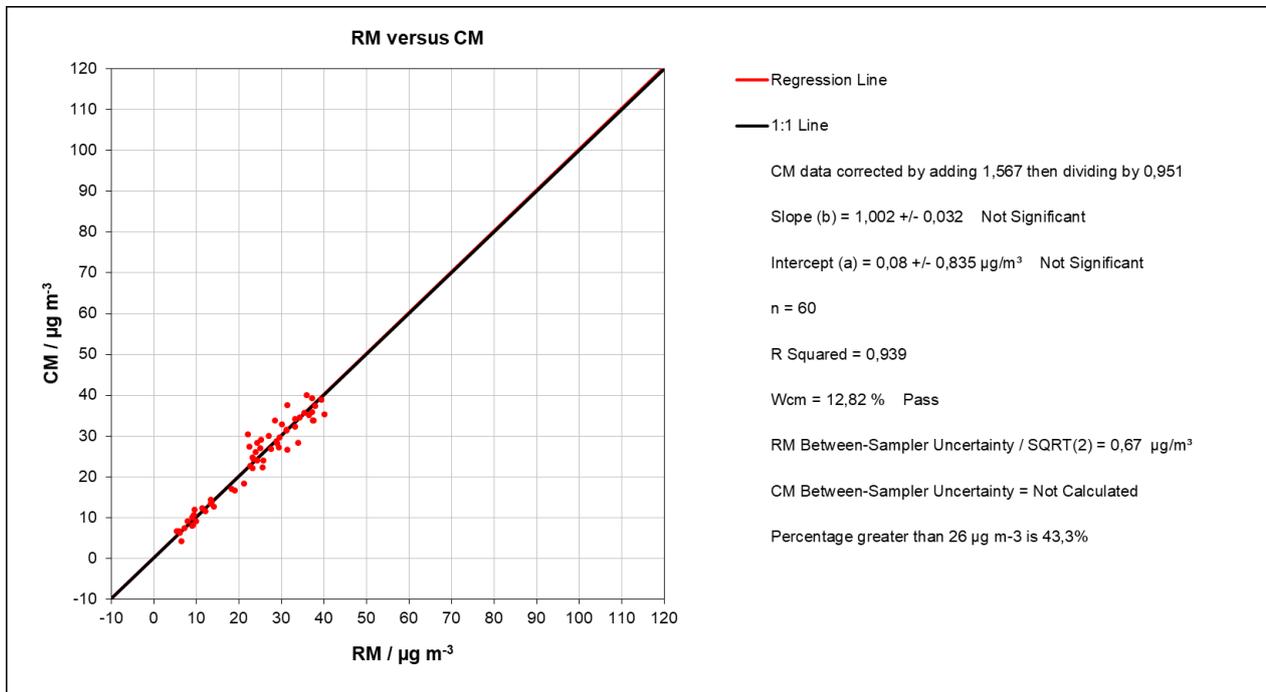


Abbildung 4: Ergebnis nach Auswertung mit dem „Äquivalenz Tool V30“ (Orthogonal regression and equivalence test utility)

3 Ergebnisse

Die Messergebnisse in Abbildung 5 zeigen, dass 79 der 90 Messstationen (~90%) in der Klasse I liegen. Diese Stationen befinden sich im regionalen oder städtischem Hintergrund sowie in Wohngebieten. Standorte der Klasse II liegen vorwiegend in größeren Wohngebieten oder entlang von Bundesstraßen. Vier Standorte wurden der Klasse III zugeordnet, welche sehr verkehrsnah situiert sind. In der Klasse IV (> EU-Grenzwert) lag im Jahr 2021 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 drei Messstellen lag die Datenverfügbarkeit unter 90 % und sind diese Stationen mit einem „*“ gekennzeichnet.

Tabelle 3: JMW NO₂ Gesamt- Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Bad Vigaun Riedl	Tennengau	ländlicher Hintergrund	8	100	I
2	Mariapfarr Zentrum	Lungau	Wohngebiet	8	100	I
3	Hallein Winterstall	Tennengau	ländlicher Hintergrund	9	100	I
4	Lend Buchberg	Pinzgau	industriehnah	10	100	I
5	Tamsweg Krankenhaus	Lungau	Wohngebiet	10	100	I
6	Weissbachkalk Gramler	Pinzgau	industriehnah	10	100	I
7	Hallein Kraihammer 1	Tennengau	Wohngebiet, industriehnah	11	100	I
8	Hallein Steinbachbauer	Tennengau	Wohngebiet, industriehnah	11	92	I
9	Golling Tagger Kaindsiedl.	Tennengau	Wohngebiet, industriehnah	12	99	I
10	Werfenweng Gemeindeamt	Pongau	Wohngebiet	12	100	I
11	Grödig Goisweg	Flachgau	Wohngebiet, industriehnah	12	100	I
12	Neumarkt Bahnhofgasse 38	Flachgau	Wohngebiet, industriehnah	12	92	I
13	Weissbachkalk Bruecke	Pinzgau	industriehnah	13	100	I
14	Neumarkt Bahnhofgasse 1	Flachgau	industriehnah	13	92	I
15	Grödig Gartenau St.Leonhard	Flachgau	Wohngebiet, industriehnah	13	100	I
16	St.Johann Urreiting	Pongau	regionaler Hintergrund	13	100	I
17	Maishofen Kirchham	Pinzgau	Wohngebiet	13	100	I
18	Bad Vigaun Kurzentrum	Tennengau	regionaler Hintergrund	13	90	I
19	Bruck Oberhof	Pongau	Wohngebiet	14	100	I
20	Saalfelden Försterweg	Pinzgau	Wohngebiet	14	100	I
21	Wals Ortsrand	Flachgau	städtischer Hintergrund	14	100	I

22	Tenneck Eisenwerk	Pongau	industriehnah	14	99	I
23	Salzburg Alpenstrasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	15	100	I
24	Bad Hofgastein Kurpark	Pongau	regionaler Hintergrund	15	100	I
25	Hallein Birkenweg	Tennengau	Wohngebiet	15	100	I
26	Hallein Solvay-Halvic-Str	Tennengau	industriehnah	16	100	I
27	Radstadt Feuerwehr	Pongau	Wohngebiet	16	100	I
28	Saalbach Rotes Kreuz	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	100	I
29	Salzburg Lehener Park	Stadt Salzburg	städtischer Hintergrund	16	100	I
30	Bischofshofen Friedhof	Pongau	Wohngebiet	16	100	I
31	St.Michael Wastlwirt	Lungau	Wohngebiet	16	100	I
32	Salzburg Gnigl Sportplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet	16	100	I
33	Grödig Kapellenweg	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	17	100	I
34	Salzburg Herrnau	Stadt Salzburg	Wohngebiet	17	100	I
35	Salzburg Flughafen	Stadt Salzburg	verkehrsnah	18	100	I
36	Eugendorf Feuerwehr	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
37	St.Johann Palfner Dörfel u*	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	66	I
38	Kuchl Altersheim	Tennengau	Wohngebiet	18	90	I
39	Salzburg SALK Blutzentrale	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
40	Zell am See Gemeinde	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
41	Wals Weizenweg	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
42	Altenmarkt Laudersbach	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
43	Salzburg Treppelweg	Stadt Salzburg	autobahnnah	19	100	I
44	Salzburg Josef-Ressel-Str.	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
45	Bad Vigaun Kirche	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
46	Salzburg Schwarzparkstrasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet	19	100	I
47	Strasswalchen Bundesstrasse	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
48	Anif B150	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
49	Bergheim Lagerhausstrasse	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
50	Salzburg Europark 2	Stadt Salzburg	verkehrsnah	20	100	I
51	Bergheim Plainwiesenweg	Flachgau	Wohngebiet, autobahnnah	20	100	I
52	Salzburg Paris-Lodronstrasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
53	Puch Bahnhof	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
54	St.Veit Grafenhof-Dorf	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
55	Neumarkt Bahnhofstrasse	Flachgau	industriehnah	20	100	I
56	Salzburg SH Lieferung	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	20	100	I
57	Hallein Burgfried	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	21	100	I
58	Salzburg Hildmannplatz 2a	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	21	100	I
59	Salzburg L.v.Keutschach-Str.	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	21	91	I
60	St.Veit Marktplatz	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	22	100	I
61	Salzburg Schmiedingerstr. 51	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	22	100	I
62	Salzburg ASFINAG	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	22	100	I
63	St.Michael Autobahnmeisterei	Lungau	autobahnnah	22	100	I
64	Salzburg Almgasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	22	100	I
65	Zederhaus Agip Raststätte	Lungau	autobahnnah	22	100	I
66	Salzburg Neutorstrasse 20	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	23	100	I
67	Salzburg Hubertusweg*	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	23	85	I
68	Salzburg Fürstenallee	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	23	100	I
69	Bergheim Plainwiesenweg 2	Flachgau	Wohngebiet, autobahnnah	23	100	I
70	Salzburg Hildmannplatz 1a	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	23	100	I
71	Salzburg Schmiedingerstr. 2	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
72	Bergheim L118 Parkplatz	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
73	Salzburg Emil-Kofler-Gasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
74	Radstadt Bundesstrasse	Pongau	verkehrsnah	24	100	I

75	Eugendorf Bundesstrasse	Flachgau	verkehrsnahe	24	100	I
76	Salzburg Lehener Strasse*	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	24	83	I
77	Salzburg Europark 1	Stadt Salzburg	autobahnnah	25	100	I
78	Salzburg Eichpointweg*	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	25	84	I
79	Bergheim Siggerwiesen	Flachgau	verkehrsnahe	25	100	I
80	Salzburg Sinnhubstrasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnahe	27	100	II
81	Saalfelden Kaiserallee	Pinzgau	verkehrsnahe	27	100	II
82	Wals Bahnweg	Flachgau	autobahnnah	28	100	II
83	Salzburg Linzer Bundesstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnahe	28	100	II
84	Salzburg Rudolfsplatz	Stadt Salzburg	verkehrsnahe	29	100	II
85	Hallein B159	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnahe	30	100	II
86	Salzburg Schiesstattstrasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnahe	30	100	II
87	Kuchl A10	Tennengau	autobahnnah	33	100	III
88	Salzburg Vogelweiderstrasse	Stadt Salzburg	verkehrsnahe	33	100	III
89	Hallein A10	Tennengau	autobahnnah	34	100	III
90	Salzburg Roseggerstrasse	Stadt Salzburg	verkehrsnahe	36	100	III

