

Messbericht: Vergleich von Messungen des Luftschadstoffes Stickstoffdioxid (NO₂) mit Passivsammlern und einem kontinuierlich registrierenden Messverfahren mit Chemolumineszenz

Beim Amt der Oö. Landesregierung wird der gesetzlich geregelte Luftschadstoff Stickstoffdioxid NO₂ von der Abteilung Umweltschutz gemäß den Bestimmungen des Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) mit der Referenzmethode EN 14211:2012 „Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemolumineszenz“ gemessen. Diese Methode bedeutet einen hohen apparativen Aufwand und es wird dafür speziell geschultes Fachpersonal benötigt.

Ad hoc-Bestimmungen, wie zB. bei Beschwerden von Anrainern an Straßen oder Betrieben bzw. auch im Zuge einer „Vorerkundung“ vermuteter Grenzwertüberschreitungen sind damit nicht möglich. Zu diesem Zweck bieten sich sogenannte Passivsammler an, die mit hoher Genauigkeit und einfachem Aufwand die Bestimmung von Langzeitmittelwerten verschiedener Luftschadstoffe zulassen.

Für den gesetzlich geregelten Luftschadstoff NO₂ existieren ebenfalls derartige Systeme und es interessierte uns, wie genau die damit gewonnenen Analysewerte mit den Referenzwerten der amtlichen Luftmessstationen übereinstimmen. Dazu wurden bei zwei Luftmessstationen des Landes Oberösterreich in Linz, die beide für die Messung von NO₂ mit der Referenzmethode der Chemolumineszenz betrieben werden, in den Jahren 2018 und 2019 Messungen mit Passivsammlern für NO₂ durchgeführt. Dabei handelte es sich um die Stationen „Parkplatz Klammstraße“ (beim Römerbergtunnel) und „Stadtspark Linz“.

Untersuchungsmethoden:

1) Die NO₂-Bestimmung mit Passivsammlern

Für die Untersuchungen der Oö. Umweltschutz wurden Passivsammler der Schweizer Firma Passam AG verwendet; die Laboruntersuchungen wurden ebenfalls in der Schweiz durchgeführt. Gemessen wurden Langzeitmittelwerte von jeweils etwa einem Monat; aus den 12 Monatsmittelwerten wurde der Jahresmittelwert errechnet. Bei NO₂-Passivsammlern handelt es sich um lichtundurchlässige, konisch geformte Polypropylen-Röhrchen mit einer Länge von 73,5 mm und einem Durchmesser von 10,2 mm an seiner breitesten Stelle; zudem sind sie mit speziellen Glasmembran-Fritten ausgestattet. Die Behältnisse werden in Vorrichtungen zum Schutz vor Umwelteinflüssen eingehängt und ca. 4 Wochen lang zur Probenahme exponiert.



Abbildungen: Prüfröhrchen mit Glasmembran-Fritte, Schutzvorrichtung mit eingehängtem Prüfröhrchen, exponierte Messvorrichtung

Das Gas aus der Umgebungsluft diffundiert durch die Diffusionsstrecke des Sammlers und wird durch Reaktion mit Triethanolamin (TEA) als Nitrit gesammelt. Das TEA ist auf einem geeigneten Träger aufgebracht. Am engeren Ende des Röhrchens sind drei Drahtnetze aus nichtrostendem Stahl angebracht, die als Trägermaterial für das TEA dienen. Die Röhrchen werden nach vierwöchiger Exposition in das Labor der Passam AG (Schweiz) geschickt und dort mittels Kolorimetrie nach dem Griess-Saltzman-Verfahren auf den Nitrit-Gehalt untersucht. Die Nachweisgrenze des Sammlers beträgt bei einmonatiger Exposition $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Der Arbeitsbereich beträgt $1\text{-}200 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Die Unsicherheit bei Einzelmessungen beträgt 20%; die Unsicherheit von Jahresmittelwerten wird lt. DIN EN 16339:2013-11 mit 8-12% angegeben.

