



LAND
TIROL

Luftgüte

Stickstoffdioxid (NO₂) – Passivsammler:
Messergebnisse 2025

Impressum

Amt der Tiroler Landesregierung

Abteilung Waldschutz

Bürgerstraße 36, 6020 Innsbruck

Email: waldschutz@tirol.gv.at

www.tirol.gv.at/umwelt/luftqualitaet/

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	4
1 Einleitung.....	5
2 Stickstoffdioxid - NO ₂	6
2.1 Quellen und Senken.....	6
2.2 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Vegetation	6
3 Grenz- und Richtwerte für Stickstoffdioxid.....	7
4 Messmethode	8
4.1 Messprinzip	8
4.2 Qualitätssicherung.....	9
4.3 Messstandorte	10
5 Messergebnisse	13
5.1 Jahresmittelwerte an autobahnnahen Messstandorten in Nordtirol.....	13
5.2 Jahresmittelwerte an expositionsrelevanten Messstandorten	14
5.3 Räumlich-zeitliche Darstellung der Messergebnisse.....	16
6 Referenzen	18

Zusammenfassung

Um die Beurteilung der Immissionslage von Stickstoffdioxid (NO₂) in Tirol zu verbessern, wurde im Jahr 2018 ein Messnetz von NO₂-Passivsammlern eingerichtet. Dieses ergänzt seither die vollautomatischen NO₂-Messungen im Tiroler Luftgütemessnetz und liefert zusätzliche Informationen zu den NO₂-Belastungen an stark frequentierten Abschnitten der Autobahnen und Straßen in Tirol, sowie in expositionsrelevanten Siedlungsräumen. In diesem Bericht werden die Messergebnisse von NO₂-Passivsammlern in Tirol im Jahr 2025 diskutiert und mit den vorangegangenen Messungen von 2019 bis 2024 verglichen.

Passivsammler basieren auf dem Prinzip der Diffusion und binden atmosphärisches NO₂ als Nitrit-Ion in einem Absorptionsmedium. Da bei der Messung keine aktive Belüftung des Absorptionsmedium vonnöten ist, spricht man von einem passiven Messprinzip. Durch die im Labor durchgeführte Analyse des Absorptionsmediums nach der Probenahme kann die Masse der Nitrit-Ionen bestimmt und somit auf die NO₂-Konzentration in der Atmosphäre geschlossen werden. NO₂-Passivsammler sind leicht, klein, kostengünstig und benötigen keinen Stromanschluss. Damit sind sie vielseitig und flexibel einsetzbar. Studien zeigen auch, dass die erweiterte Messunsicherheit dabei deutlich unter der gesetzlich erlaubten Messunsicherheit liegt.

Neben Messungen die zur Dauerbeobachtung dienen, werden in jedem Jahr auch regionale Schwerpunkte gesetzt, um ein besseres Verständnis für die räumliche Belastung in Tirol zu erhalten. Diese Schwerpunkte setzten sich bisher wie folgt zusammen:

Jahr	Schwerpunkt
2019	
2020	Autobahnen A12 und A13
2021	Siedlungsraum Innsbruck und Landeck
2022	Raum Kitzbühel und St. Johann
2023	Zillertal und im Raum Innsbruck
2024	Verkehrsachse A12 Kufstein – Innsbruck
2025	Raum Lienz und Iseltal

Im Jahr 2025 wurde ein Messschwerpunkt auf den Großraum Lienz, sowie das Iseltal gelegt. Insgesamt wurden an zwölf Standorten in Osttirol NO₂-Konzentrationen vermessen.

An den autobahnnahe Messstandorten entlang der A12 und A13 zeigen die Messergebnisse von 2025 eine weitere Abnahme der NO₂-Konzentration im Vergleich zu den Vorjahren. Der Grenzwert nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) inkl. Toleranzmarge von 35 µg/m³ wurde an allen Messstandorten eingehalten. Der ausgeprägte Rückgang der Belastung ist einerseits auf die tempo- und verkehrsmindernden bzw. -steuernden Maßnahmen entlang der Verkehrsachse Kufstein-Brenner und andererseits auf den Rückgang der verkehrsbezogenen Emissionen durch die stetige Modernisierung der Fahrzeugflotte zurückzuführen.

Erfreulicherweise wurde der Grenzwert nach dem IG-L inkl. Toleranzmarge (35 µg/m³) im Jahr 2025 an allen expositionsrelevanten Probenahmestellen im Siedlungsraum ebenfalls eingehalten. Der höchste NO₂-Jahresmittelwert in Nordtirol wurde dabei mit 26 µg/m³ an der Messstelle Innsbruck Burgenlandstraße 18 registriert. Die höchsten Belastungen in Osttirol von bis zu 27 µg/m³ im Jahresmittel wurden im Ortsbereich von Lienz festgestellt.

Der laut der Richtlinie des Europäischen Parlamentes und des Rates über Luftqualität und saubere Luft in Europa ab dem Jahr 2030 einzuhaltende Grenzwert für den NO₂-Jahresmittelwert von 20 µg/m³ wurde im Messzeitraum allerdings an 14 der 36 Messstandorte überschritten. Der Richtwert für den NO₂-Jahresmittelwert der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von 10 µg/m³ wurde nur an den Passivsammlermessstandorten Kirchberg i. T. und Lienz Tiefbrunnen eingehalten.

1 Einleitung

Das Ziel der Luftqualitätsgesetzgebung und Luftgüteüberwachung ist der Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt im Allgemeinen. Die europäische Richtlinie über Luftqualität und saubere Luft in Europa (2008/50/EU) und die österreichische Gesetzgebung (Immissionsschutzgesetz–Luft (IG-L); BGBl. I Nr. 115/1997, zuletzt geändert durch das Gesetz BGBl. I Nr. 73/2018) verlangen eine Beurteilung der Luftqualität im gesamten österreichischen Staatsgebiet bzw. in den darin festgelegten Ballungsräumen und Untersuchungsgebieten. Zu diesem Zweck gilt eine qualitativ hochwertige Punktmessung mit einer zeitlichen Abdeckung über das Kalenderjahr – eine sogenannte „ortsfeste Messung“ nach dem Referenzverfahren – als sicherste Messmethode. Des Weiteren können Methoden, wie Modellrechnungen oder orientierende Messungen, sinnvoll eingesetzt werden. Diese liefern zusätzliche Informationen, beispielsweise über mögliche weitere Belastungsschwerpunkte.

Passivsammler stellen eine Möglichkeit für orientierende Messungen von Stickstoffdioxid (NO₂) dar. Sie sind kostengünstig und einfach handzuhaben, sodass Messungen mit verhältnismäßig geringem Aufwand an einer größeren Zahl von Messorten durchgeführt werden können. Dadurch ist es möglich, auch kleinräumige Unterschiede der Luftbelastung zu erfassen, wie sie zum Beispiel im Umfeld stark befahrener Straßen typisch sind. Studien, die sich mit Vergleichen von Passivsammlern und kontinuierlichen Standardmessungen befassen zeigen, dass die Passivsammlermessergebnisse für orientierende Messungen gut geeignet sind und mit den Langzeitwerten wie dem Jahresmittelwert eine sehr hohe Übereinstimmung erreichen können [Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2021].

Aufgrund von Verkehrszusammensetzung, Verkehrsaufkommen und Fahrgeschwindigkeitsbeschränkungen können NO₂-Belastungen auf einzelnen Tiroler Straßenabschnitten sehr unterschiedlich ausfallen. Um die reale Belastungssituation an den Autobahnen A12 und A13 sowie in expositionsrelevanten Siedlungsräumen im Tiroler Unter- und Oberland sowie Osttirol zu überprüfen, werden seit dem Jahr 2018 NO₂-Passivsammler im Tiroler Luftgütemessnetz angewandt. Ziele der Messungen sind,

- die Bestimmung der NO₂-Belastung an verschiedenen Autobahn- und Bundes- und Landesstraßenabschnitten in Tirol, welche durch unterschiedliche Verkehrscharakteristika und Fahrgeschwindigkeiten geprägt sind. Zur Erfassung der Unterschiede dieser Straßenabschnitte werden die Messungen in einem möglichst geringen Abstand zur Fahrbahn durchgeführt.
- die Untersuchung der NO₂-Belastung in Siedlungsbereichen bzw. Wohngebieten, welche sich unterschiedlich stark im Einflussbereich von Straßenverkehr, Gewerbebetrieben oder des Flughafens in Innsbruck befinden.