*) Datenverfügbarkeit < 90 %

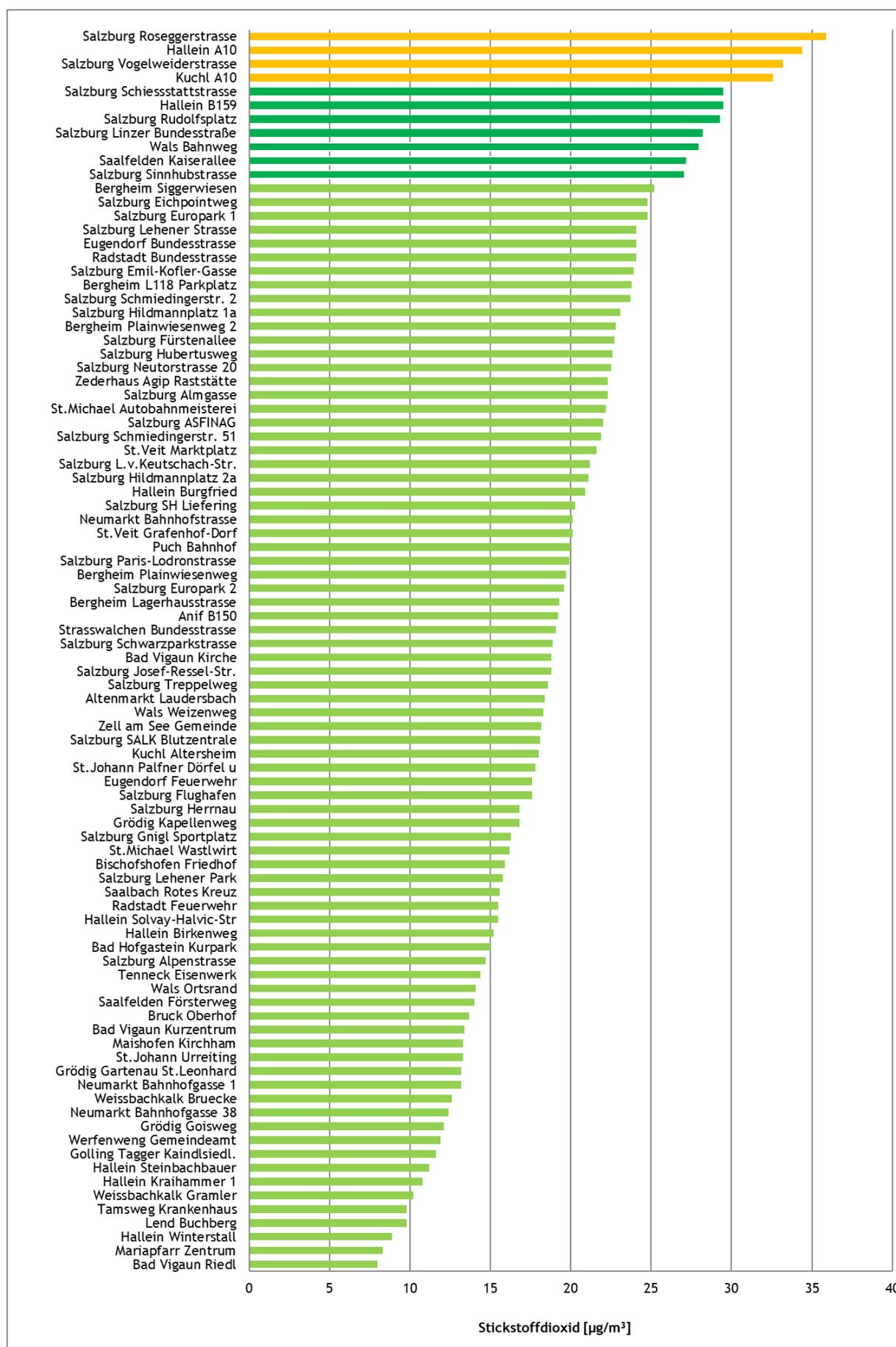


Abbildung 5: Ergebnisse der Passivsammler 2021

3.2 Messergebnisse in den einzelnen Bezirken

3.2.1 Stadt Salzburg

In der Stadt Salzburg befinden sich 32 Passivsammler, welche einerseits in Wohngebieten oder entlang von verkehrsreichen Straßen platziert wurden. Davon entsprechen 26 Messstationen der Klasse I, sowie weitere vier Messstationen der Klasse II. Die restlichen 2 Messstationen liegen in den Klassen III und sind verkehrsnah situiert.

Hinweis: Der Passivsammler im direkten Kreuzungsbereich Ignaz-Harrer-Straße/Roseggerstraße erfüllt nicht die Standortkriterien der Messkonzeptverordnung (mind. 25 Meter Abstand zu verkehrsreichen Kreuzungen). Die Daten werden aus Transparenzgründen aber angeführt.

Tabelle 4: JMW NO₂ Stadt Salzburg - Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Salzburg Alpenstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	15	100	I
2	Salzburg Lehener Park	Stadt Salzburg	städtischer Hintergrund	16	100	I
3	Salzburg Gnigl Sportplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet	16	100	I
4	Salzburg Herrnau	Stadt Salzburg	Wohngebiet	17	100	I
5	Salzburg Flughafen	Stadt Salzburg	verkehrsnah	18	100	I
6	Salzburg SALK Blutzentrale	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
7	Salzburg Treppelweg	Stadt Salzburg	autobahnnah	19	100	I
8	Salzburg Josef-Ressel-Str.	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
9	Salzburg Schwarzparkstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet	19	100	I
10	Salzburg Europark 2	Stadt Salzburg	verkehrsnah	20	100	I
11	Salzburg Paris-Lodronstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
12	Salzburg SH Lieferung	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	20	100	I
13	Salzburg Hildmannplatz 2a	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	21	100	I
14	Salzburg L.v.Keutschach-Str.	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	21	91	I
15	Salzburg Schmiedingerstr. 51	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	22	100	I
16	Salzburg ASFINAG	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	22	100	I
17	Salzburg Almgasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	22	100	I
18	Salzburg Neutorstraße 20	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	23	100	I
19	Salzburg Hubertusweg*	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	23	85	I
20	Salzburg Fürstenallee	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	23	100	I
21	Salzburg Hildmannplatz 1a	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	23	100	I
22	Salzburg Schmiedingerstr. 2	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
23	Salzburg Emil-Kofler-Gasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
24	Salzburg Lehener-Straße*	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	24	83	I
25	Salzburg Europark 1	Stadt Salzburg	autobahnnah	25	100	I
26	Salzburg Eichpointweg	Stadt Salzburg	Wohngebiet, autobahnnah	25	84	I
27	Salzburg Sinnhubstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	27	100	II
28	Salzburg Linzer Bundesstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	28	100	II
29	Salzburg Rudolfsplatz	Stadt Salzburg	verkehrsnah	29	100	II
30	Salzburg Schiessstattstraße	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	30	100	II
31	Salzburg Vogelweiderstrasse	Stadt Salzburg	verkehrsnah	33	100	III
32	Salzburg Roseggerstraße	Stadt Salzburg	verkehrsnah	36	100	III

Wie in Tabelle 4 ersichtlich liegt nur mehr ein Standort (siehe Hinweis auf Seite 12) knapp über dem IG-L Grenzwert ($35 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Der EU-Grenzwert ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wurde an allen Standorten eingehalten.