Messspezifikation für NO₂-Messungen mit Passivsammlern:

Sammelrate nach LANUV Modifikation [2]	0.734 ml/min bei 20°C mit LANUV Membran
Messbereich	1 – 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Expositionszeit	1 – 4 Wochen
Nachweisgrenze	0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ bei einer Messdauer von 1 Monat
Klimatische Einflüsse: Windgeschwindigkeit	Windeinfluss < 10% bis zu 4,5 m/sec bei Verwendung der Schutzbüchse in Strassennähe Membranen empfohlen
Temperatur	kein Einfluss zwischen 5 und 40°C
Feuchtigkeit	kein Einfluss zwischen 20 und 80%
Lagerfähigkeit	vor der Verwendung: 24 Monate nach der Exposition: 6 Monate
Querempfindlichkeiten	Stickstoffmonoxid, Schwefeldioxid, Ozon stören nicht, PAN wird miterfasst [4]

Ergebnisse der Vergleichsuntersuchungen

- Station S431 Linz „Parkplatz Klammstraße“ (Römerbergtunnel):

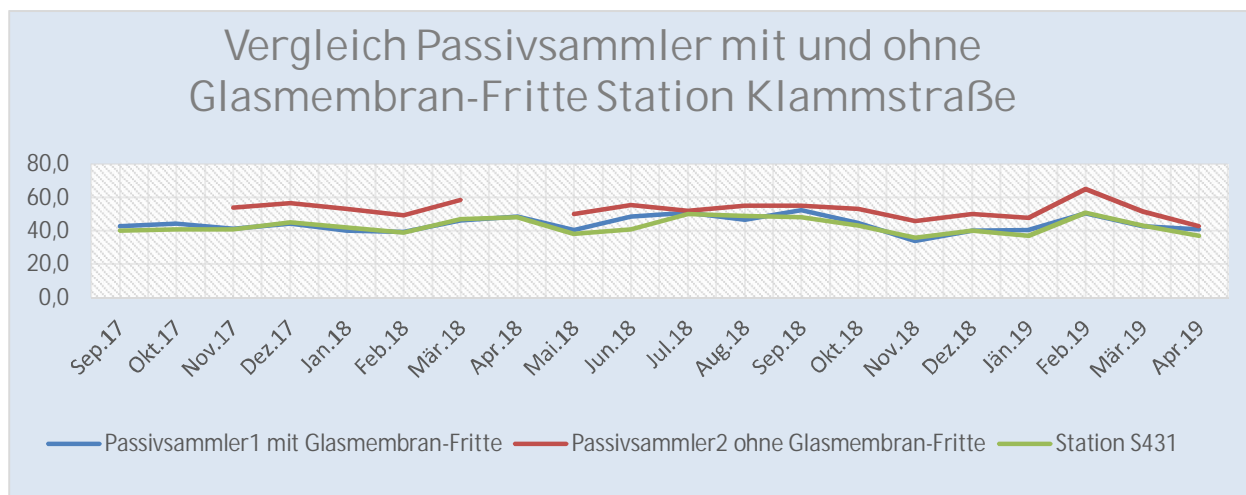
Die Station liegt an einer stark befahrenen Straße (JDTV 20.000; 3% Schwerverkehr) in dicht verbautem Gebiet. Die Station ist bekannt für anhaltende Grenzwertüberschreitungen beim Jahresmittelwert für NO₂.



Messstation S431 von Osten

Stationsbeschreibung	
Stationsnummer	S431
Anschrift der Station	Parkplatz Klammstraße hinter Haus Promenade 37, 4020 Linz
Geogr. Länge	14°16' 55,7"(GK M31 70446)
Geogr. Breite	48°18' 10,7"(GK M31 352072)
Seehöhe der Station	262 m
Höhe des Windmast über Grund	10 m
Topographie, Lage der Station	Ebene am Fuß eines Hügels
Siedlungsstruktur	Stadt mit ca. 200 000 Einwohnern, Zentrum
Lokale Umgebung	Stark befahrene Straße, Tunnelportal, städtisches Wohngebiet, Schwerindustrie in 4 km Entfernung
Unmittelbare Umgebung	Stark befahrene breite Straße (JDTV 20000/3%SV) in 4 m Abstand
Messziel(e)	IG-L, (Smogalarm)
Station steht seit (bzw. von - bis)	21.10.1997 -

Der Passivsammler mit Schutzvorrichtung wurde auf Höhe des Lufteinlasses des automatischen Messsystems auf dem Wettermasten angebracht. Für die Messungen wurde jeweils ein Sammlerröhrchen mit Glasmembran-Fritte - wie in der Spezifikation empfohlen - in die Schutzvorrichtung gehängt. Ohne diese Fritten zeigen die Ergebnisse beim Passivsammler deutliche Mehrbefunde im Vergleich zum Referenzsystem.



Die Röhrcen wurden jeweils am Monatsende ausgetauscht und zur Analyse in das Untersuchungslabor der Passam AG gesandt; die Ergebnisse zeigen im Jahresschnitt eine gute Übereinstimmung mit dem Referenzmesssystem.

Für die Monatsmittelwerte ergeben sich teils deutliche Abweichungen. Die Spezifikationen der Passam AG (Monatswerte) und der DIN EN 16339:2013-11(Jahresmittelwert) betreffend Messunsicherheit wurden eingehalten (einziger Ausreißer: Juli-Wert 2019).