Um diese Ziele zu erreichen, werden jährlich Messungen an bis zu 36 unterschiedlichen Standorten in Tirol durchgeführt und die Jahresmittelwerte der NO₂-Konzentrationen gebildet. Der vorliegende Bericht beinhaltet die Entwicklung der NO₂-Belastung in den Jahren 2019 bis 2025 und ist wie folgt aufgebaut:

Kapitel 2 gibt einen Überblick über die Charakteristika des Spurengases NO₂. **Kapitel 3** definiert die Grenzwerte nach dem IG-L als auch der Richtlinien des Europäischen Parlaments und des Rates über Luftqualität und saubere Luft für Europa [Richtlinie 2008/50/EG; Richtlinie 2024/2881], sowie die Richtwerte der Weltgesundheitsorganisation (WHO). **Kapitel 4** beschreibt die Messmethode, die Messstandorte, sowie die Qualitätssicherung der Daten. In **Kapitel 5** werden die Ergebnisse schließlich präsentiert und diskutiert.

2 Stickstoffdioxid - NO₂

Stickstoffdioxid ist ein nicht brennbares, stechend riechendes Gas, welches sich aus einem Stickstoffatom und zwei Sauerstoffatomen zusammensetzt. Es hat eine rotbraune Farbe und wirkt stark oxidierend sowie korrosiv. Neben seiner Wirkung auf die Qualität unserer Außenluft spielt es auch als Vorläufersubstanz für die Bildung von gesundheitsschädlichem Feinstaub und von bodennahem Ozon (O₃) eine bedeutende Rolle.

2.1 Quellen und Senken

In bodennahen Luftschichten wird NO₂ hauptsächlich durch Oxidation von Stickstoffmonoxid (NO) gebildet. NO entsteht wiederum vorrangig aus atmosphärischem Stickstoff (N) und Sauerstoff (O₂) bei Temperaturen größer 1000°C. Solch hohe Temperaturen werden vor allem bei Verbrennungsprozessen erreicht. Aus diesem Grund sind die größten Quellen für NO₂ in der Atmosphäre anthropogenen und bodennahen Ursprungs. Sie umfassen vor allem Verbrennungsprozesse in Industrie und Verkehr. Dieselmotoren sind hierbei wesentlich stärkere Emittenten als Ottomotoren. Da Dieselmotoren mit mehr Luftzufuhr als Ottomotoren arbeiten, entstehen beim Verbrennungsprozess auch mehr Stickoxide. Natürliche Emissionen tragen einen viel kleineren Anteil zur atmosphärischen NO₂-Konzentration bei als anthropogene (~10% vs. ~90%). Sie finden beispielsweise bei mikrobiologischen Reaktionen in Böden, durch Blitzschläge oder infolge von Vulkanausbrüchen statt.

NO₂ selbst wird nur eingeschränkt durch Regen aus der Atmosphäre gewaschen. Allerdings kann NO₂ in der Luft zu Salpetersäure (HNO₃) reagieren und auf diesem Wege die Atmosphäre verlassen. Des Weiteren kann NO₂ durch den Einfluss des Sonnenlichtes in NO und atomaren Sauerstoff (O) gespalten werden. Der atomare Sauerstoff kann anschließend mit O₂ zu Ozon (O₃) reagieren.

2.2 Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Vegetation

NO₂ wird durch das respiratorische System des Menschen aufgenommen. Bei kurzfristig hoher Exposition, z. B. an stark befahrenen Straßen oder in Fahrzeugen selbst, können besonders bei Kleinkindern, älteren Menschen oder Personen mit Atemwegserkrankungen akute Reizwirkungen auftreten. Husten und eine kurzzeitige Verschlechterung der Lungenfunktion können die Folge sein, wobei in diesen Fällen nicht davon ausgegangen wird, dass ärztliche Hilfe in Anspruch genommen werden muss. Erst bei anhaltender Reizwirkung und dem damit assoziierten oxidativen Stress resultieren entzündliche Prozesse, die auch in anderen Organen schädigende Wirkungen entfalten können.

Eine Vielzahl epidemiologischer Untersuchungen zeigt Zusammenhänge von langfristiger NO₂-Exposition mit Erkrankungen der Lunge sowie des Herz-Kreislaufsystems (z. B. Asthma, Herzinfarkte oder Schlaganfälle). Diese direkten kurz- und langfristigen Wirkungen von NO₂ sind eine der Begründungen für die Messung und Regulierung von NO₂ in der Umgebungsluft [World Health Organization, 2013a, b, 2021; Ritz et al., 2019].

Nicht nur auf den Menschen, sondern auch auf die Umwelt hat NO₂ eine schädigende Wirkung. In direkter Emissionsnähe kann es über Blattöffnungen in Pflanzen eindringen und zu vorzeitigen Alterungsprozessen sowie zur Zerstörung von Chlorophyll führen. Des Weiteren kann NO₂ - wie schon erwähnt - in der Luft über die Reaktion zu Salpetersäure (HNO₃) aus der Atmosphäre gewaschen werden und in den Boden gelangen. Somit ist es auch ein Hauptverursacher für die Versauerung und Eutrophierung von Böden und Gewässern.

3 Grenz- und Richtwerte für Stickstoffdioxid

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt haben sich die Mitgliedstaaten der EU im Jahr 1999 darauf geeinigt, dass ab dem Jahr 2010 ein NO₂-Jahresmittelwert von 40 µg/m³ eingehalten werden muss (Richtlinie 2008/50/EG). Grundlage war seinerzeit eine Empfehlung der WHO.

Über die letzten Jahrzehnte kamen wissenschaftliche Studien allerdings vermehrt zu der Erkenntnis, dass es schon bei geringeren Konzentrationen von Schadstoffen in der Luft zu gesundheitlichen Auswirkungen kommen kann. So geht die WHO nach neuestem Erkenntnisstand für NO₂ erst bei einer mittleren Jahresbelastung von unter 10 µg/m³ davon aus, dass diese für die menschliche Gesundheit unbedenklich ist.

Aus diesem Grund veröffentlichte die Europäische Union im Herbst 2024 eine neue Richtlinie für Luftqualität und saubere Luft in Europa (Richtlinie 2024/2881). Diese sieht ab 2030 für die im IG-L geregelten Luftschadstoffe zum Teil deutlich strengere Grenzwerte als bisher vor. Die Richtlinie stellt auch einen Meilenstein für das bis zum Jahr 2050 geplante Erreichen des von der WHO empfohlenen Belastungsniveaus dar. Nach der neuen EU-Richtlinie ist ab 2030 ein NO₂-Grenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel einzuhalten.

Zurzeit wird die neue EU-Richtlinie in nationales österreichisches Recht überführt. Spätestens zum 11. Dezember 2026 sind die bis 2030 zu erreichenden Grenzwerte im IG-L zu verankern. Um eine fristgereichte Grenzwerteinhaltung sicherzustellen, müssen unter Umständen bereits vor dem Wirksamwerden der neuen Grenzwerte entsprechende Maßnahmen gesetzt werden. Diese sind in sogenannten Luftqualitätsfahrplänen festzulegen.

Wie in **Tabelle 3-1** ersichtlich, liegt der österreichische Grenzwert für den NO₂-Jahresmittelwert gemäß IG-L (BGBl. Nr. 115/1997 i. d. g. F.) zurzeit bei 35 µg/m³ (inklusive 5 µg/m³ Toleranzmarge), wobei für die Setzung von Luftreinhaltemaßnahmen (Erlassung von Luftqualitätsplänen, Maßnahmenverordnungen etc.) der unionsrechtlich festgelegte Grenzwert für den Jahresmittelwert von 40 µg/m³ maßgeblich ist.

Tabelle 3-1. Derzeit geltender Immissionsgrenzwert für den Stickstoffdioxid-Jahresmittelwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft in Österreich (JMW_{IG-L}; inkl. 5 µg/m³ Toleranzmarge) sowie der seit 2010 einzuhaltende bzw. bis 2030 zu erreichende Grenzwert nach den Richtlinien der Europäischen Union (JMW_{EU (2010)}, JMW_{EU (2030)}), als auch der Richtwert für den NO₂-Jahresmittelwert der Weltgesundheitsorganisation (WHO_{Richtwert}).