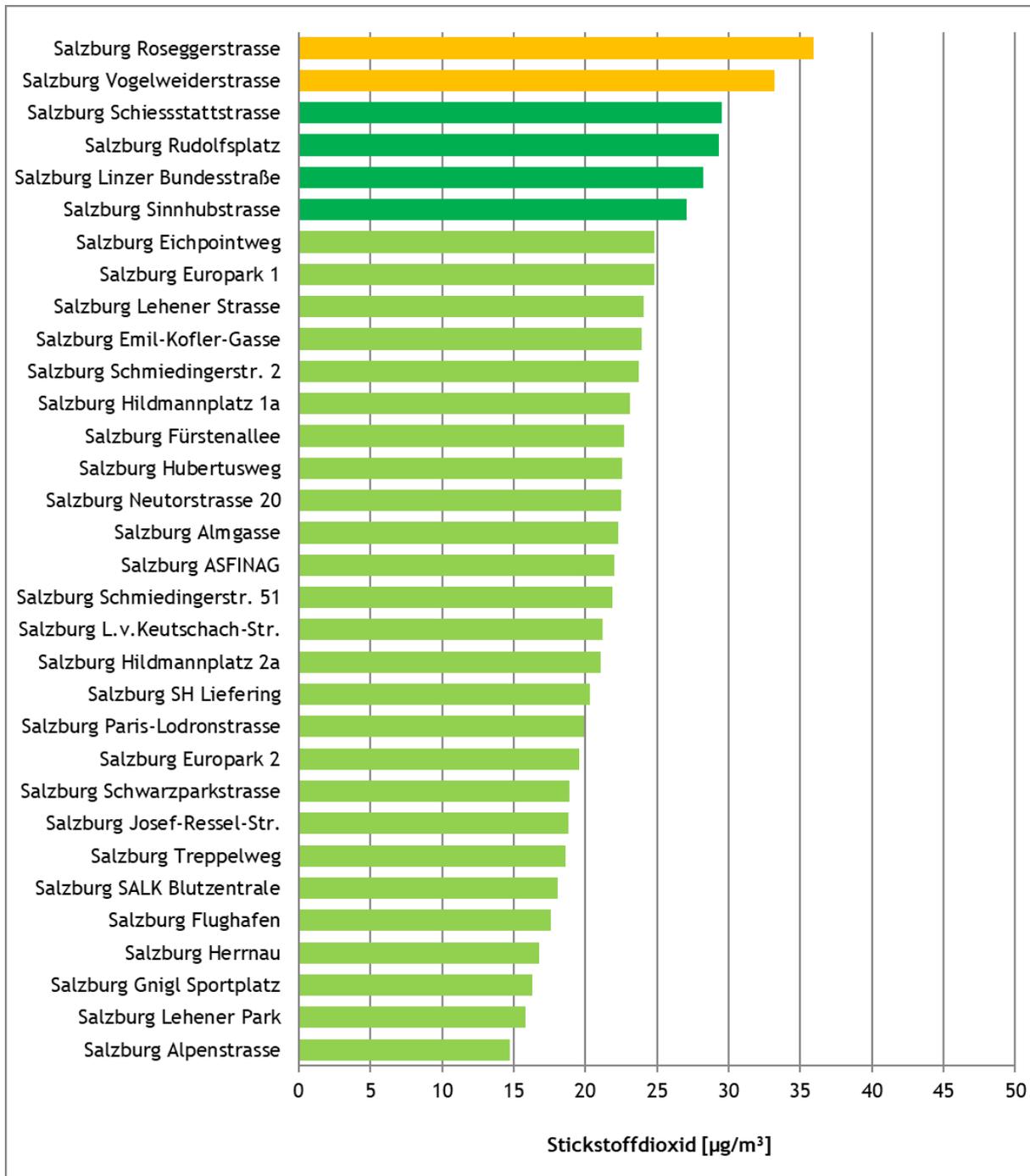


Abbildung 6: Ergebnisse Passivsammler Stadt Salzburg

3.2.2 Stadt Salzburg - Messstandorte

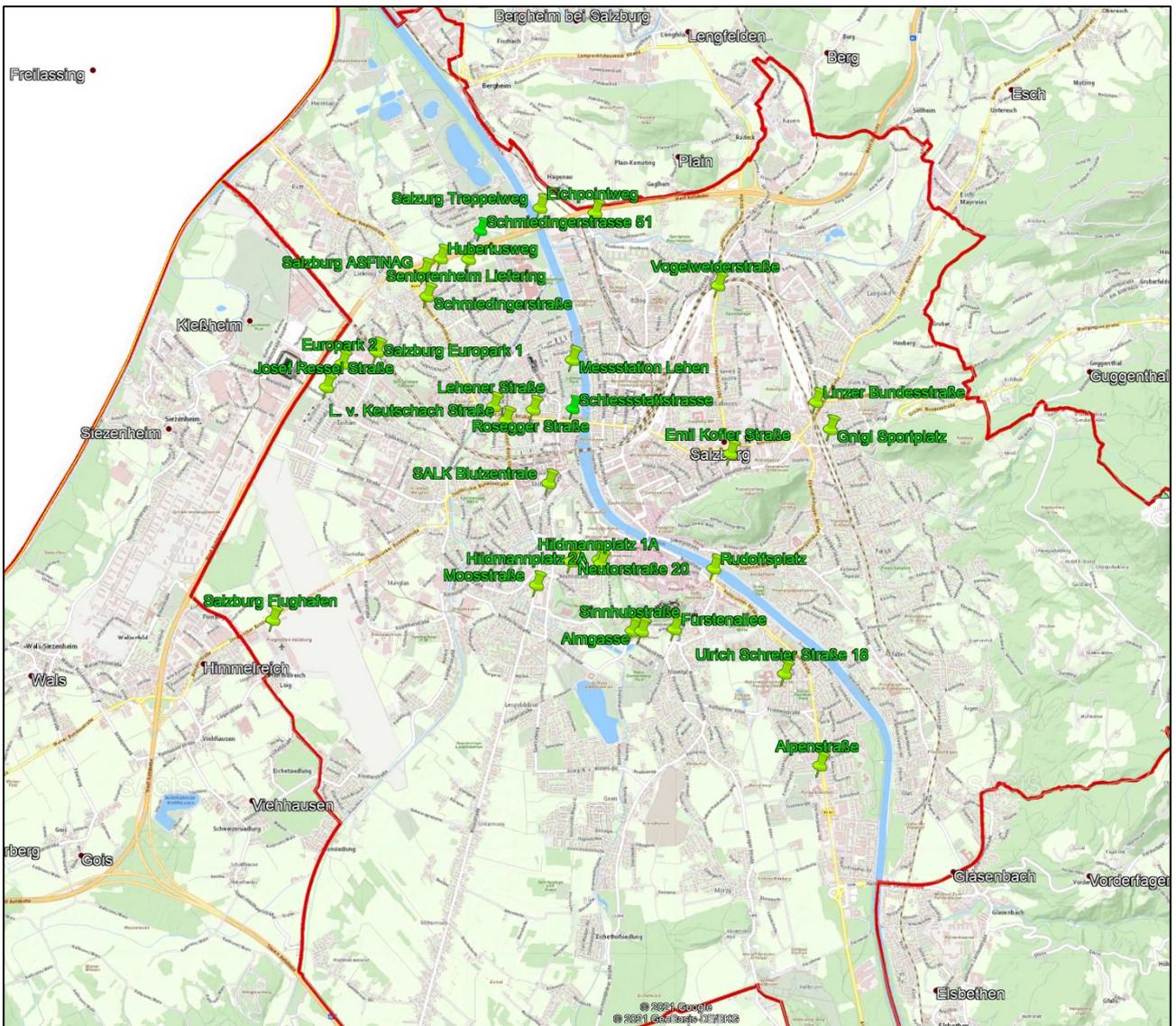


Abbildung 7: Messstandorte Passivsammler Stadt Salzburg

3.2.3 Flachgau

Im Bezirk Flachgau wurden in Summe 18 Passivsammler aufgestellt. Diese befinden sich in Wohn- und Industriegebieten, sowie an Bundesstraßen und in der Nähe der Salzburger Stadtautobahn.

Tabelle 5: JMW NO₂ Flachgau - Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Grödig Goisweg	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	12	100	I
2	Neumarkt Bahnhofgasse 38	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	12	92	I
3	Neumarkt Bahnhofgasse 1	Flachgau	industrienah	13	92	I
4	Grödig Gartenau St.Leonhard	Flachgau	Wohngebiet, industrienah	13	100	I
5	Wals Ortsrand	Flachgau	städtischer Hintergrund	14	100	I
6	Grödig Kapellenweg	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	17	100	I
7	Eugendorf Feuerwehr	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
8	Wals Weizenweg	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
9	Straßwalchen Bundesstraße	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
10	Anif B150	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
11	Bergheim Lagerhausstraße	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
12	Bergheim Plainwiesenweg	Flachgau	Wohngebiet, autobahnnah	20	100	I
13	Neumarkt Bahnhofstrasse	Flachgau	industrienah	20	100	I
14	Bergheim Plainwiesenweg 2	Flachgau	Wohngebiet, autobahnnah	23	100	I
15	Bergheim L118 Parkplatz	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	24	100	I
16	Eugendorf Bundesstraße	Flachgau	verkehrsnah	24	100	I
17	Bergheim Siggerwiesen	Flachgau	verkehrsnah	25	100	I
18	Wals Bahnweg	Flachgau	autobahnnah	28	100	II

17 Messstationen sind der Klasse I zuzuordnen. Diese befinden sich in Wohngebieten als auch im Nahbereich von Hauptstraßen. Eine Messstation liegt in der Klassen II, wobei diese in der Nähe der Salzburger Stadtautobahn liegt. Alle Messpunkte 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.