Messergebnisse Vergleichsmessungen Klammstraße 2018-2019

Ergebnisse2018(µg/m³)	Jan.18	Feb.18	Mär.18	Apr.18	Mai.18	Jun.18	Jul.18	Aug.18	Sep.18	Okt.18	Nov.18	Dez.18	JMW 18
Station S431	42	39	47	48	38	41	50	49	48	43	36	40	43,4
Passivsammler	40,2	39,3	46,1	48,4	40,3	48,4	50,9	46,7	52,4	44,7	34,1	40	44,3
Differenz	-4%	1%	-2%	1%	6%	15%	2%	-5%	8%	4%	-6%	0%	2%

Ergebnisse2019(µg/m³)	Jan.19	Feb.19	Mär.19	Apr.19	Mai.19	Jun.19	Jul.19	Aug.19	Sep.19	Okt.19	Nov.19	Dez.19	JMW 19
Station S431	37	51	43	37	40	44	47	43	42	40,0	36	45	42,1
Passivsammler	40,6	50,5	42,8	40,7	44,3	45,5	60,3	39,3	46,3	40,0	36	43,6	44,2
Differenz	9%	-1%	0%	9%	10%	3%	22%	-9%	9%	0%	0%	-3%	5%

- Station S184 „Stadtpark Linz“:

Die Station befindet sich in einem innerstädtischen Parkgelände und ist als Referenzstation für städtischen Hintergrund ausgewiesen; die NO₂-Konzentrationen sind demgemäß deutlich geringer.



Station S184 Stadtpark, Ansicht Richtung Nord , Aufnahme 18.8.16

Stationsbeschreibung	
Stationsnummer	S184
Anschrift der Station	im nördlichen Teil des Stadtparks, 4020 Linz
Geogr. Länge	14°17' 49,9"(GK M31 71561)
Geogr. Breite	48°18' 22,2"(GK M31 352442)
Seehöhe der Station	260 m
Höhe des Windmast über Grund	10 m
Topographie, Lage der Station	Ebene
Siedlungsstruktur	Stadt mit ca. 200 000 Einwohnern, Zentrum
Lokale Umgebung	Wohngebiet im Stadtzentrum
Unmittelbare Umgebung	Wiese, Bäume, Wohnhäuser
Messziel(e)	IG-L
Station steht seit (bzw. von - bis)	29.10.2008 -
Bemerkungen	Messstelle für städtischen Hintergrund

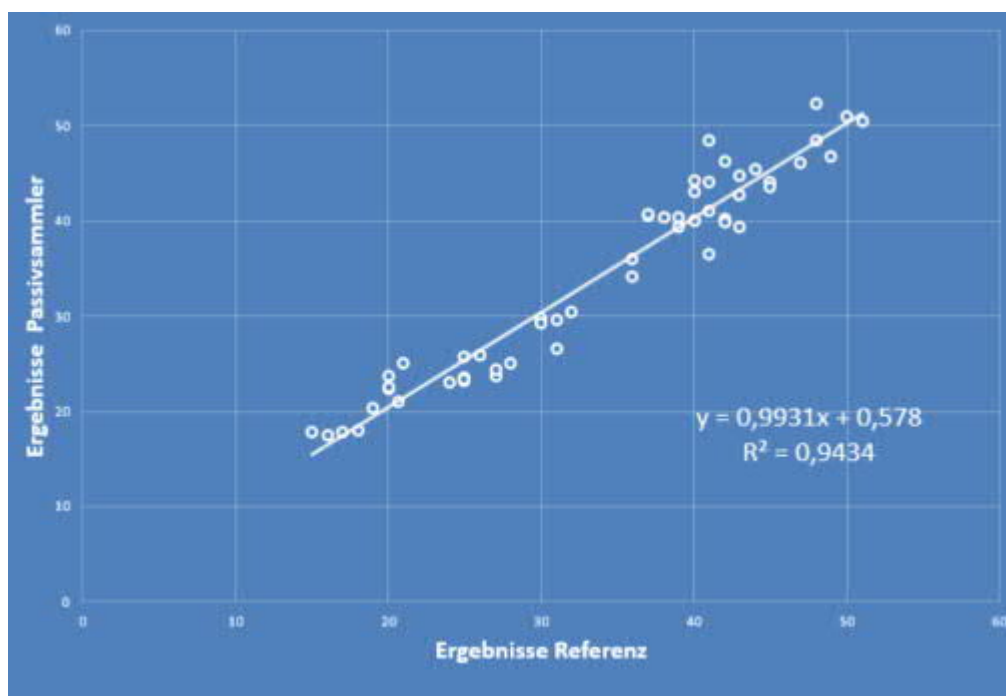
Der Passivsammler mit Schutzvorrichtung wurde wiederum auf Höhe des Lufteinlasses des automatischen Messsystems auf dem Wettermasten angebracht. Für die Messungen wurde wiederum ein Sammlerröhrchen mit Glasmembran-Fritte in die Schutzvorrichtung gehängt und Einzelmessungen durchgeführt. Der Austausch der Röhrchen fand jeweils am Monatsende statt; die Analyse erfolgte ebenfalls im Untersuchungslabor der Firma Passam AG in der Schweiz. Die Ergebnisse zeigen im Jahresschnitt eine gute Übereinstimmung mit dem Referenzmesssystem. Für die Monatsmittelwerte ergeben sich teils deutliche Abweichungen. Die Spezifikationen der Passam AG (Monatswerte) und der DIN EN 16339:2013-11(Jahresmittelwert) betreffend die Messunsicherheit wurden eingehalten.