	JMW _{IG-L}	JMW _{EU (2010)}	JMW _{EU (2030)}	WHO _{Richtwert}
Immissionsgrenzwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit	35 µg/m ³	40 µg/m ³	20 µg/m ³	10 µg/m ³

4 Messmethode

4.1 Messprinzip

Bei NO_2 -Passivsammlern diffundieren atmosphärische NO_2 -Moleküle aufgrund ihrer Eigenbewegung in Richtung eines Absorptionsmediums und werden dort gebunden. Es ist eine passive Probenahme, da hierfür die Luft nicht aktiv mittels einer Pumpe durch das Absorptionsmedium geleitet wird.

Die verwendeten Passivsammler der passam AG (Zürich, CH; **Abbildung 4-1**) setzen sich aus einem Polypropylenröhrchen mit einer Öffnung von 9,8 mm Durchmesser und einem im Inneren befestigten Absorptionsmedium, bestehend aus einem Filter mit Triethanolamin, zusammen. Zur Messung wird die Schutzkappe entfernt und eine Glasfrittenmembran eingesetzt. Diese reduziert den Einfluss von Wind und Turbulenzen während der Messperiode. Anschließend wird der Sammler am Messstandort in eine nach unten geöffnete Schutzbüchse gehängt.

Nach Abschluss der vierwöchigen Probenahme wird der Sammler wieder mit der Schutzkappe verschlossen und zur Analyse in das Labor der Chemisch-Technischen Umweltschutzanstalt im Amt der Tiroler Landesregierung verbracht. Dort wird durch eine kontinuierlichen Durchflussanalyse die Menge an gelöstem Nitrit photospektrometrisch bestimmt und mit Hilfe der Fick'schen Diffusionsgleichung in eine NO_2 -Konzentration umgerechnet. Nach dem zugrundeliegenden Messprinzip kann daraus auf die mittlere Konzentration über die Dauer der Probenahme geschlossen werden.

Das Probenahme- und Messprinzip der Passivsammler bietet den Vorteil, dass die räumlichen und organisatorischen Anforderungen an die Probenahmestelle gegenüber einer stationären Luftmessstation sehr viel geringer sind, weil keine Stellfläche und kein Stromanschluss benötigt werden. Die Ausbringung eines Passivsammlers verlangt lediglich eine kleine Schutzbüchse, welche problemlos z. B. an einem Laternenmast befestigt werden kann.



Abbildung 4-1. Schematische Darstellung des Passivsammlers für Stickstoffdioxid (NO_2 ; links); Passivsammler des Röhrchen-Typs (Mitte); ein (am Boden offener) Schutzbehälter zur Installation der Passivsammler (rechts) (Quelle: passam AG; Gruppe Forst).

Der Nachteil der Passivsammler liegt darin, dass die räumliche Verteilung von Luftschadstoffen hochkomplex ist und unter anderem von den meteorologischen Bedingungen am Standort und den variierenden Emissionsparametern bestimmt wird. Die zu messenden Luftschadstoffkonzentrationen sind somit zeitlich und räumlich starken Schwankungen unterworfen. Durch die Messung mit Passivsammlern kann lediglich festgestellt werden, wie hoch die Belastung im Mittel über einen bestimmten Zeitraum war. Spitzenwerte (wie

etwa bei einem Verkehrsstau) oder Tiefstwerte (wie etwa während eines Sturmereignisses) fließen somit in diese mittlere Belastung ein. Die Ergebnisse der Passivsammlermessungen werden zudem von der Umgebungstemperatur, dem Luftdruck, der Luftfeuchte, den Windgeschwindigkeiten an der Fritte sowie von den NO- und O₃-Konzentrationen am Messstandort beeinflusst. Deshalb wird die NO₂-Messung mittels Passivsammler als eine „orientierende“ Messmethode angesehen.

4.2 Qualitätssicherung

Der Gebrauch und die Auswertung der Passivsammlermessungen ist mittels ÖNORM EN 16339 („Außenluft – Bestimmung der Konzentration von NO₂ mittels Passivsammler“) standardisiert. Diese Norm dient als Grundlage für die Durchführung der Messungen, der Qualitätssicherung und der Auswertungen im Fachbereich Luftgüte der Abteilung Waldschutz im Amt der Tiroler Landesregierung. Für die interne Kalibrierung der Passivsammlerergebnisse werden jeweils zwei NO₂-Passivsammler direkt neben der Luftansaugvorrichtung der Referenzmessungen an fünf Messstellen mit sehr unterschiedlichen NO₂-Belastungen positioniert. Als Referenzmethode dient eine kontinuierliche NO₂-Messung mittels Chemilumineszenz (Messgerät Horiba APNA 370 bzw. 380). Folgende Messstellen im Tiroler Luftgütemessnetz werden für die Kalibrierung herangezogen: Vomp Raststätte A12, Vill Zenzenhof bzw. Mutters Gärberbach A13, Innsbruck Fallmerayerstraße, Innsbruck Sadrach und Imst A12, Lienz Amlacherkreuzung, Lienz Tiefbrunnen bzw. Wörgl Stelzhamerstraße. An allen Referenzmessstellen ist für die Qualitätssicherung im Labor ein zusätzlicher verschlossener Sammler angebracht (Nullmessung). Die mittlere relative Standardabweichung der Doppelproben betrug im Jahr 2025 ±3,67%.

Die Ergebnisse der jeweils ca. vierwöchigen Passivsammlermessungen werden in einem ersten Schritt mit den Referenzmessungen verglichen. Dabei wird der Zusammenhang zwischen den beiden Messungen für jede Messperiode mittels einer Potenzfunktion der Form $f(x)=k \cdot x^n$ beschrieben. Mit Hilfe dieser Funktion können alle Messergebnisse der Passivsammler in den jeweiligen Perioden an die Referenzmessungen angepasst und kalibriert werden. **Tabelle 4-1** fasst die ermittelten Funktionsparameter aller Messperioden im Jahr 2025 zusammen. **Tabelle 4-2** zeigt die Jahresmittelwerte, welche aus den Rohwerten der Passivsammlermessungen, den kalibrierten Messergebnissen und den kontinuierlichen Messungen der Referenzmethode an den fünf Messstandorten ermittelt wurden.

Tabelle 4-1. Bestimmtheitsmaß (R^2) sowie Parameter der Kalibrierfunktion $f(x)=k \cdot x^n$ für die einzelnen Messperioden im Jahresverlauf (SF = Standardfehler des Parameters).

Messbeginn	Messende	R^2	k	±SF	n	±SF
Dez 2024	Jan 2025	0,969883	1,774846	0,535784	0,894932	0,089215
Jan 2025	Feb 2025	0,970563	1,874822	0,522060	0,861809	0,082343
Feb 2025	Mrz 2025	0,995198	1,674669	0,177677	0,868093	0,033388
Mrz 2025	Apr 2025	0,996118	1,485473	0,145476	0,868243	0,033507
Apr 2025	Mai 2025	0,995364	1,204783	0,145624	0,926784	0,041491
Mai 2025	Jun 2025	0,991126	1,173973	0,194629	0,933899	0,057471
Jun 2025	Jul 2025	0,993370	1,026324	0,157523	0,985937	0,053042
Jul 2025	Jul 2025	0,991685	1,015399	0,175973	0,980794	0,059900
Jul 2025	Aug 2025	0,995884	1,150478	0,121461	0,947038	0,036135
Aug 2025	Sep 2025	0,994878	1,028673	0,127050	0,973880	0,042426
Sep 2025	Okt 2025	0,988292	0,728059	0,150165	1,124959	0,072106
Okt 2025	Nov 2025	0,985814	1,292916	0,267770	0,955554	0,066855
Nov 2025	Dez 2025	0,949060	1,816959	0,656562	0,865367	0,108757

Gemäß der novellierten EU-Richtlinie ist bei ortsfesten Messungen bezogen auf den Jahresmittelwert mit einer Mindestdatenerfassung von 85% eine Messunsicherheit von 30% zulässig. Bei orientierenden Messungen beträgt die höchstzulässige Messunsicherheit 40%. Das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen ermittelte 2021 auf Grundlage eines großen Datenpools aus Passivsammlermessungen mehrerer deutscher Bundesländer für den NO₂-Jahresmittelwert eine erweiterte Messunsicherheit von 8,6%. Diese liegt somit klar innerhalb der zulässigen Messunsicherheit für orientierende Messungen (sogar innerhalb

der zulässigen Messunsicherheit für ortsfeste Messungen) und belegt die Eignung dieser Messmethode [Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2021].