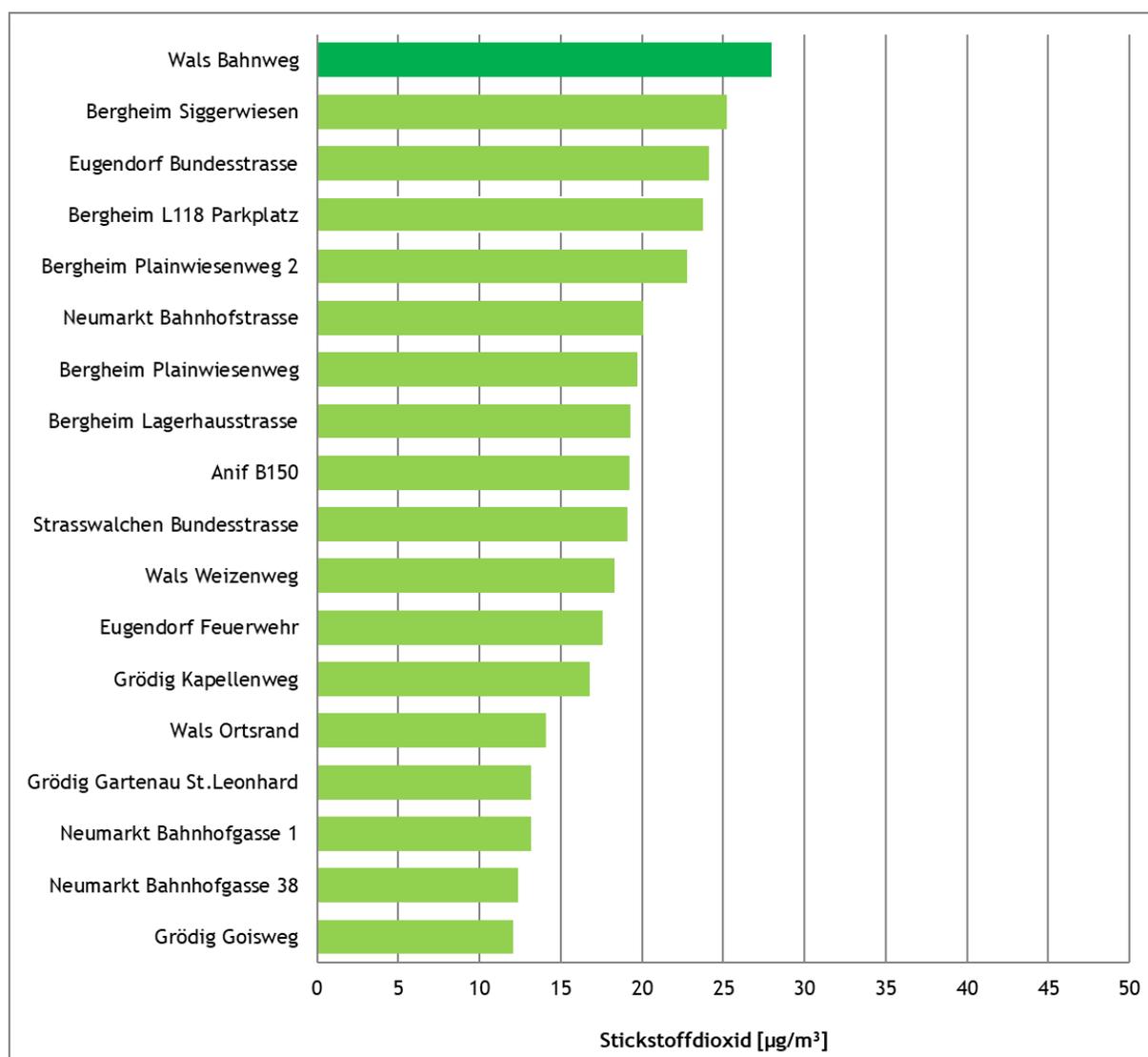


Abbildung 8: Ergebnisse Passivsammler Flachgau

3.2.4 Flachgau- Messstandorte

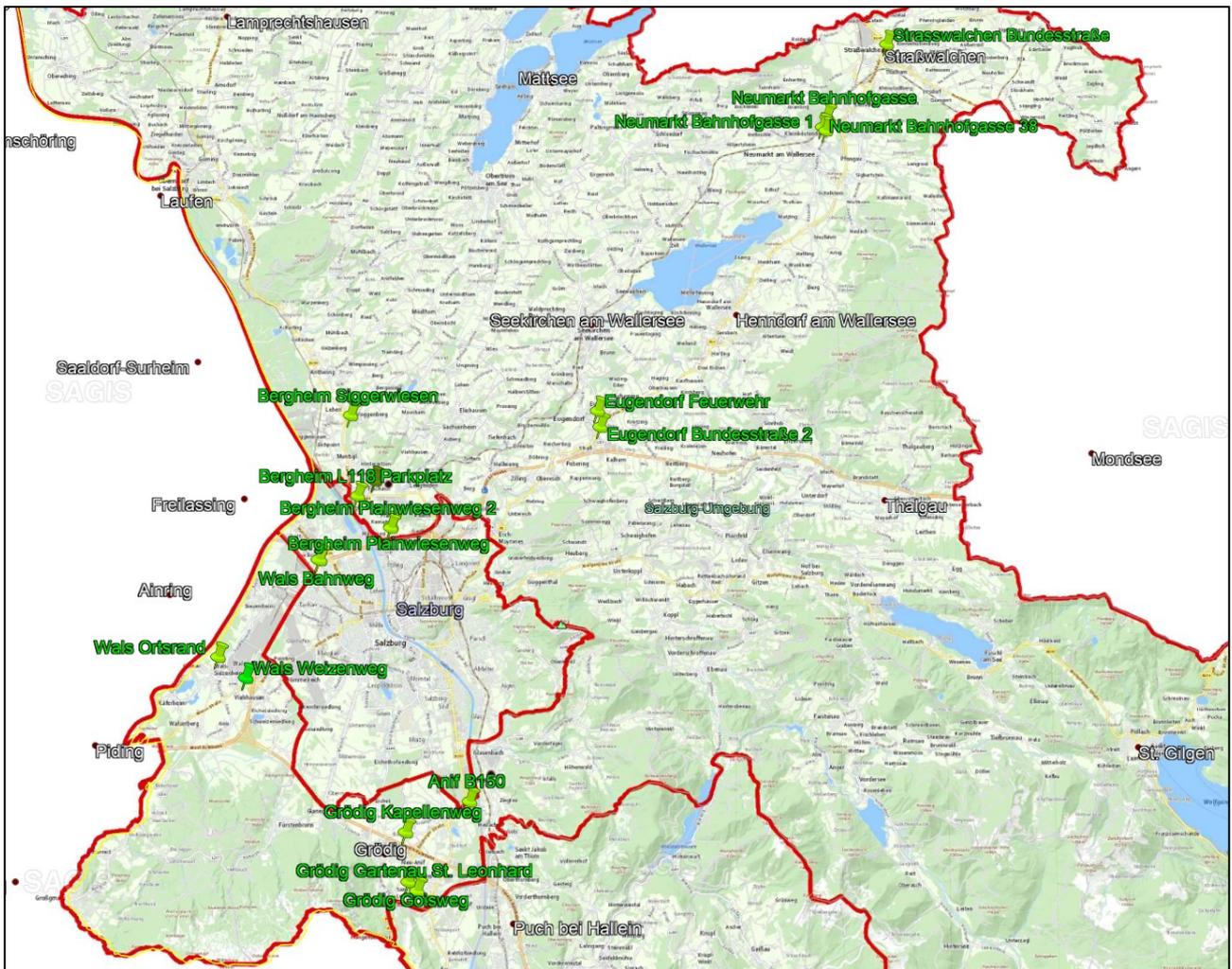


Abbildung 9: Messstandorte Passivsammler Flachgau

3.2.5 Tennengau

Im Tennengau wurden 15 Passivsammler aufgestellt. Diese sind zumeist verkehrs- oder industrienah situiert. Die drei Passivsammler in Bad Vigaun dienen zur Beurteilung der Immissionssituation eines Kurortes. Am Vigauner Riedl wurde 2021 landesweit der niedrigste NO₂-Jahresmittelwert (8 µg/m³) gemessen.

Tabelle 6: JMW NO₂ Tennengau - Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Bad Vigaun Riedl	Tennengau	ländlicher Hintergrund	8	100	I
2	Hallein Winterstall	Tennengau	ländlicher Hintergrund	9	100	I
3	Hallein Kraihammer 1	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	11	100	I
4	Hallein Steinbachbauer	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	11	92	I
5	Golling Tagger Kaindsiedl.	Tennengau	Wohngebiet, industrienah	12	99	I
6	Bad Vigaun Kurzentrum	Tennengau	regionaler Hintergrund	13	90	I
7	Hallein Birkenweg	Tennengau	Wohngebiet	15	100	I
8	Hallein Solvay-Halvic-Str	Tennengau	industrienah	16	100	I
9	Kuchl Altersheim	Tennengau	Wohngebiet	18	90	I
10	Bad Vigaun Kirche	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	19	100	I
11	Puch Bahnhof	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
12	Hallein Burgfried	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	21	100	I
13	Hallein B159	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	30	100	II
14	Kuchl A10	Tennengau	autobahnnah	33	100	III
15	Hallein A10	Tennengau	autobahnnah	34	100	III

12 Messstationen befinden sich in der Klasse I. Diese befinden sich im ländlichen Hintergrund, in Wohngebieten oder sind industrienah positioniert. Die drei verkehrsnahen Messstellen „Hallein B159“, „Kuchl A10“ und „Hallein A10“ entsprechen der Klasse II bzw. der Klasse III. Alle Messpunkte halten sowohl den Grenzwert der EU-Richtlinie (40 µg/m³) als auch den Grenzwert des IG-L (35 µg/m³) ein.