Messergebnisse: Vergleichsmessungen Stadtpark 2018 - 2019

Messergebnisse 2018	Jan.18	Feb.18	Mär.18	Apr.18	Mai.18	Jun.18	Jul.18	Aug.18	Sep.18	Okt.18	Nov.18	Dez.18	JMW 18
Station Stadtpark	27	25	28	25	17	19	25	26	30	30	27	31	25,8
PS Stadtpark	k.A.	23,6	25	23,2	17,8	20,4	25,8	25,9	29,8	29,2	23,7	26,5	24,6
Differenz	k.A.	-6%	-12%	-8%	4%	7%	3%	0%	-1%	-3%	-14%	-17%	-4,9%

Messergebnisse 2019	Jan.19	Feb.19	Mär.19	Apr.19	Mai.19	Jun.19	Jul.19	Aug.19	Sep.19	Okt.19	Nov.19	Dez.19	JMW 19
Station Stadtpark	27	41	20,7	18	15	16	20	20	21	25,0	24	31	23,2
PS Stadtpark	24,4	36,5	21	17,9	17,8	17,4	23,7	22,3	25	23,4	23,1	29,6	23,5
Differenz	-11%	-12%	1%	-1%	16%	8%	16%	10%	16%	-7%	-4%	-5%	1%

Der gesamte Messzeitraum erstreckte sich von September 2017 bis Februar 2020. Aus 54 gewonnenen Wertepaaren wurde eine lineare Regression gerechnet. Im Konzentrationsbereich von 15 - 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ergibt sich dabei eine sehr gute Übereinstimmung mit einem Korrelationskoeffizienten von $r^2=0,9434$. Die Bestimmung von NO_2 aus der Umgebungsluft der Passivsammler ergibt also eine gute Übereinstimmung im Vergleich zur Referenzmethode Chemolumineszenz.



Fazit

Die Bestimmung der NO₂-Konzentration in der Umgebungsluft der Passivsammler stellt eine einfache und kostengünstige Möglichkeit dar, eine sowohl punktuelle als auch flächendeckende Übersicht über die Luftsituation in einem Gebiet zu erhalten. Im Grunde genommen kann mit dieser Methode jede und jeder von Luftverschmutzung Betroffene eine einfache Analyse der Luftsituation in der jeweiligen Wohngegend vornehmen. Dazu werden auch spezielle Mess-Kits für Privatanwendungen angeboten. Für Umweltschutz-Verantwortliche können mit flächendeckenden Messungen präzisere Aussagen über die jeweilige Luftsituation in einem von Luftverschmutzung betroffenen Gebiet getroffen werden.

Bei der Exposition der Sammlerröhrchen ist in jedem Fall die Anwendung der Glasmembran-Fritten geboten. In den Untersuchungen zeigten sich sowohl in niederen als auch in höheren Konzentrationsbereichen ohne Verwendung der Fritten deutliche Mehrbefunde bei der „Methode Passivsammler“.

Für eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sollten bei der Exposition der Sammlerröhrchen die Standortkriterien der IG-L Messkonzeptverordnung berücksichtigt werden. Die Referenzmethode zur Bestimmung von NO₂ in der Umgebungsluft ist die Methode EN 14211:2012 „Außenluft – Messverfahren zur Bestimmung der Konzentration von Stickstoffdioxid und Stickstoffmonoxid mit Chemilumineszenz“. Rechtlich gültige Aussagen können also mit Passivsammler-Messungen nicht getroffen werden. Diese sind daher in erster Linie als Screening-Methode und für schnelle ad hoc-Messungen vorzusehen.