Tabelle 4-2. Vergleich der errechneten Jahresmittelwerte aus den Rohwerten der Passivsammler (JMW_{PS}), den kalibrierten Messwerten (JMW_{CAL}) und den Referenzmessungen (JMW_{KONT}) in den Zeiträumen von 18.12.24 bis 17.12.25 um jew. 12 Uhr (Nordtiroler Messstellen) und von 11.12.24 bis 10.12.25 um jew. 12 Uhr (Osttiroler Messstellen), sowie dem gesamten Kalenderjahr 2025 vom 1.1. bis 31.12.2025 (JMW 2025) im Tiroler Luftgütemessnetz (entnommen aus dem Jahresbericht zur Luftgüte 2025).

Standort	JMW _{PS}	JMW _{CAL}	JMW _{KONT}	JMW 2025
Innsbruck Fallmerayerstraße	18,6	20,3	20,4	20
Innsbruck Sadrach	9,2	10,7	10,1	10
Lienz Amlacherkreuzung	22,9	24,3	22,9	23
Lienz Tiefbrunnen	8,0	9,5	9,4	10
Vill Zenzenhof A13	23,3	25,0	24,5	24
Vomp Raststätte A12	25,4	26,8	27,0	27
Wörgl Stelzhammerstraße	13,9	15,6	16,2	16

4.3 Messstandorte

Im Zeitraum von 2020 bis 2025 wurden jährlich bis zu 36 Standorten in Tirol Passivsammlermessungen durchgeführt (2,2 m über Grund - an Referenzstationen auf Höhe der Ansaugung in ca. 4 m über Grund). In **Abbildung 4-2** sind die Messstellen Zirl Dirschenbach A12 (km 93,3) und die Referenzmessstelle Wörgl Stelzhammerstraße als Beispiel dargestellt. Die Passivsammler befinden sich in den PVC-Schutzbehältern, welche mit Kabelbindern auf Eisenstangen bzw. Eisenrohren befestigt werden. An den Referenzmessstellen befinden sich die Passivsammler in unmittelbarer Nähe zu den Luftansaugöffnungen für die kontinuierliche NO₂-Messung als Referenzmethode.



Abbildung 4-2. Beispiele für typische Messstandorte im Passivsammler-Messnetz. Links: Messstelle Zirl Dirschenbach A12 (km 93,3) als verkehrsnaher Standort. Rechts: Referenzmessstelle Wörgl Stelzhammerstraße, mit Anbringung des Passivsammlers neben der Ansaugöffnung des kontinuierlich messenden Messgeräts für die NO₂-Referenzmessung. Die roten Kreise heben die Passivsammler in den Fotos hervor (Quelle: Gruppe Forst).

Manche Standorte wurden nach einem Messzeitraum von einem Jahr wieder verlegt, um auf diese Art eine größere räumliche Abdeckung zu erreichen. So verlegte man 2022 elf Messstandorte in die Siedlungsräume von Kitzbühel und St. Johann in Tirol, während 2020 und 2021 die Aufmerksamkeit im Inn- und Wipptal lag. In den Jahren 2023 bzw. 2024 wurden die Schwerpunkte auf immissionsrelevante Gebiete im Zillertal und im Raum Innsbruck bzw. autobahnnaher aber expositionsrelevante Messungen entlang der Verkehrsachse A12 zwischen Kufstein und Innsbruck gelegt. 2025 wurde der Fokus auf verkehrsnaher Messungen im Raum Lienz und Iseltal gelegt.

In **Abbildung 4-3** sind die Passivsammlerstandorte in Osttirol auf einer Karte veranschaulicht. Es wurden verkehrsnaher NO_2 -Konzentrationen entlang der Bundesstraßen B100, B107a und B108, sowie im Ortszentrum von Matriei bestimmt. Ein verkehrsnaher Messschwerpunkt wurde im Ortsbereich Lienz gesetzt. **Tabelle 4-3** und **Tabelle 4-4** geben einen Überblick über die räumliche und zeitliche Verteilung der Passivsammler in Ost- und Nordtirol im Untersuchungszeitraum 2020 bis 2025.

Tabelle 4-3. Räumlicher Überblick über die Passivsammlermessungen in Osttirol im Jahr 2025.

Standort	Längengrad	Breitengrad
Ainet B108 Felbertauernstraße	12,683745	46,870301
Lienz Amlacherkreuzung	12,765627	46,827736
Lienz B100 Albin Egger Straße	12,760666	46,828201
Lienz B100 Europaplatz	12,768782	46,828276
Lienz B100 Kärntner Straße	12,780264	46,831819
Lienz B100 Pustertaler Straße	12,755324	46,821495
Lienz B100 Tiroler Straße	12,764837	46,827568
Lienz B108 Iseltaler Straße	12,755773	46,829560
Lienz Tiefbrunnen	12,766014	46,819107
Matriei Schulzentrum	12,540634	46,999005
Nußdorf-Debant Drautalstraße	12,805463	46,830110
Nußdorf-Debant Glocknerstraße	12,805463	46,830110

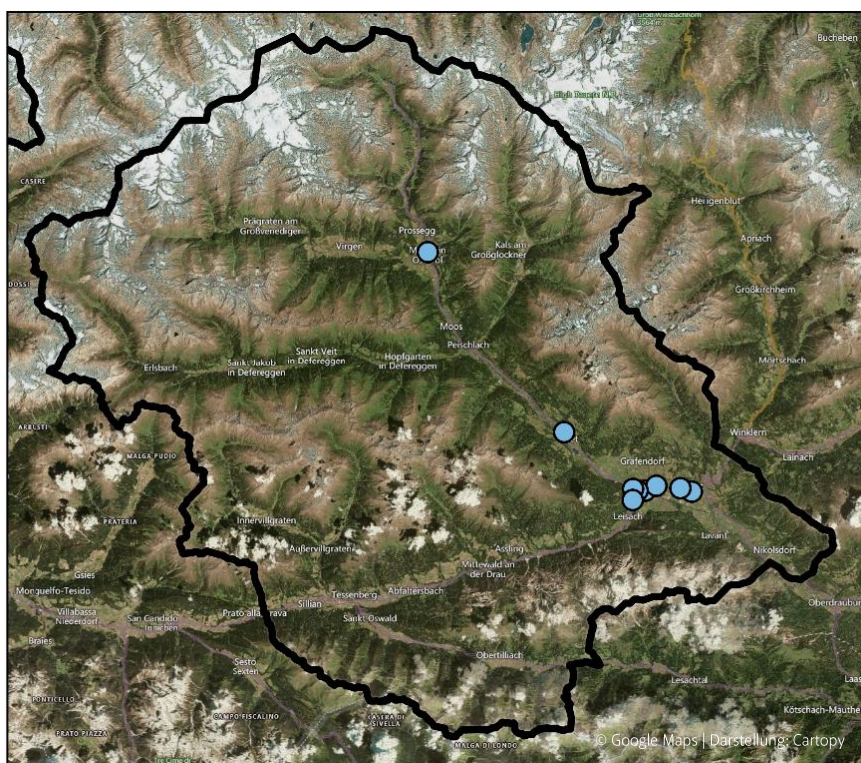


Abbildung 4-3. Passivsammlerstandorte im Bezirk Osttirol in den Gemeinden Matriei, Ainet, Lienz und Nußdorf-Debant. Kartengrundlage: Google Maps (Quelle: Gruppe Forst).

Tabelle 4-4. Räumlicher und zeitlicher Überblick über die Passivsammlermessungen in Nordtirol.