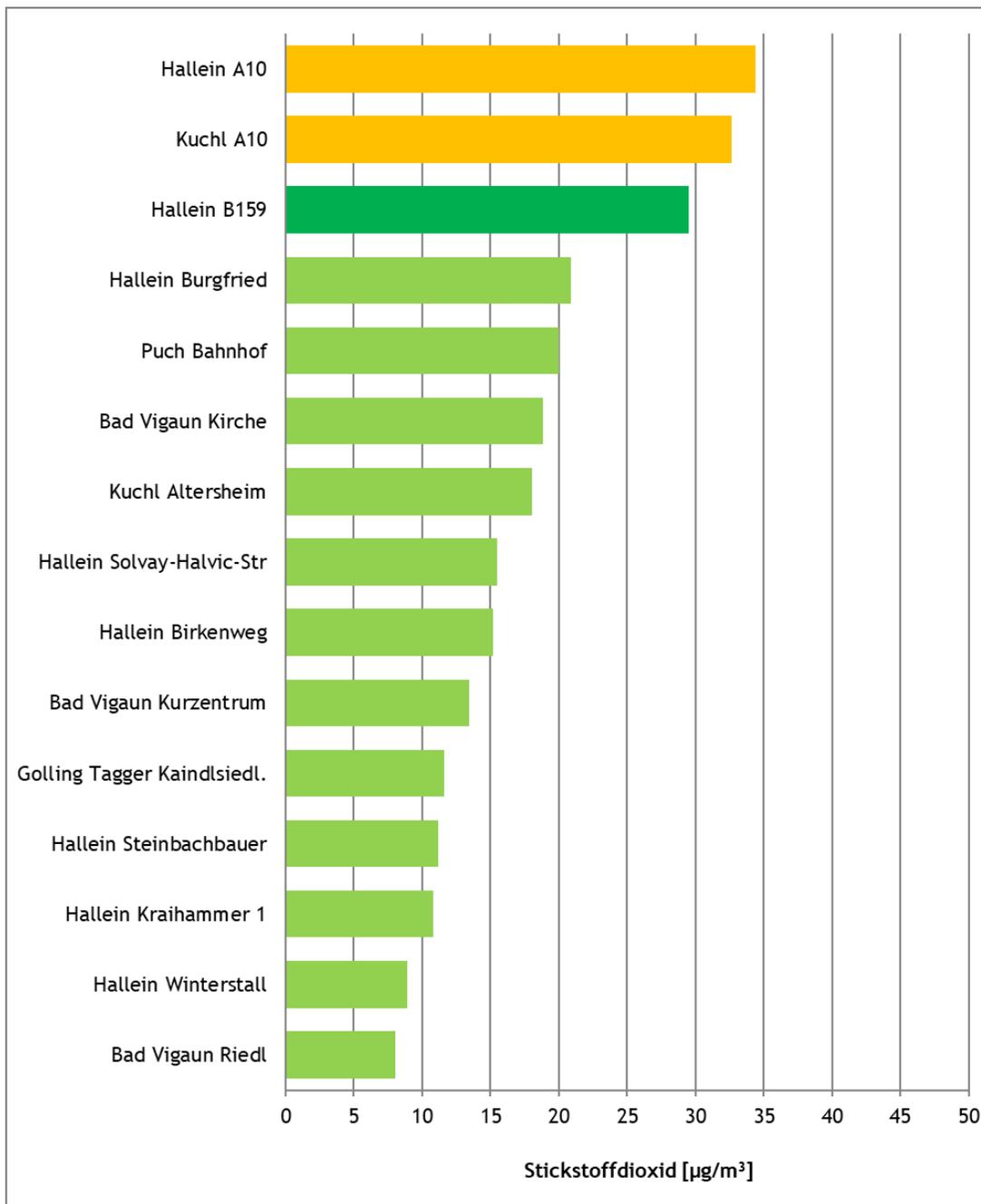


Abbildung 10: Ergebnisse Passivsammler Tennengau

3.2.6 Tennengau - Messtandorte

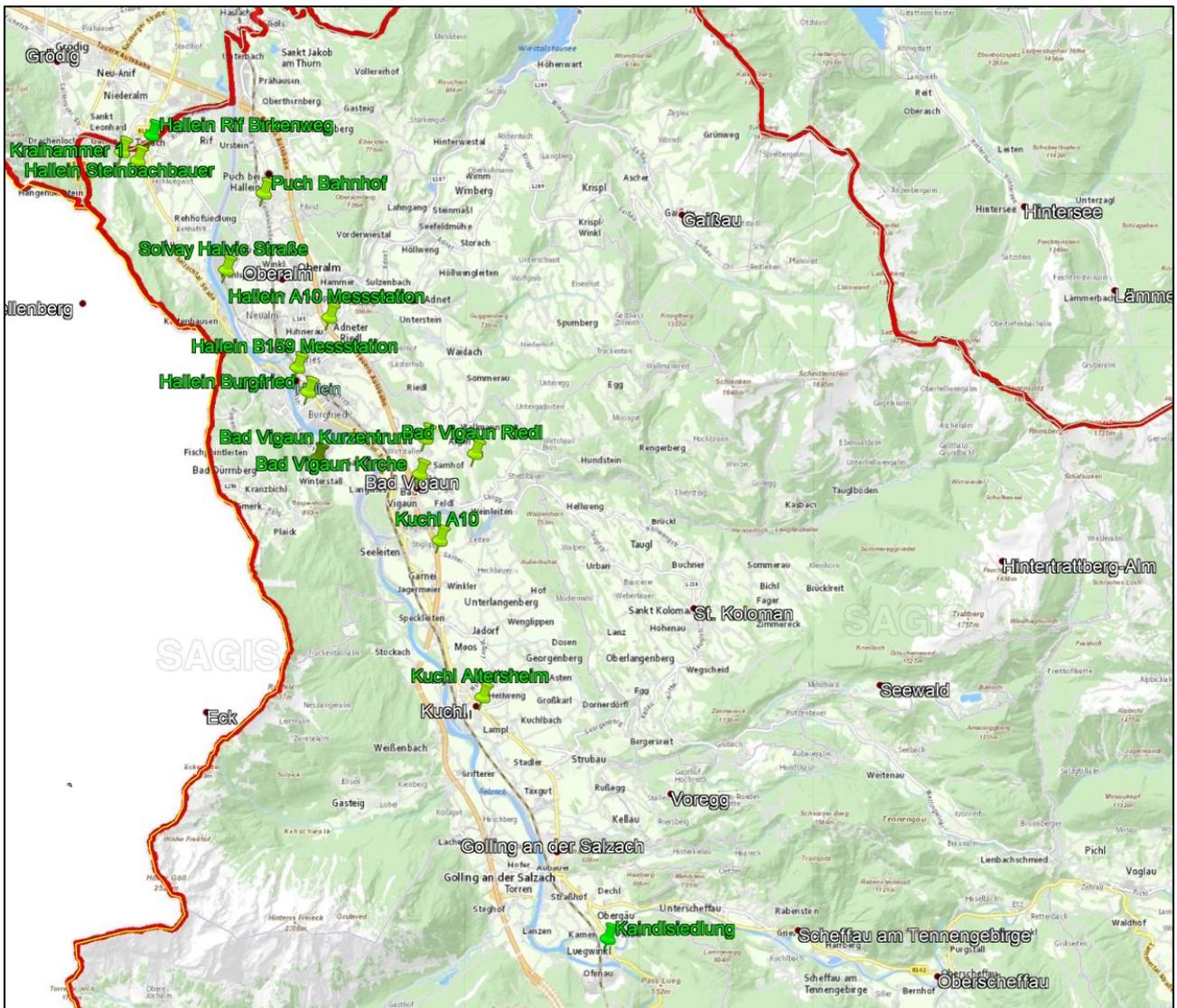


Abbildung 11: Messtandorte Passivsammler Tennengau

3.2.7 Pongau

An 12 Messstellen werden im Pongau Stickstoffdioxidmessungen mittels Passivsammler-röhrchen durchgeführt. Die zwei Messpunkte in Bad Hofgastein bzw. in St.Veit dienen zur Überwachung der Immissionsituation in Kurorten. Der Messort „Tenneck“ wurde industrienah neben dem Eisenwerk gewählt.

Tabelle 7: JMW NO₂ Pongau - Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Werfenweng Gemeindeamt	Pongau	Wohngebiet	12	100	I
2	St.Johann Urreiting	Pongau	regionaler Hintergrund	13	100	I
3	Bruck Oberhof	Pongau	Wohngebiet	14	100	I
4	Tenneck Eisenwerk	Pongau	industrienah	14	99	I
5	Bad Hofgastein Kurpark	Pongau	regionaler Hintergrund	15	100	I
6	Radstadt Feuerwehr	Pongau	Wohngebiet	16	100	I
7	Bischofshofen Friedhof	Pongau	Wohngebiet	16	100	I
8	St.Johann Palfner Dörfel u*	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	66	I
9	Altenmarkt Laudersbach	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
10	St.Veit Grafenhof-Dorf	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	20	100	I
11	St.Veit Marktplatz	Pongau	Wohngebiet, verkehrsnah	22	100	I
12	Radstadt Bundesstraße	Pongau	verkehrsnah	24	100	I

Alle Messpunkte liegen in der Klasse I. Sowohl der Grenzwert der EU-Richtlinie (40 µg/m³) als auch der Grenzwert des IG-L (35 µg/m³) wird an allen Standorten im Pongau eingehalten.

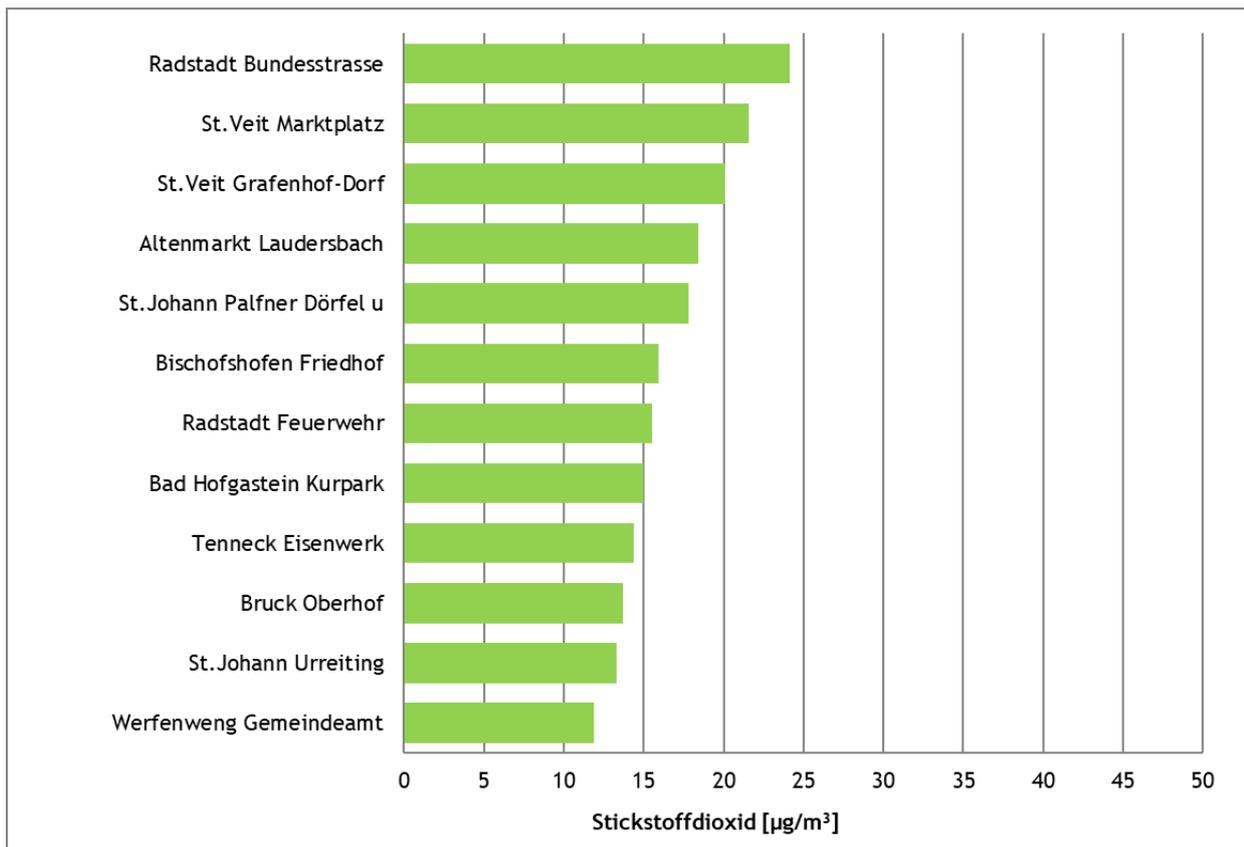


Abbildung 12: Ergebnisse Passivsammler Pongau

3.2.8 Pongau - Messstandorte

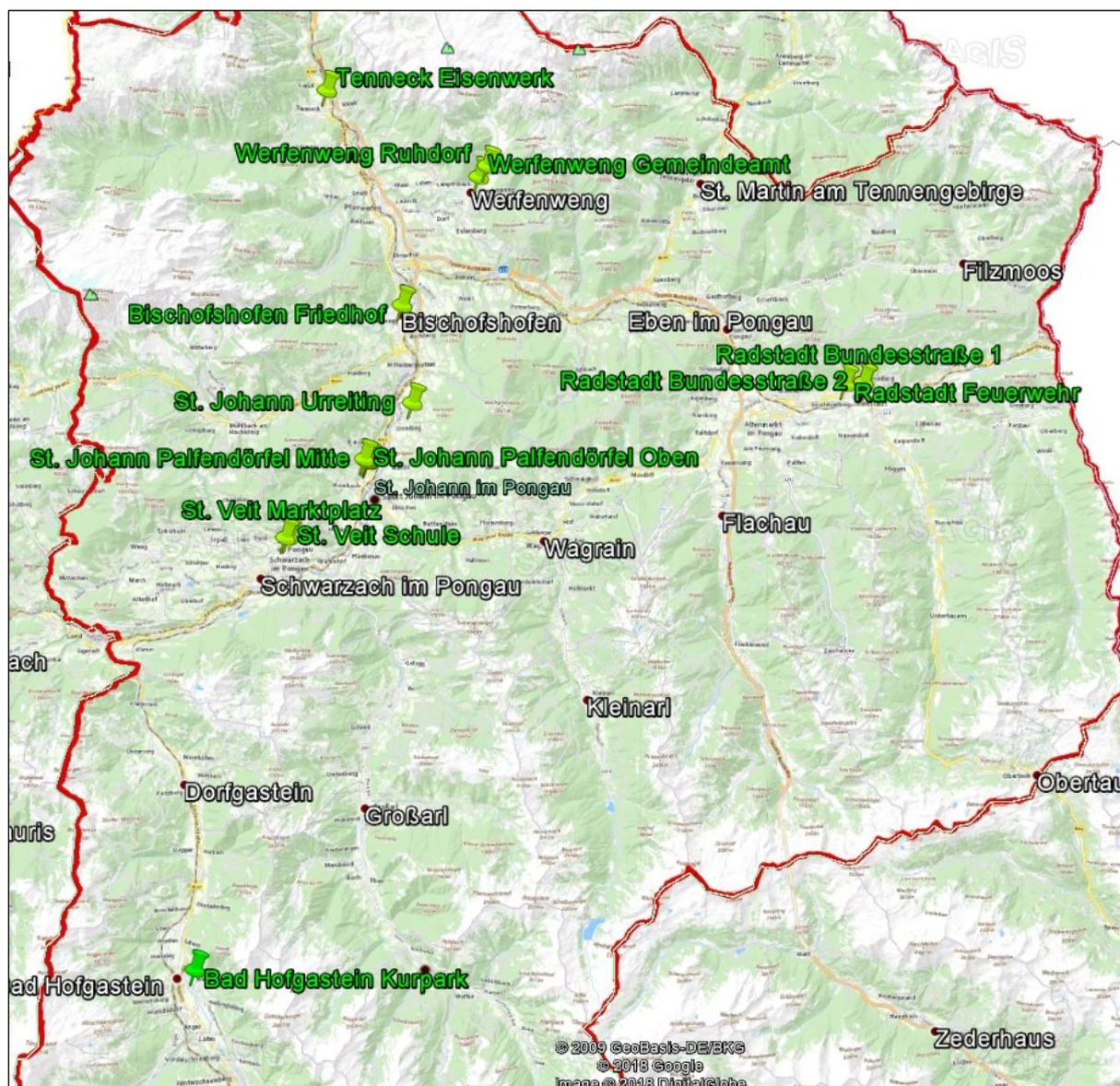


Abbildung 13: Messstandorte Passivsammler Pongau

3.2.9 Pinzgau

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

Tabelle 8: JMW NO₂ Pinzgau - Klasseneinteilung

Nr.	Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW	%	Klasse
1	Lend Buchberg	Pinzgau	industrienah	10	100	I
2	Weissbachkalk Gramler	Pinzgau	industrienah	10	100	I
3	Weissbachkalk Bruecke	Pinzgau	industrienah	13	100	I
4	Maishofen Kirchham	Pinzgau	Wohngebiet	13	100	I
5	Saalfelden Försterweg	Pinzgau	Wohngebiet	14	100	I
6	Saalbach Rotes Kreuz	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	16	100	I
7	Zell am See Gemeinde	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	18	100	I
8	Saalfelden Kaiserallee	Pinzgau	verkehrsnah	27	100	II

Sieben Messstationen (drei davon industrienah) liegen in den Klasse I. Ein Messpunkt liegt im Nahbereich einer stark befahrenen Straße und weist die Klasse II auf. Sowohl der Grenzwert der EU-Richtlinie (40 µg/m³) als auch der Grenzwert des IG-L (35 µg/m³) werden an allen Messpunkten im Pinzgau eingehalten.

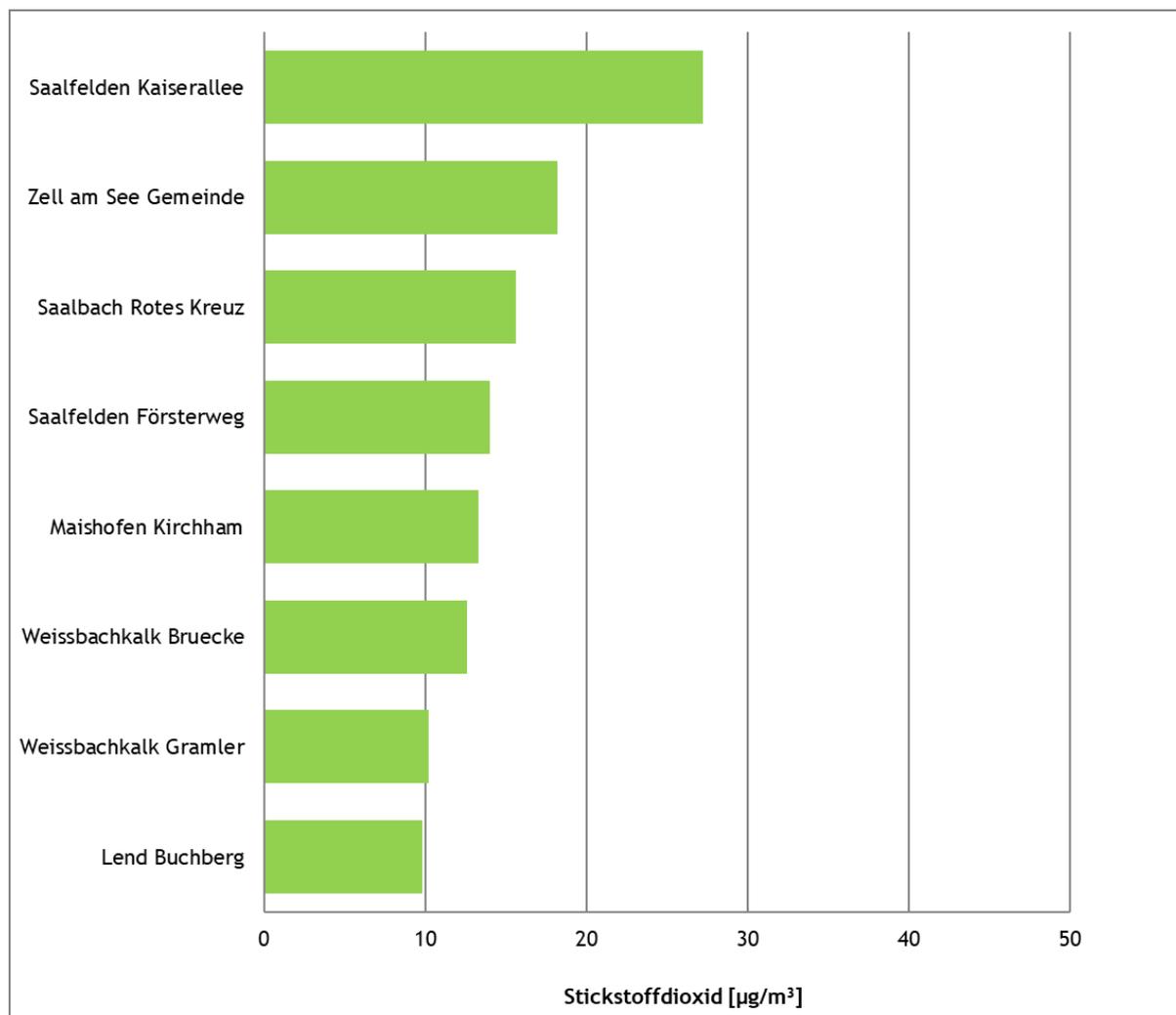


Abbildung 14: Ergebnisse Passivsammler Pinzgau

3.2.10 Pinzgau -Messtandorte

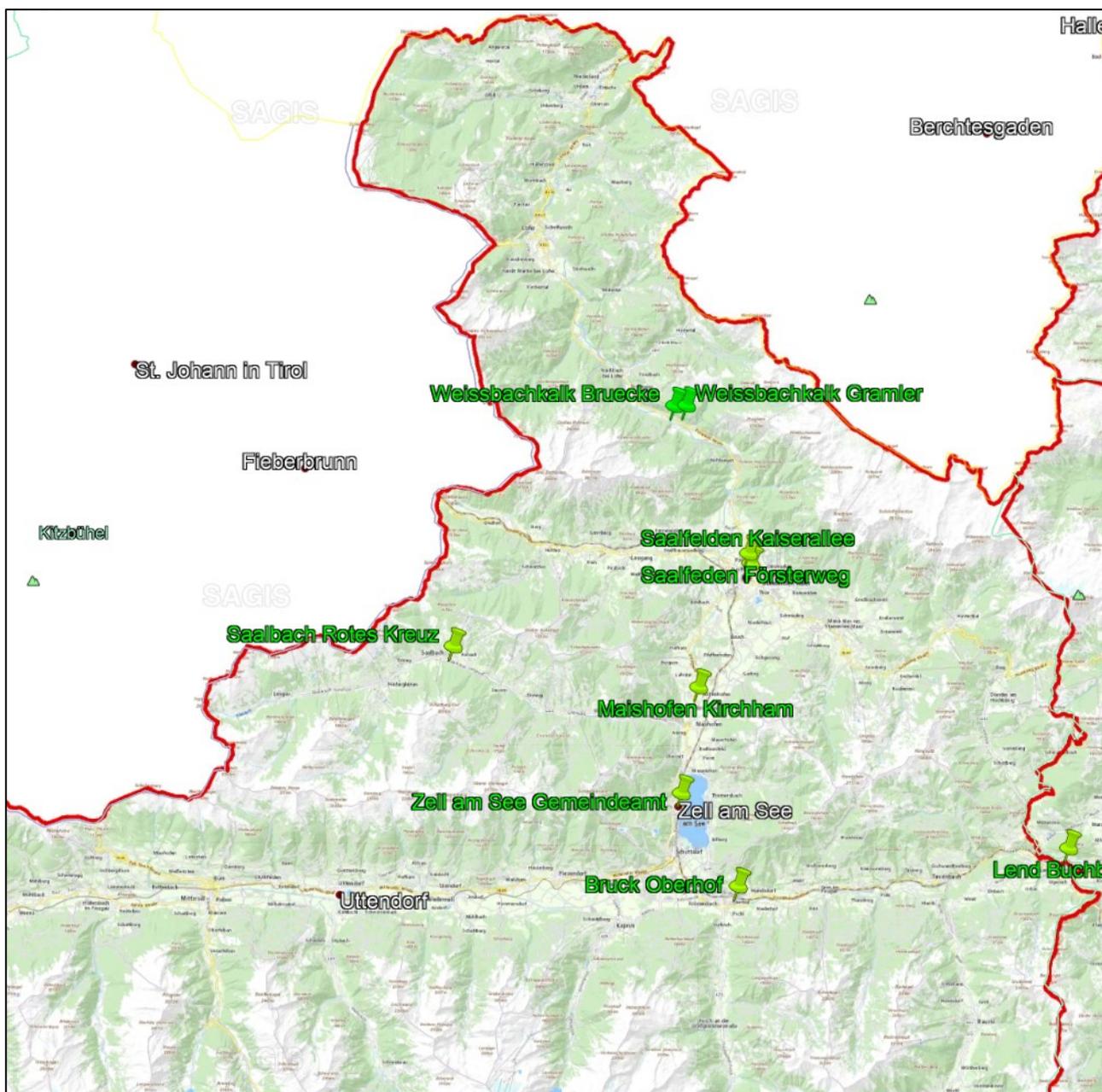


Abbildung 15: Messtandorte Passivsammler Pinzgau

3.2.11 Lungau

Im Lungau befinden sich fünf Passivsammlermessstellen. Davon sind drei in Wohngebieten und zwei in Autobahnnähe bzw. verkehrsnah aufgestellt. Die Messwerte sind im Lungau im Vergleich zum restlichen Bundesland auf einem relativ niedrigen Niveau. In Mariapfarr wurde 2021 landesweit der zweitniedrigste NO₂-Jahresmittelwert (8,3 µg/m³) gemessen.

Tabelle 9: JMW NO₂ 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	16	100	I
4	St.Michael Autobahnmeisterei	Lungau	autobahnnah	22	100	I
5	Zederhaus Agip Raststätte	Lungau	autobahnnah	22	100	I

Alle Messpunkte entsprechen der Klasse I. Sowohl der EU-Grenzwert als auch der Grenzwert des IG-L wurden im Jahr 2021 an allen Messstellen im Lungau eingehalten.