Standort	Längengrad	Breitengrad	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Aldrans L32 (km 2,0)	11,432700	47,253594				•		
Aldrans Zentrum	11,446167	47,251564				•		
Ampass A12 (km 71.5)	11,459251	47,266308	•	•	•	•	•	•
Ampass A12 (km 71.5) - Begleitweg	11,459175	47,266347	•	•	•	•	•	•
Brixlegg Bahnhof	11,877191	47,434414					•	
Brixlegg Innweg	11,871818	47,428567					•	
Ebbs A12 (km 0,5) - Eichelwang	12,187029	47,602230					•	
Ellmau B178 (km 17.0)	12,286892	47,520028			•			
Fügen Dorf	11,849247	47,347056				•		
Fügen Gagering	11,851364	47,362228				•		
Fügen Kapfing	11,861667	47,333503				•		
Imst A12	10,735687	47,216954	•	•				
Innsbruck Bleichenweg 54	11,435014	47,259296	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Burgenlandstraße 18	11,413661	47,259217	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Bürgerstraße 36 Innenhof	11,390797	47,262522	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Fallmerayerstraße	11,392356	47,262622	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Flughafen Ost	11,363885	47,262090	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Flughafen West	11,329220	47,258757	•	•				
Innsbruck Hallerstraße	11,444147	47,277214	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Kar-Innerebner-Straße	11,351471	47,267127	•	•				
Innsbruck Kranebitten B171	11,335886	47,262072				•		
Innsbruck Langer Weg	11,426433	47,269881	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Sadrach	11,374617	47,269915	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Sieglanger	11,357823	47,254146	•	•	•	•	•	•
Innsbruck Technikerstraße	11,339374	47,264526	•	•				
Inzing-Zirl Raststätte A12 (ab 12.5.2021)	11,212202	47,277163		•				
Kematen L13 (km 2,5)	11,266681	47,251489				•		
Kirchberg i. T. Weinberg 32	12,315875	47,453250			•	•	•	•
Kitzbühel B170 (km 29.0)	12,374183	47,450669			•			
Kitzbühel Bauhof	12,386228	47,458656			•			
Kitzbühel Bezirkshauptmannschaft	12,390347	47,444819			•			
Kitzbühel Hornkreuzung	12,392036	47,449547			•			
Kolsass A12 (km 58.7)	11,609768	47,303418	•	•				
Kramsach A12 (km 34,8) - Begleitweg	11,854417	47,420754					•	
Kufstein Schubertstraße	12,162325	47,583689					•	
Kundl A12 Fahrtrichtung Innsbruck	11,958039	47,469297						•
Kundl A12 Fahrtrichtung Kufstein	11,958265	47,469037						•
Kundl A12 (km 25,1) - Begleitweg	11,958332	47,468953					•	
Langkampfen A12 (km 8,6) - Begleitweg	12,120076	47,548661					•	
Mutters Gärberbach A13	11,390647	47,239548	•	•				
Natters Fleischhof Schmid	11,390647	47,239548	•	•				
Oberndorf i. T. Gemeinde	12,385286	47,499894			•			
Schönberg im Stubaital A13 (km 8.4)	11,398051	47,194832	•	•				
Schönberg im Stubaital Gemeinde	11,404953	47,185619		•				
Silz A12 (km 114.7)	10,943396	47,273356	•	•				
St. Johann i. T. Apfeldorf	12,414803	47,514706			•			
St. Johann i. T. B178 (km 29.0)	12,424511	47,526781			•			
St. Johann i. T. Bauhof	12,432939	47,528092			•			
St. Johann i. T. Griesbach	12,396506	47,501578			•			
St. Johann i. T. Sommerer	12,424533	47,512658			•			
Stams A12 (km 111.1)	10,985076	47,285325	•	•				
Stams A12 (km 46.0)	11,736608	47,369825	•	•				
Telfs Bahnhofstraße	11,071560	47,302143	•	•				
Tulfes A12 (km 65.0)	11,543250	47,280233				•	•	
Vill A13 (km 4.4)	11,393705	47,227998	•					
Vill Zenzenhof	11,392008	47,225466			•	•	•	•
Völs A12 (km 83.5)	11,316307	47,263703	•	•	•	•	•	•
Völs Sonnwinkel	11,334750	47,252900				•		
Vomp A12 (km 49.6)	11,696596	47,352406	•					
Vomp An der Leiten	11,694550	47,350000		•	•	•	•	•
Vomp Raststätte A12	11,692017	47,348781	•	•	•	•	•	•
Wattens Bahnhofstraße	11,591291	47,290578						•
Wattens Ost Kristallweltenstr.	11,602159	47,296700					•	•
Wattens Zentrum Swarovskistraße	11,593332	47,296134					•	•
Wörgl A12 (km 19,0) - Gewerbepark	12,034844	47,484572					•	
Wörgl Kreuzung B171 Stelzhamerstraße	12,067850	47,487506			•	•	•	•
Wörgl Stelzhamerstraße	12,066631	47,488555			•	•	•	•
Zirl Bauhof	11,235268	47,265015	•	•				
Zirl Dirschenbach A12 (km 93.3)	11,189303	47,283844	•	•	•	•	•	•
Zirl Dirschenbach B171 (bis 12.5.2021)	11,190768	47,283890	•	•				
Zirl Mühlgasse	11,242308	47,276625				•		
Zirl Zentrum	11,241544	47,273522				•		

5 Messergebnisse

5.1 Jahresmittelwerte an autobahnnahen Messstandorten in Nordtirol

Die zeitliche Entwicklung der Jahresmittelwerte in **Abbildung 5-1** zeigt einen rückläufigen Trend der NO₂-Konzentration von 2019 bis 2025 für sämtliche autobahnnahen Messstellen. Die Ausnahme bildet die Messstelle Völs A12 (km 83,5). Aufgrund von Baustellenaktivitäten und damit verbundenen Spurverlegungen sowie Tempobeschränkungen wurde dort im Jahr 2024 ein niedrigerer Wert als im Jahr 2025 verzeichnet. Auch die Messstelle Vomp Raststätte A12 wurde im Jahr 2025 von einer im Nahbereich gelegenen Baustelle mit Tempobeschränkungen im Zeitraum von April bis November 2025 beeinflusst.

Während im Jahr 2019 der EU-Grenzwert von 40 µg/m³ noch an fünf Messstellen im Bereich der IG-L Verkehrsmaßnahmen (permanente Tempo-100 Geschwindigkeitsbeschränkung und Schwerverkehrsmaßnahmen) überschritten wurde (Ampass A12, Kolsass A12, Vill A13, Vomp Raststätte A12 & Vomp A12 (km 49,6)), war dies 2020 sowie 2021 nur mehr an der Messstelle Ampass A12 (km 71.5) der Fall. In den Jahren 2022 und 2023 wurde mit 39,8 µg/m³ bzw. 36,8 µg/m³ auch dort der derzeit gültige EU-Grenzwert eingehalten. Seit dem Jahr 2024 wird erstmals an allen autobahnnahen Messstellen der Grenzwert für den Jahresmittelwert von 35 µg/m³ inkl. 5 µg/m³ Toleranzmarge nach dem IG-L eingehalten. Der ab dem Jahr 2030 einzuhaltende Grenzwert nach der neuen Luftqualitätsrichtlinie wurde 2025 nur an den beiden Messstellen in Kundl eingehalten. Dort wurde an den Fahrbahnrandern beider Spurrichtungen die gleiche mittlere NO₂-Jahresbelastung verzeichnet (19 µg/m³).