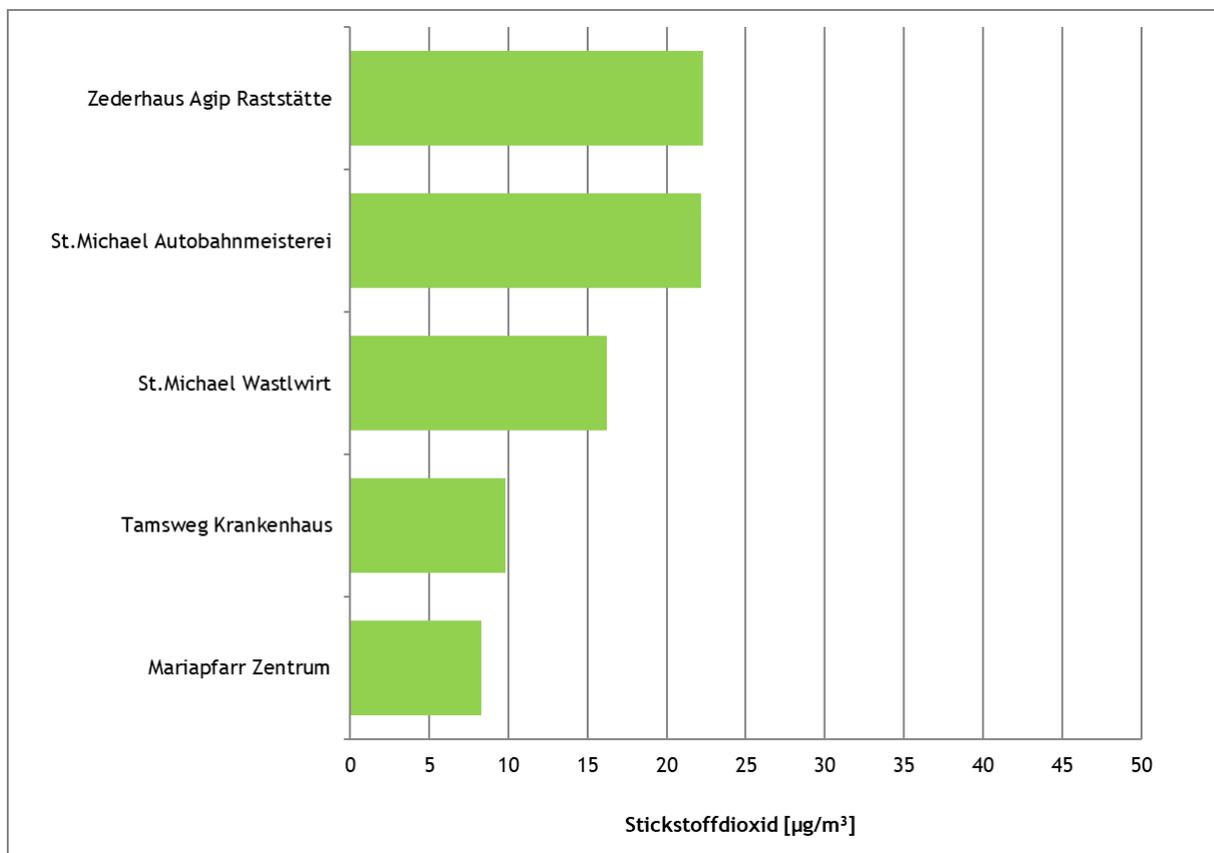


Abbildung 16: Ergebnisse Passivsammler Lungau

3.2.12 Lungau - Messtandorte

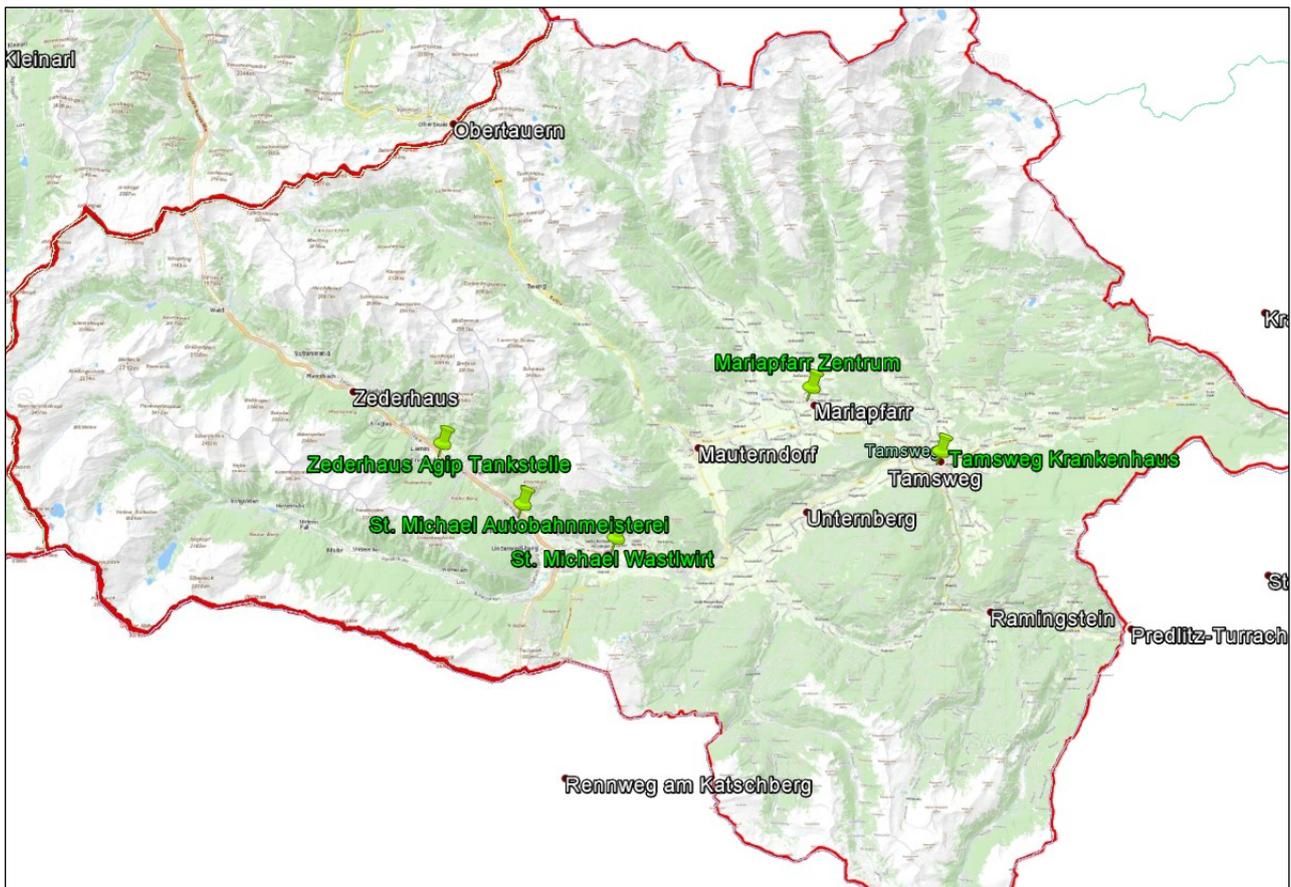


Abbildung 17: Messtandorte Passivsammler Lungau

3.3 Meteorologie

Nachfolgende Grafik stellt den Temperaturverlauf 2021 im Vergleich zum langjährigen Mittel dar.

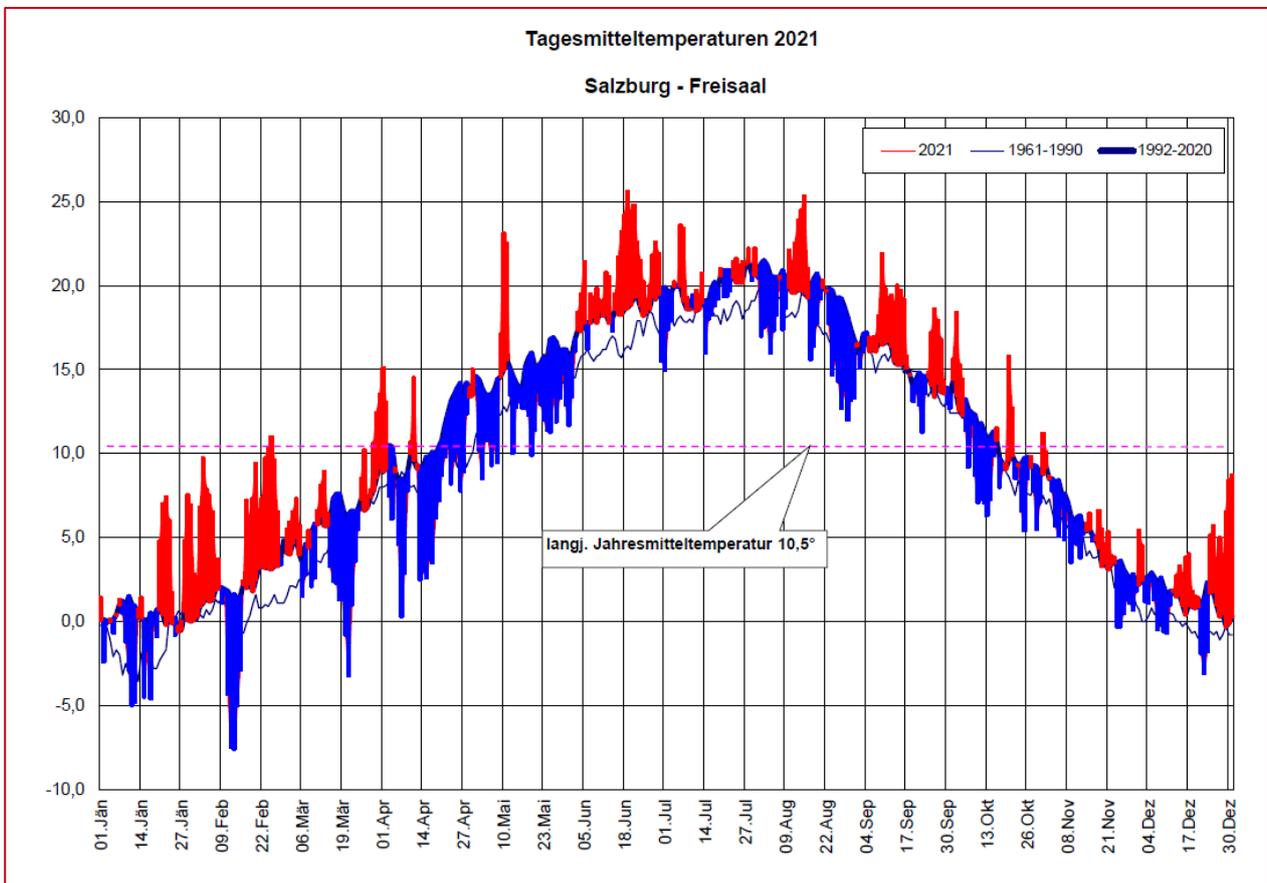


Abbildung 18: Temperaturverlauf 2021 im Vergleich zum langjährigen Mittel

Die **Jahresmitteltemperatur** lag an den Messstellen im Land Salzburg 0,7 unter bis 0,1 °C über dem langjährigen Klimawert der Vergleichsperiode 1991 bis 2021. Das Temperaturniveau entsprach damit im Mittel etwa dem Klimamittel der letzten 30 Jahre.

In den Monaten Februar, Juni, Juli und September war es im ganzen Land wärmer als im Klimamittel der Vergleichsperiode 1991 bis 2021. Im ganzen Land unterdurchschnittliche Monatsmitteltemperaturen gab es im April, Mai, August und Oktober.

Die **Niederschlagsmenge** war im Land unterschiedlich verteilt. Die geringste Niederschlagsmenge wurde in St. Michael im Lungau mit 84 % des langjährigen Durchschnitts gemessen, am meisten Niederschlag gab es in St. Veit im Pongau mit 114 % des Klimamittels der Vergleichsperiode 1991 bis 2021.

Überdurchschnittlichen Niederschlag gab es im Mai. Eine unterdurchschnittliche Niederschlagsmenge wurde in den Monaten März, April, Juni und Oktober gemessen.

Die **Sonne** schien in Summe ähnlich lange wie im langjährigen Vergleich. Die Spanne der Sonnenscheindauer reicht von 97 % in Mattsee bis 116 % der Klimawerte in Zell am See. Im Februar, Juni und September gab es im ganzen Land mehr Sonnenschein als im Klimamittel. Unterdurchschnittlichen Sonnenschein im ganzen Land wiesen die Monate Mai und August auf.

Witterungsverlauf:

Der **Jänner** brachte verbreitet ruhiges Wetter mit häufig Frost und Kaltluftseen. Am Monatsende brachte Westwind wieder einen Luftmassenwechsel.

Im **Februar** sorgten West- und Südströmungen mit zum Teil orkanartigen Stürmen für wechselhafte Witterung mit relativ milder Luft und guten Luftaustausch.

Im **März** gab es bis zum 21. des Monats eine milde und wechselhafte Witterung. Dann brachten Luftmassen aus arktischen Breiten Frost und Inversionen mit eingeschränktem Austausch in den Nächten.

Der **April** war durch lange anhaltende Hochdruckwetterlagen sehr sonnig und trocken. Zwischendurch gab es Frischluft und ein paar Regenschauer durch Kaltfronten.

Der **Mai** verlief wechselhaft mit oft kühler Luft aus dem Norden. Durch wechselhafte Witterung mit guter Luftdurchmischung gab es nur geringe Schadstoffkonzentrationen.

Im **Juni** verlief die Witterung wechselhaft mit kühler und feuchter Luft vom Atlantik. Ende des Monats setzte sich sommerlich warm Luft durch.

Der **Juli** verlief weiter wechselhaft mit zum Teil kühler und feuchter Luft vom Atlantik. Das Monatsende brachte sonniges und hochsommerlich warmes Wetter.

Eine wechselhafte Witterung brachte auch der **August**. Vor allem am Monatsbeginn war es kühl mit Niederschlag, dann folgten einige trockene und hochsommerlich warme Tage.

Der **September** begann und endete mit wechselhaftem, kühlem und nassem Wetter. Dazwischen gab es viel Sonnenschein und relativ milde Luft.

Der **Oktober** brachte eine überwiegend wechselhafte und kühle Witterung durch feuchte Luft vom Atlantik. Zwischendurch gab es föhnige Phasen mit milder Luft und Sonnenschein.

Der **November** war geprägt durch häufige Hochdruckwetterlagen mit viel Sonnenschein und milder Luft. In den letzten zehn Tagen des Monats gab es eingeschränkten Luftaustausch durch Inversionswetterlagen.

Im **Dezember** gab es meist relativ mildes Wetter mit Luft von Süden oder Südwesten. Im Süden des Landes regnete und schneite es viel, im Norden nur wenig. Zum Monatsbeginn gab es eine längere kalte Witterungsperiode.

4 Diskussion

4.1 Trend der Stickstoffdioxidkonzentrationen

In den letzten 10 Jahren zeichnete sich, wie in *Abbildung 19* dargestellt, ein leicht sinkender Trend der Stickstoffdioxidkonzentrationen ab, der sich im Jahr 2018 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 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. Der langfristige Trend von Stickstoffdioxid ist aber aufgrund der verbesserten Motorentechnik weiterhin fallend.

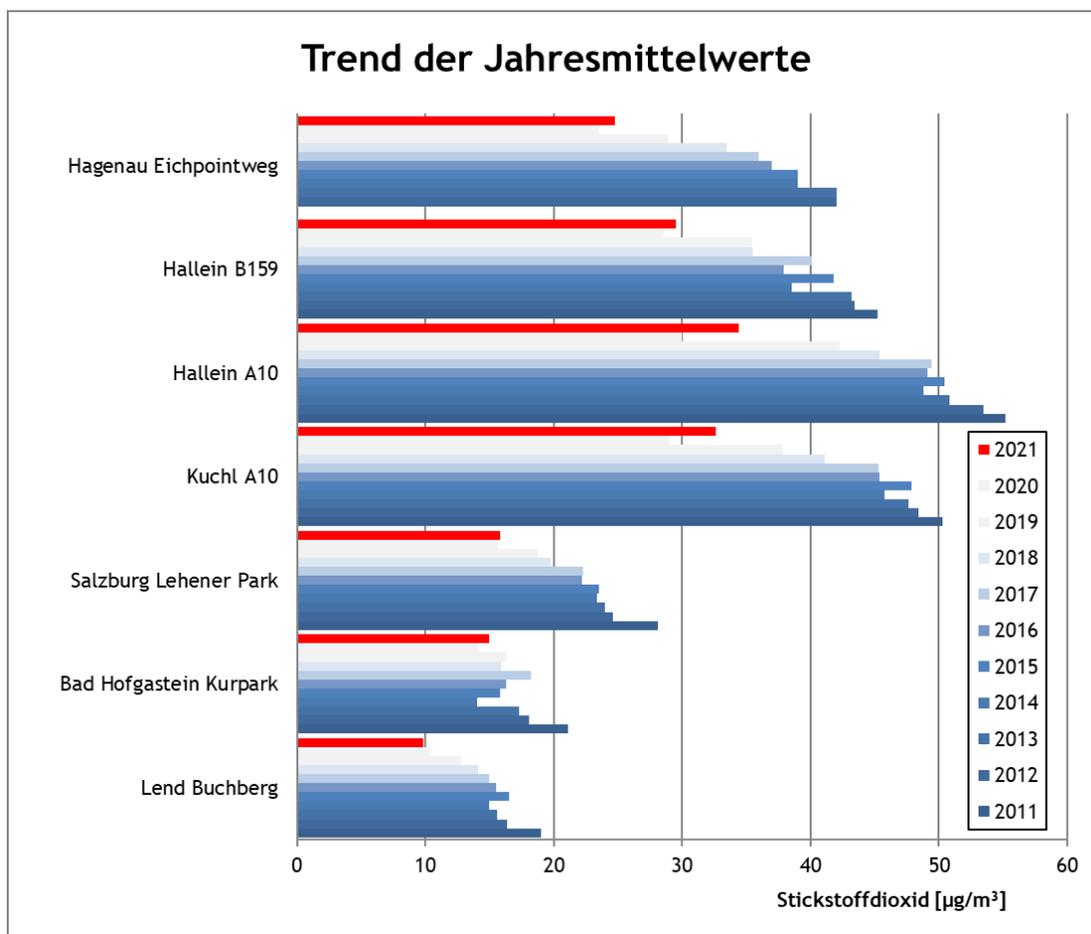


Abbildung 19: Trend der Jahresmittelwerte (2011 - 2021)

4.2 Jahreszeitlicher Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen

In *Abbildung 20* ist der jahreszeitliche Verlauf der Stickstoffdioxidkonzentrationen an drei verschiedenen Standorten für das Jahr 2021 dargestellt. Die Messstelle Lend ist eine im Pinzgau gelegene Hintergrundmessstelle, die Messstelle Puch Bahnhof liegt an der Halleiner Landstraße. Diese beiden 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.

Weiters ist der NO₂-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.

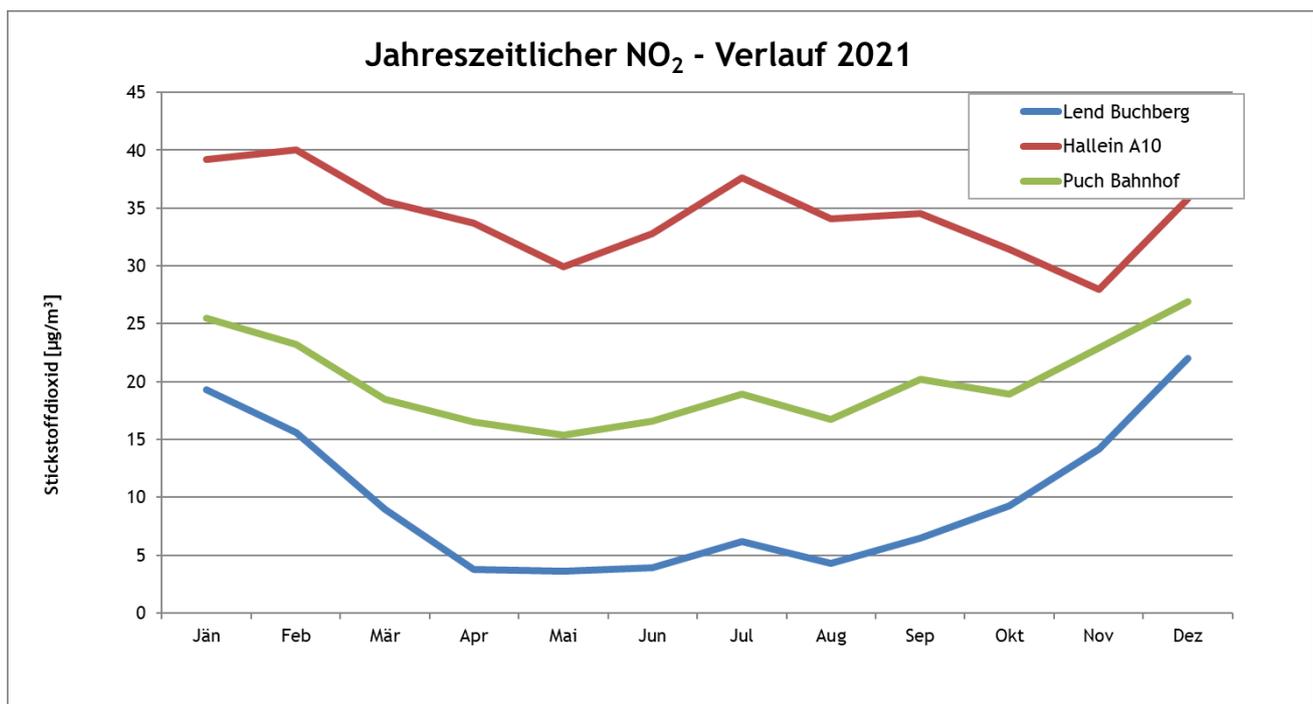


Abbildung 20: Jahreszeitlicher NO₂-Verlauf