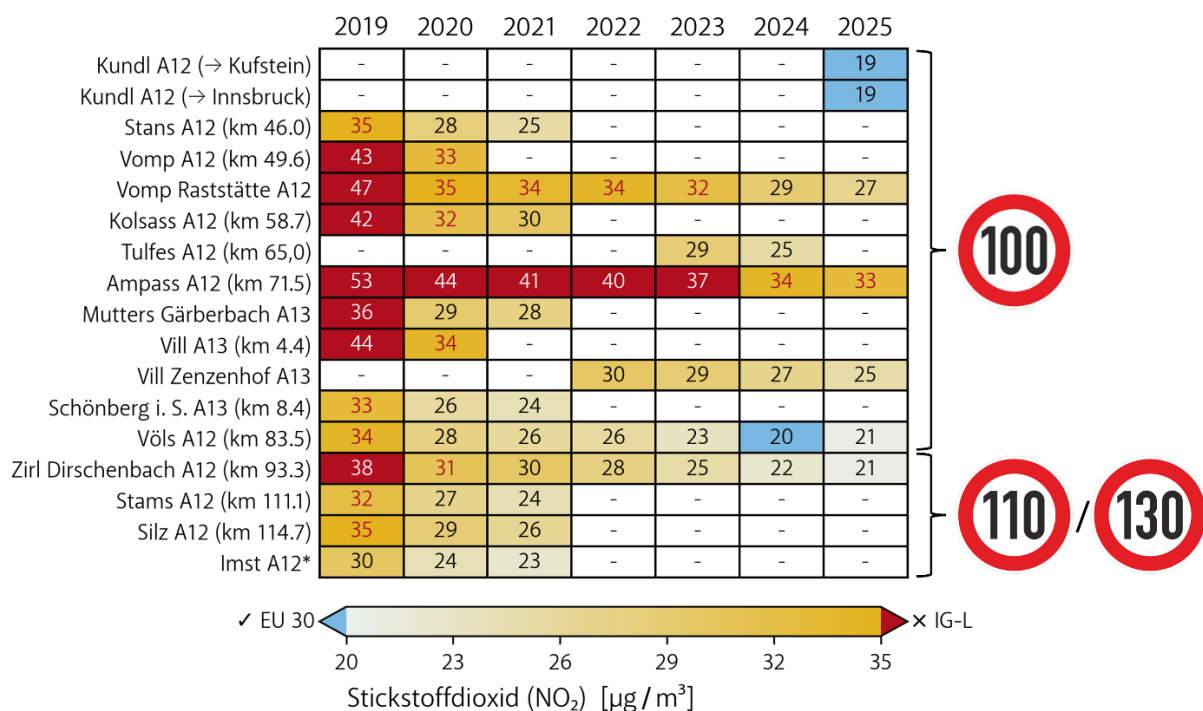


Abbildung 5-1. NO₂-Jahresmittelwerte an autobahnnahen Messstandorten des Tiroler Passivsammler-Messnetzes. Dunkelrote Zellen kennzeichnen Überschreitungen des Grenzwertes nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) inkl. Toleranzmarge (35 µg/m³). Dunkelrote Beschriftungen kennzeichnen Überschreitungen des Grenzwertes ohne Toleranzmarge nach dem IG-L (30 µg/m³). Hellblaue Zellen kennzeichnen Messwerte unterhalb des ab 2030 einzuhaltenden EU-Jahresgrenzwertes von 20 µg/m³. Die Einträge reihen sich nach dem am Messstandort rechtlich vorgeschrieben Tempolimit (100 bzw. 130/110 km/h - 110 km/h gültig zw. 22:00 – 5:00 Uhr; grau schattiert).

*Ganzjährige IG-L-Tempo 100 Beschränkung seit 2021 auf November bis Jänner eingeschränkt, seit Ende 2023 ganzjährig aufgehoben (Quelle: Gruppe Forst).

Die relative Veränderung der durchschnittlichen täglichen Anzahl an Kraftfahrzeugen von 2019 bis 2025 an den nächstgelegenen Verkehrszählstellen der ASFINAG (Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-Aktiengesellschaft) ist in **Abbildung 5-2** dargestellt. Es ist zu erkennen, dass die Verkehrsdichte im Jahr 2025 wieder annähernd das Niveau vor der COVID-19 Pandemie erreicht hat. Trotz dieser Verkehrsentwicklung ist die NO₂-Belastung rückläufig. Dies ist insbesondere auf die verbesserte Motorenteknik samt Abgasreinigung, die stetige Zunahme von Elektrofahrzeugen sowie auf die tempo- und verkehrsmindernden bzw. -steuernden Maßnahmen entlang der Verkehrsachse Kufstein-Brenner zurückzuführen. Durch die mehrmonatige Sperre des Arlbergtunnels war im Jahr 2024 an den Zählstellen im Tiroler Oberland die Verkehrsdichte vermindert.

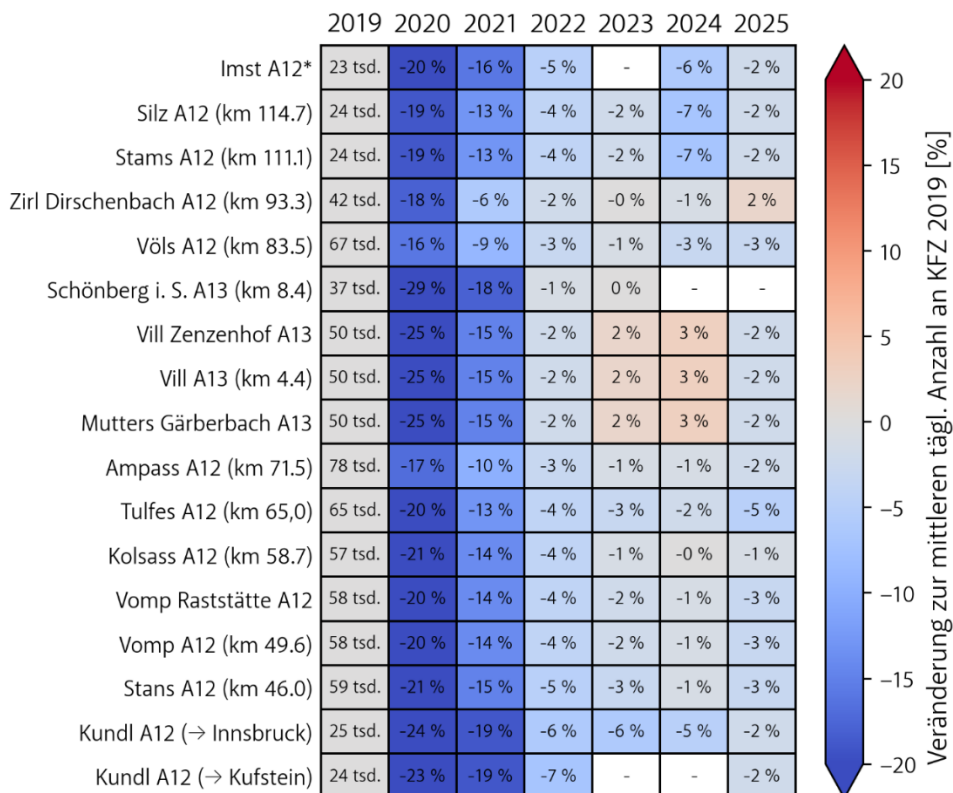


Abbildung 5-2. Relative Veränderung der durchschnittlichen täglichen Fahrzeugzahlen (Mo–So) von 2020 bis 2025 im Vergleich zum Referenzjahr 2019 an den nächstgelegenen Zählstellen der Messstationen (www.asfinag.at/verkehr/verkehrszaehlung; Quelle: Gruppe Forst).

5.2 Jahresmittelwerte an expositionsrelevanten Messstandorten

Zusätzlich zu den Messungen an den Autobahnen werden seit 2019 auch in diversen Siedlungsgebieten in Ost- und Nordtirol, welche sich im Einflussbereich von Straßen, eines Gewerbes oder des Flughafens Innsbruck befinden, NO₂-Konzentrationen ermittelt (**Abbildung 5-3**).

Im Jahr 2025 lag der Messschwerpunkt im Großraum Lienz sowie im Iseltal. Insgesamt wurden an zwölf Standorten in Osttirol NO₂-Konzentrationen erfasst. Der derzeit nach IG-L geltende Grenzwert von 35 µg/m³ (inkl. 5 µg/m³ Toleranzmarge) wurde dabei überall eingehalten. Die höchsten Belastungen (bis zu 27 µg/m³ im Jahresmittel) traten im Ortsbereich von Lienz auf (**Abbildung 5-4**). In Nordtirol wurden die höchste Belastung an der Messstelle Innsbruck Burgenlandstraße 18 registriert (26 µg/m³).

Wenn auch nicht so ausgeprägt wie an den autobahnnahen Standorten, zeigt sich auch an den expositionsrelevanten Messstandorten, über die vergangenen Jahre ein rückläufiger Trend des NO₂-Gehalts in der Umgebungsluft. Erfreulich ist, dass in allen Jahren der Jahresgrenzwert inkl. Toleranzmarge für NO₂ nach dem IG-L eingehalten wurde (35 µg/m³). An 17 der 24 expositionsrelevanten Messstandorte wurde auch der ab 2030 einzuhaltende EU-Grenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel eingehalten.

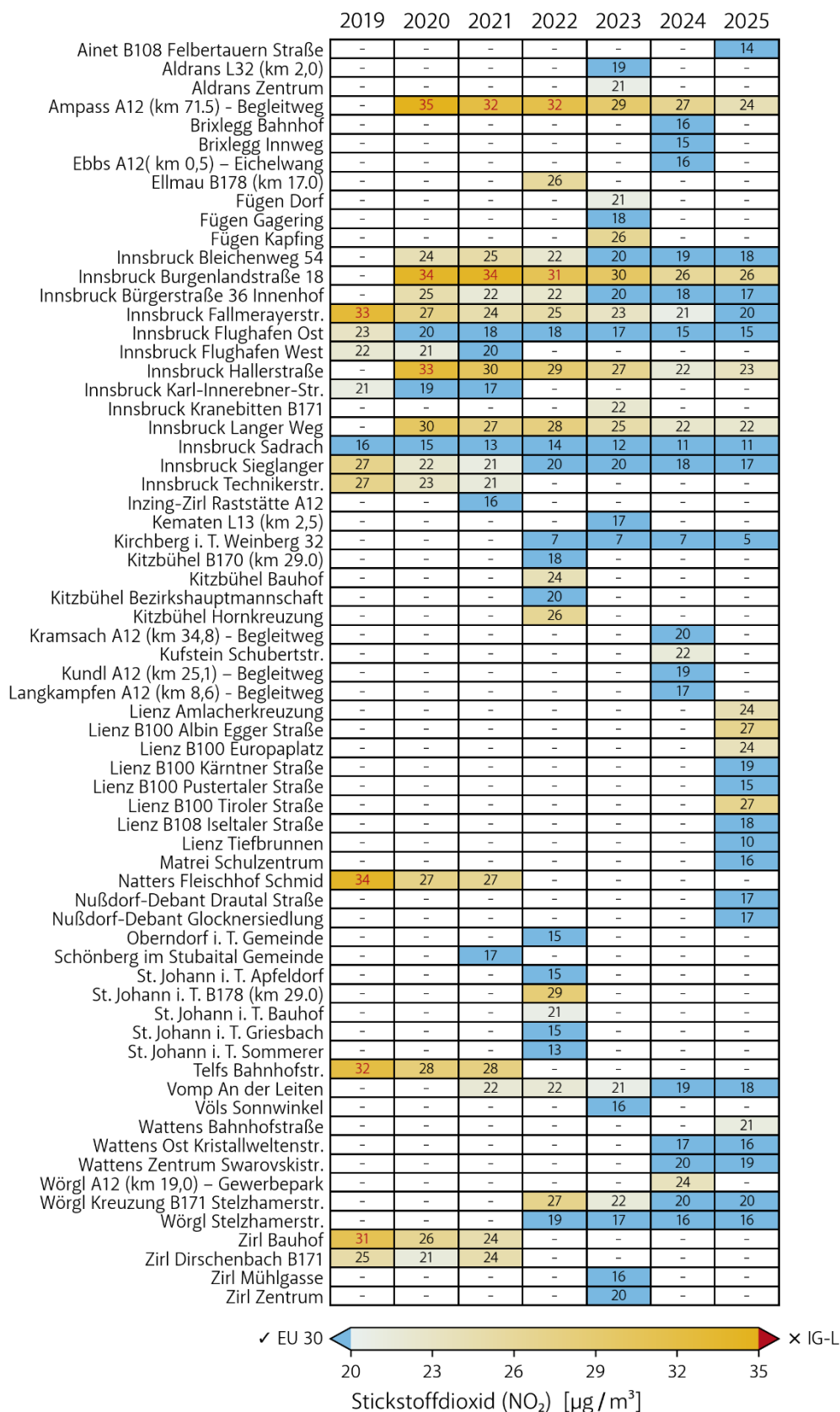


Abbildung 5-3. NO₂-Jahresmittelwerte an allen expositionsrelevanten Messstandorten der Passivsammler. Dunkelrote Zellen kennzeichnen Überschreitungen des Grenzwertes nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) inkl. Toleranzmarge (35 µg/m³). Dunkelrote Beschriftungen kennzeichnen Überschreitungen des Grenzwertes ohne Toleranzmarge nach dem IG-L (30 µg/m³). Hellblaue Zellen kennzeichnen Messwerte unterhalb des ab 2030 einzuhaltenden EU-Jahresgrenzwertes von 20 µg/m³. Die Messstation Zirl Dirschenbach B171 wurde am 12.5.2021 an die nahegelegene Raststätte A12 Inzing-Zirl verlegt – die dargestellten Werte zeigen in diesem Falle den Mittelwert von 23.12.2020 bis 12.5.2021 an der Messstelle Zirl Dirschenbach B171 sowie von 12.5.2021 bis 22.12.2021 an der Messstelle Inzing-Zirl Raststätte A12 (Quelle: Gruppe Forst).

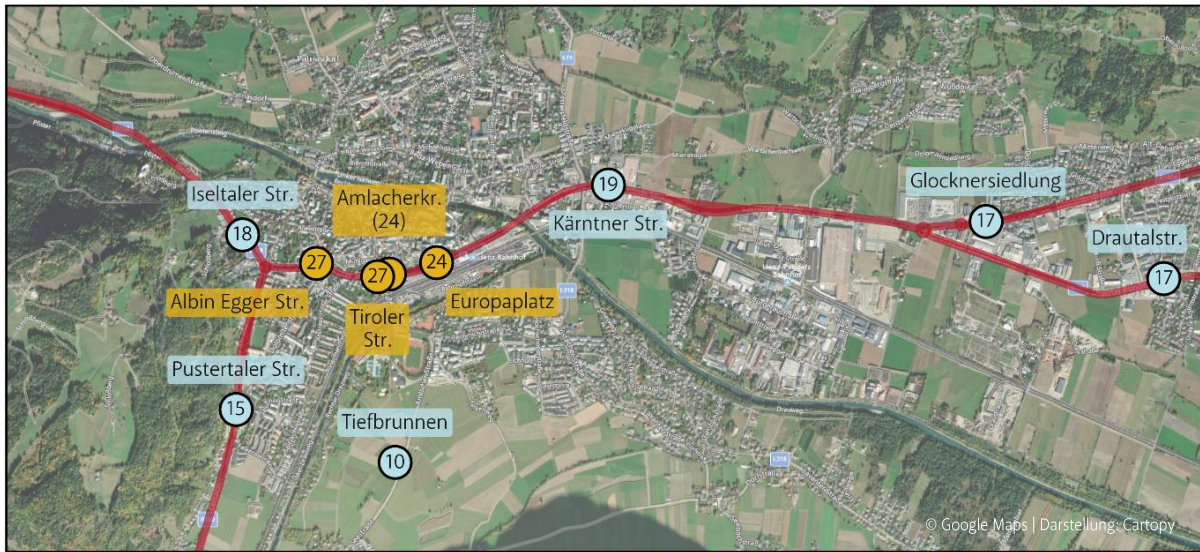


Abbildung 5-4. Passivsammlerstandorte in Lienz und Nußdorf-Debant entlang der Straßen B100, B107a und B108. Zahlenwerte zeigen die NO₂-Belastung im Jahresmittel an der jeweiligen Messstelle (gelb: Einhaltung des Jahresgrenzwertes nach dem IG-L von 35 µg/m³ (inkl. 5 µg/m³ Toleranzmarge); blau: Einhaltung des ab 2030 einzuhaltenden EU-Jahresgrenzwertes von 20 µg/m³). Kartengrundlage: Google Maps (Quelle: Gruppe Forst).

5.3 Räumlich-zeitliche Darstellung der Messergebnisse

Zur besseren Veranschaulichung des Rückganges der NO₂-Belastung in Tirol zeigt **Abbildung 5-5** die räumlich-zeitliche Entwicklung der NO₂-Messergebnisse im Passivsammlermessnetz sowie an den kontinuierlichen Messstellen im Tiroler Luftgütemessnetz. Dazu wurde eine Klasseneinteilung, die auf den in **Kapitel 3** beschriebenen Grenzwerten basiert, herangezogen (**Tabelle 5-1**).

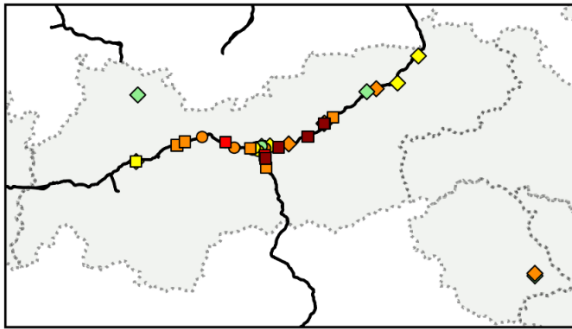
Klar erkennbar ist eine Abnahme der NO₂-Belastung über den gesamten Messzeitraum. Wie schon in **Kapitel 5.1** muss festgehalten werden, dass dies vor allem durch schadstoffärmere Fahrzeuge (kontinuierliche Erneuerung der Fahrzeugflotte) und die tempo- und verkehrsmindernden bzw. verkehrssteuernden Maßnahmen entlang der Verkehrsachse Kufstein-Brenner ermöglicht wurde.

Der ab 2030 einzuhaltende Grenzwert der neuen EU-Luftqualitätsrichtlinie wurde an 14 von 36 Messstandorten überschritten. Die Grenzwertempfehlung der WHO konnte gar nur an zwei Standorten des Passivsammlermessnetzes eingehalten werden, nämlich an den Messstellen Kirchberg i. T. Weinberg 32 und Lienz Tiefbrunnen.

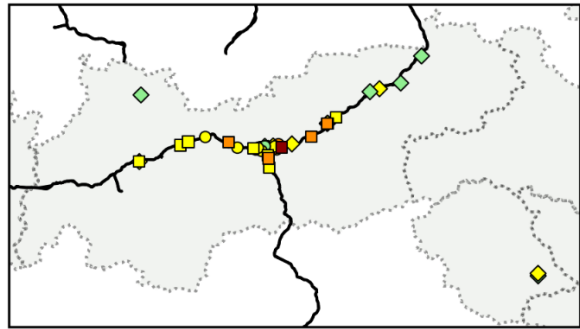
Tabelle 5-1. Klassifizierung der Stickstoffdioxid-Immissionen im Jahresmittel.

NO ₂ [µg/m ³]	Beschreibung
0 - 10	Einhaltung der Grenzwertempfehlung der Weltgesundheitsorganisation
11 - 20	Einhaltung des bis 2030 zu erreichenden EU-Grenzwertes
21 - 30	Einhaltung des Grenzwertes nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft
31 - 35	Überschreitung des Grenzwertes nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft; Einhaltung des Grenzwertes nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft inkl. Toleranzmarge
36 - 40	Überschreitung des Grenzwertes nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft inkl. Toleranzmarge; Einhaltung des seit 2010 geltenden EU-Grenzwertes
> 40	Überschreitung des seit 2010 geltenden EU-Grenzwertes

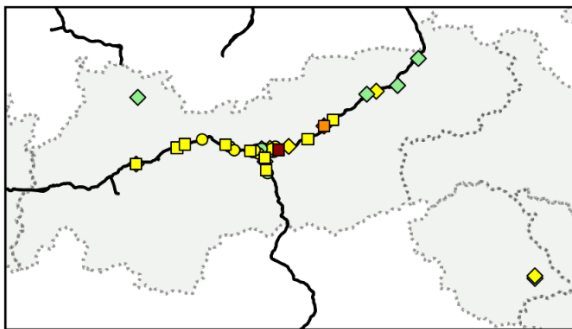
2019



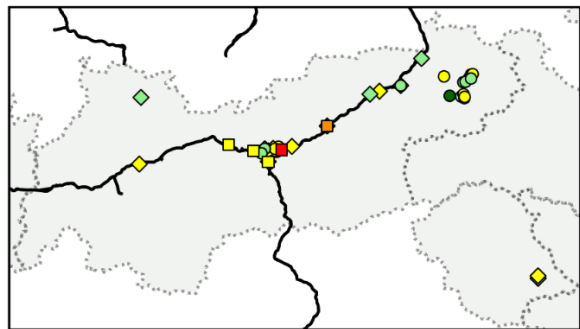
2020



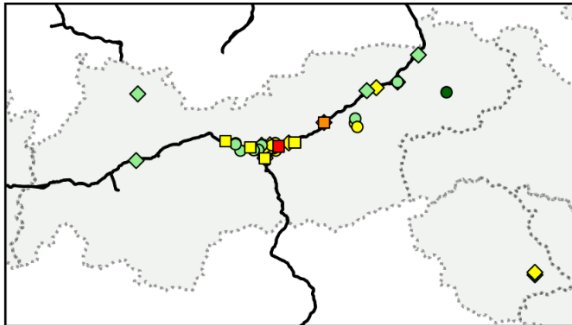
2021



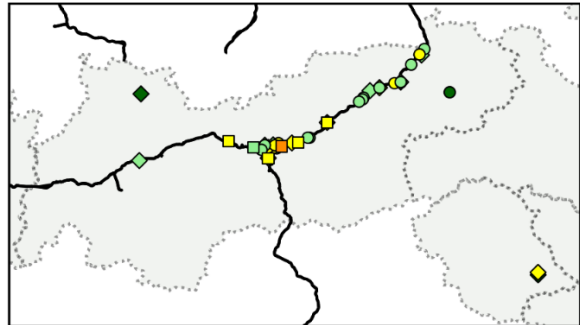
2022



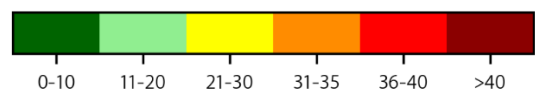
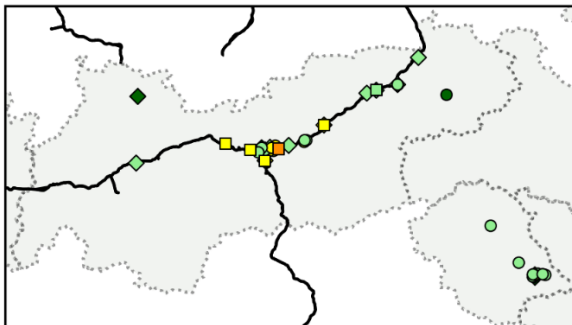
2023



2024



2025



Stickstoffdioxid (NO₂) JMW [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

- autobahnnahe
- expositionsrelevant
- ◇ Tiroler Luftgütemessnetz

Abbildung 5-5. Räumliche Verteilung der NO₂-Messstellen in Tirol. Neben den autobahnnahe und expositionsrelevanten Messstandorten der Stickstoffdioxid-Passivsammler werden auch die Standorte der kontinuierlichen Messungen des Tiroler Luftgütemessnetz gezeigt. Farben kennzeichnen die Einstufung des Jahresmittelwerts (JMW) der jeweiligen Messstelle auf Basis der Einteilung in **Tabelle 5-1**. Schwarze Linien kennzeichnen Autobahnen und Schnellstraßen (Quelle: Gruppe Forst).

6 Referenzen

Europäische Union (2008): Richtlinie 2008/50/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21.5.2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa, Amtsblatt der Europäischen Union.

Europäische Union (2024): Richtlinie (EU) 2024/2881 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23.10.2024 über Luftqualität und sauberere Luft für Europa, Amtsblatt der Europäischen Union.

Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen (2021): Messen von Stickstoffdioxid in der Außenluft: Nachweis der Gleichwertigkeit von Passivsammlern, LANUV-Fachbericht 108.

Ritz B., Hoffmann B., Peters A. (2019): The Effects of Fine Dust, Ozone, and Nitrogen Dioxide on Health, Dtsch. Arztebl. Int., doi: 10.3238/arztebl.2019.0881.

World Health Organization (2013a): Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution – REVIHAAP Project, Technical Report.

World Health Organization (2013b): Health Risks of Air Pollution in Europe – HRAPIE project. Recommendations for Concentration-Response Functions for Cost-Benefit Analysis of Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide.

World Health Organization (2021): WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM_{2.5} and PM₁₀), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide.