

Evaluierung des Tiroler NO₂- Maßnahmenprogramms zum Verkehr auf der A12 und A13

Dr. Jürg Thudium
Dr. Carine Chélala

07.09.2024 / 5857.40 V4

Oekoscience AG

Postfach 452
CH - 7001 Chur

Telefon: +4181 250 3310
Thudium@oekoscience.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Maßgebliche Parameter der Luftbelastung mit Stickoxiden	2
2.1. Verkehrsaufkommen und Flottenzusammensetzung	2
2.2. Von Szenarien nicht erfasste Schwankungen der NO ₂ -Immissionen	3
2.3. Einfluss der jahres- und tageszeitlichen Verteilung der Emissionen auf die Immissionen	4
3. Evaluierung des Maßnahmenprogramms des Landes Tirol zur NO₂-Reduzierung	5
3.1. Entwicklung der lufthygienisch relevanten Kennzahlen im Bereich der A12 2009-2023	5
3.1.1. Verkehrsentwicklung auf der A12 im Unterinntal	5
3.1.2. Pkw-Geschwindigkeit auf der A12	6
3.1.3. Die Stickoxidemissionen und -immissionen im Bereich der A12	6
3.1.4. Die Euroklassenverteilung auf der A12 bei SoloLkw und SLZ	9
3.1.5. Die Entwicklung der Emissionsfaktoren (EFA) gemäß HBEFA4.2	10
3.2. Verursacher der erhöhten NO ₂ -Immissionen im Inntal	12
3.3. Lufthygienische Wirkungen der Maßnahmen des Landes Tirol auf der A12	12
3.3.1. Umsetzungsstand	12
3.3.2. Methodik der Bestimmung der Maßnahmenwirksamkeit	13
3.3.3. Maßnahmen für den Leichtverkehr	13
3.3.4. Schwerverkehrsmaßnahmen	15
3.3.4.1. Euroklassenverbote	15
3.3.4.2. Nachtfahrverbot	17
3.3.4.3. Sektorales Fahrverbot	20
3.3.5. Lufthygienische Wirkung der Verkehrsmaßnahmen	20
4. Ausblick bis 2030 mit den erwarteten neuen EU-Grenzwerten für NO₂	24
5. Schlussfolgerungen	25

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: NO ₂ -Jahresmittel bei Kristein A1, 2012-2022, mit Trendlinie (rote punktierte Linie) und Abweichung von der Trendlinie (blau).	3
Abbildung 2.2: Mittlerer Tagesgang des Faktors Tau bei Vomp A12, 2023.	4
Abbildung 3.1: Verkehrsentwicklung A12 [DTV] von Pkw, Bus*10, SNF und Lfw, 2009-2023.	5
Abbildung 3.2: Jahresmittel der Fahrgeschwindigkeit der Pkw, 2009-2023.	6
Abbildung 3.3: Emissionen an NO _x und NO ₂ gemäß HBEFA4.2, A12 bei Vomp, 2009-2023.	7
Abbildung 3.4: Emissionen (gemäß HBEFA4.2) und Immissionen von NO _x , Vomp A12, 2009-2023.	7
Abbildung 3.5: Immissionen von NO _x und NO ₂ , Vomp A12, 2009-2023.	8
Abbildung 3.6: Euroklassenverteilung der SoloLkw (oben) und SLZ (unten) auf der A12, Maßnahmenszenarium, 2014-2030.	9
Abbildung 3.7: EFA NO _x für Pkw und Lfw gemäß HBEFA4.2, 2009-2030.	10
Abbildung 3.8: EFA NO _x für SoloLkw und SLZ: EFA je Euroklasse nach HBEFA4.2 und Euroklassenverteilung gemäß Mauterhebung Asfinag für die A12, 2009-2030.	11
Abbildung 3.9: Relative Geschwindigkeitsabhängigkeit Pkw-EFA für NO _x nach HBEFA4.1 (für 2020). EFA Pkw (102 km/h) = 100%.	14
Abbildung 3.10: Relative Tagesgänge des SLZ-Aufkommens 2022 bei Vomp A12, Kristein A1 und Moleno A2 (Schweiz) für 2022. 100%=Tagesmittel je Streckenabschnitt. Die Werte z.B. um 05:00 beziehen sich auf das Intervall von 04:00-05:00.	17
Abbildung 3.11: Prozentualer Lkw-Anteil nachts (22-5 Uhr) auf A12, A13 und im Österreichschnitt, 2015-2023. <i>Auswertung der Abt. Mobilitätsplanung, Tirol auf Datenbasis BMK/Asfinag.</i>	18
Abbildung 3.12: Jahresgang der NO ₂ -Gesamtwirkung des NFV (Verschärfung für EuroVI im Transit seit 1.1.2021 und frühere vor 2019 erlassene NFV) und der mit der NFV-Dauer gewichteten Inversionshäufigkeit zu NFV-Zeiten bei Radfeld/Unterinntal, 2023.	19

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Verhältnis des NOx-EFA der SLZ je Euroklasse zum Wert für EuroVide, 2023.	2
Tabelle 3.1: Geplante Maßnahmen auf der A12 im Zeitraum 2019-2023, Stand 3.7.2019. <i>Quelle: Land Tirol.</i>	12
Tabelle 3.2: Überblick über die Wirkung eines permanenten Tempo100-Limits:	14
Tabelle 3.3: Flottenanteile der SNF (schwere Nutzfahrzeuge) nach Euroklasse für die A12, den Österreichschnitt, die A10 und die A2-Schweiz für 2017.	15
Tabelle 3.4: Flottenanteile der SNF nach Euroklasse für die A12 und im Österreichschnitt gemäß HBEFA4.2 für 2023.	16
Tabelle 3.5: NFV für Lkw auf der A12: Prozentuale Anteile des Nachtverkehrs (während der Gültigkeit des NFV) und des in den Tag verlagerten Verkehrs, 2017, 2019 und 2022.	19
Tabelle 3.6: Einfluss der gesamten Maßnahmen für die A12 auf die Jahresmittel (JM) der NO ₂ -Immissionen bei Vomp A12, 2020-2026, Verkehrsszenarium V2. JM Vomp A12: 2020-2023: Messwerte; 2024-2026: Szenarienwerte. Obere Tabelle: SNF-Maßnahmen unterteilt in 'ab 2019' und 'vor 2019' erlassen. Untere Tabelle: SNF-Maßnahmen insgesamt ('ab 2019' und 'vor 2019') unterteilt in EKfV (Euroklassenfahrverbote), SFV (sektorales Fahrverbot) und NFV (Nachtfahrverbot).	21
Tabelle 3.7: Mittlere jährliche Änderungsraten des Verkehrs auf der A12, 2015-2019 (entspricht dem Verkehrsszenarium V2).	21
Tabelle 4.1: Abflachung der Abnahme der NOx-EFA 2022-2030 gemäß HBEFA4.2.	24

1. **Einleitung**

Diese Evaluierung erläutert die fachlichen Grundlagen und erreichten Ergebnisse der Verkehrsmaßnahmen des Landes Tirol in Bezug auf die NO₂-Immissionen für die Autobahnen A12 und A13.

In den Schlussfolgerungen wird auch auf das Jahr 2030 vorausgeblickt unter Einbezug des erwarteten neuen NO₂-Grenzwertes der EU.

2. Maßgebliche Parameter der Luftbelastung mit Stickoxiden

2.1. Verkehrsaufkommen und Flottenzusammensetzung

Die Emissionen des Verkehrs hängen einerseits vom Verkehrsaufkommen ab, andererseits von der Emission je Fahrzeug. Diese fahrzeugspezifischen Emissionen werden in mittlere Emissionen je Fahrzeugkategorie (sog. Emissionsfaktoren EFA) zusammengefasst, wobei die EFA von der Euroklasse, der Fahrgeschwindigkeit und der Fahrweise abhängen. Die Grundlage dazu liefert aktuell das Handbuch der Emissionsfaktoren, HBEFA4.2.

Die Euroklassenverteilung je Fahrzeugkategorie ist entscheidend für die Ermittlung des mittleren EFA je Kategorie. Dies wird am Beispiel euroklassenspezifischer NO_x-EFA für SLZ (Sattel- und Lastenzüge) illustriert. Ein Euro0-SLZ emittiert mehr als 70-mal so viel NO_x wie ein EuroVIe.

Tabelle 2.1: Verhältnis des NO_x-EFA der SLZ je Euroklasse zum Wert für EuroVIde, 2023.

Euro-0	Euro-I	Euro-II	Euro-III	Euro-IV	Euro-V	Euro-VIa-c	Euro-VIde	electric
72.1	49.4	51.9	37.9	21.3	15.5	2.6	1.0	0.0

Für die A12 werden die Euroklassenverteilungen des Leichtverkehrs dem HBEFA4.2 für Österreich entnommen, beim Schwerverkehr werden sie real für die A12 anhand der Mauteinhebungen der Asfinag bei Vomp bestimmt.

Nachweislich stellt sich bei den EuroVI-Lkw eine zunehmende Verschlechterung bei den NO_x-EFA in Abhängigkeit **von Laufleistung und Betriebsstunden** ein. Mechanische, chemische und thermische Alterungseffekte reduzieren die Konvertierungsraten der Katalysatoren im Abgasnachbehandlungssystem und erhöhen somit den Schadstoffausstoß mit steigendem Alter und erhöhter Fahrleistung. Gemäß Messungen, welche für die Erstellung des HBEFA4.2 ausgewertet wurden, erreicht die EFA-Zunahme bei EuroVIabc-SoloLkw etwa einen Faktor 2.6 ab einer Laufleistung von rund 300 000 km, ab 50 000 km linear ansteigend. Bei EuroVIabc-SLZ ergibt sich etwa eine Verdoppelung bei einer Laufleistung von etwa 500 000 km, ab 50 000 km linear ansteigend (bis etwa 2.5 bei 800 000km). ("HBEFA 4.2, Documentation of updates", 2022). Messungen für EuroVIde-Lkw sind im Gange; nach Auskunft der TU Graz werden die Faktoren für diese Fahrzeuge eher höher als bei EuroVIabc ausfallen. Der Anstieg der NO_x-EFA ist also erheblich. Aus diesem Grund weisen bis 2 Jahre alte Lkw deutlich geringere EFA auf als der Rest der Flotte, auch wenn die gesamte Flotte aus EuroVI-Fahrzeugen besteht.

2.2. Von Szenarien nicht erfasste Schwankungen der NO₂-Immissionen

Für eine sicherere Grenzwerteinhaltung sollte eine Reserve gegenüber Szenarienergebnissen aber auch aktuellen Jahresmitteln von NO₂ einberechnet werden, welche vor allem wegen schlechter meteorologischer Bedingungen notwendig werden kann.

Für eine Grenzwerteinhaltung mit hoher Wahrscheinlichkeit ist ein **'Puffer'** von 3 µg/m³ vorzusehen. Als Illustration dienen die Jahresmittel von NO₂ von 2012-2022 bei Kristein A1. Dort gab und gibt es keine Maßnahmen, nur die gewöhnliche Modernisierung der Flotten, die zu einem Rückgang der NO₂-Immissionen geführt hat. Die konkreten Jahresmittel schwankten aber um die kontinuierliche Trendlinie, wie folgende Abbildung zeigt:

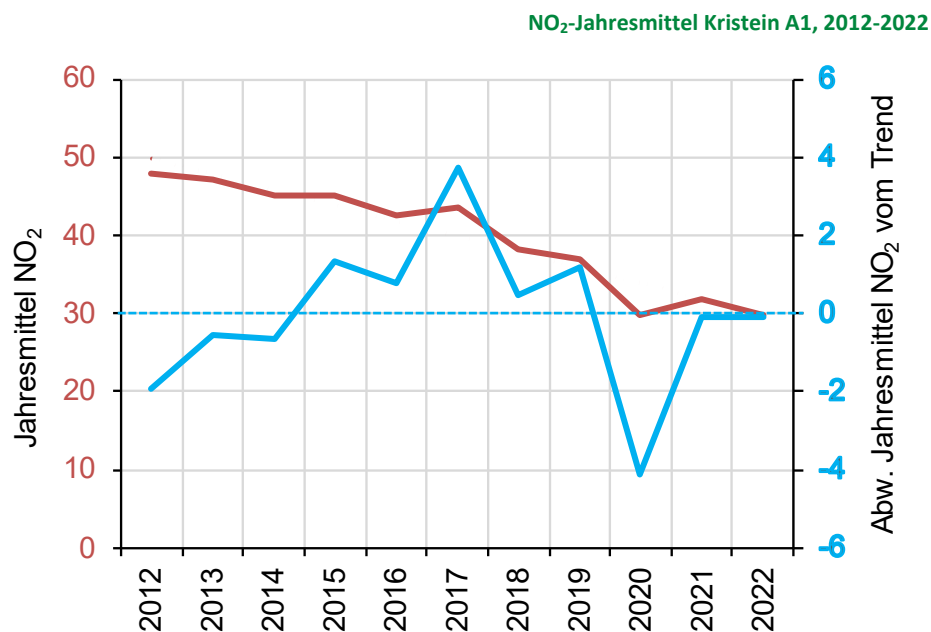


Abbildung 2.1: NO₂-Jahresmittel bei Kristein A1, 2012-2022, mit Trendlinie (rote punktierte Linie) und Abweichung von der Trendlinie (blau).

Die Abweichungen von der Trendlinie (vom Erwartungswert) betrugen typischerweise bis $\pm 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im 2017 betrug die Abweichung aber $+3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$, insbesondere wegen der meteorologischen Bedingungen in dieser Region. Im 2020 betrug die Abweichung $-4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ wegen der Corona-Maßnahmen, also nicht viel mehr als 2017 in die andere Richtung. Meteorologische Einflüsse können stark sein, deshalb ist ein Puffer von $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ bzgl. Grenzwerteinhaltung angezeigt.

2.3. Einfluss der jahres- und tageszeitlichen Verteilung der Emissionen auf die Immissionen

Die atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen bestimmen, welche Immission aus einer bestimmten Fahrzeug-Emission in Bodennähe entsteht. So sind die aus den Emissionen direkt entstehenden Immissionen im Winter im Mittel höher als im Sommer, nachts höher als tagsüber. Entscheidend ist dabei vor allem, wie rasch die Emissionen nach oben gemischt werden. Besonders schlecht ist der Austausch nach oben in Inversionslagen.

Dieses Verhältnis zwischen Immission (ohne Hintergrund) und ursächlicher Emission wird in den Szenarien Faktor 'Tau' genannt. Der Faktor Tau gibt an, wie hoch die Immission ist, die aus einer Emissionseinheit entsteht; er ist im Mittel nachts, vor allem in den frühen Morgenstunden, am höchsten, dann verursacht ein bestimmtes Fahrzeug die höchsten Immissionen. Die folgende Abbildung zeigt die Ganglinie (den mittleren Tagesgang) des Faktors Tau für Vomp A12 im 2023.

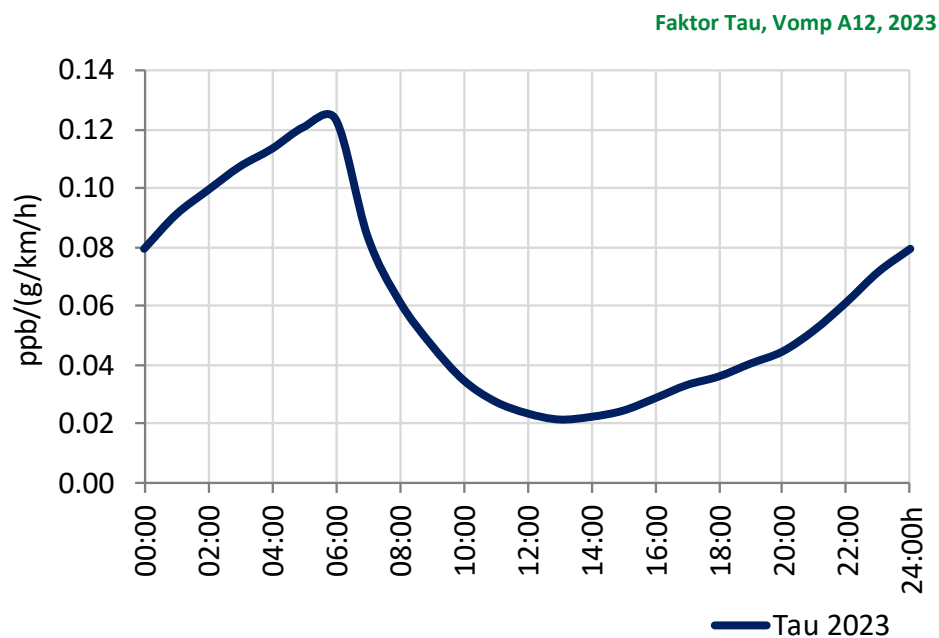


Abbildung 2.2: Mittlerer Tagesgang des Faktors Tau bei Vomp A12, 2023.

Eine Emissionseinheit (z.B. ein bestimmter SLZ) verursacht z.B. im Mittel um 6 Uhr morgens eine 6-mal so hohe Immission wie zwischen 12 und 14 Uhr.

3. Evaluierung des Maßnahmenprogramms des Landes Tirol zur NO₂-Reduzierung

3.1. Entwicklung der lufthygienisch relevanten Kennzahlen im Bereich der A12 2009-2023

Die lufthygienisch relevanten Kennzahlen betreffen das Verkehrsaufkommen, die von den Tiroler Maßnahmen beeinflussten Parameter Geschwindigkeit des Leichtverkehrs sowie Euroklassenverteilung der schweren Nutzfahrzeuge, die Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie und schließlich die Stickoxidemissionen und -immissionen.

3.1.1. Verkehrsentwicklung auf der A12 im Unterinntal

Es wird die Entwicklung im Bereich Vomp von 2009-2023 dargestellt.

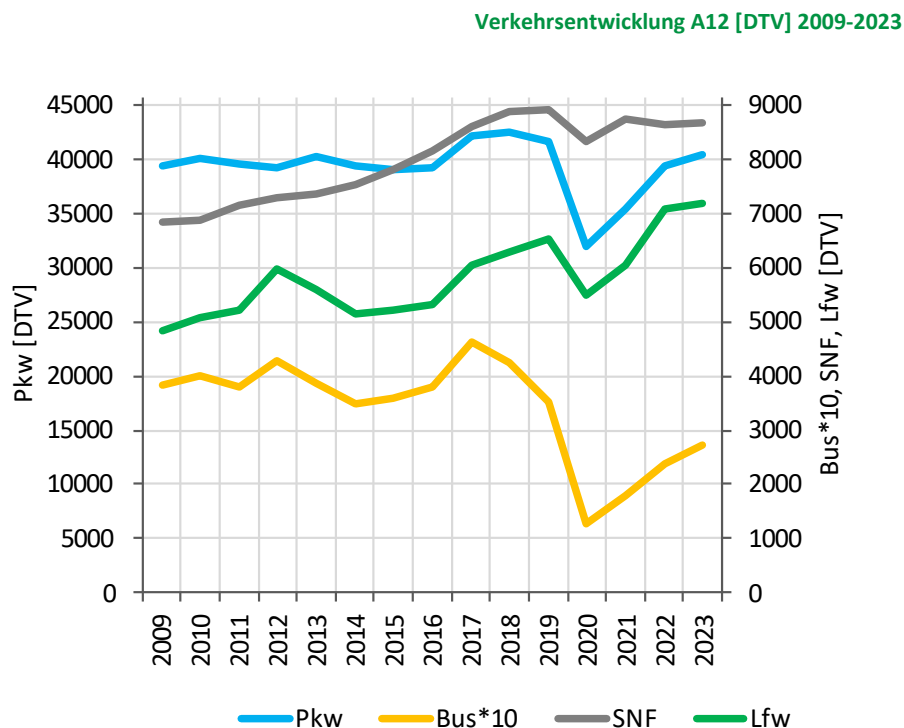


Abbildung 3.1: Verkehrsentwicklung A12 [DTV] von Pkw, Bus*10, SNF und Lfw, 2009-2023.

Die 'Coronadelle' zeigt sich in allen Fahrzeugkategorien, am wenigsten bei den SNF, am meisten bei den Bussen, deren Aufkommen sich bis 2023 noch nicht 'erholt' hat. Abgesehen vom Coronaeinbruch ist das SNF-Aufkommen auf der A12 bei Vomp seit 2018 etwa stabil (DTV knapp 9000), das Pkw-Aufkommen seit 2009

etwa stabil (DTV um 40'000), wohingegen die Lieferwagen (Lfw) deutlich angestiegen sind von einem DTV um 5000 im 2009 bis zu 7000 im 2022/23.

3.1.2. Pkw-Geschwindigkeit auf der A12

Die Jahresmittel der Pkw-Geschwindigkeit bewegte sich von 2009-2014 mit dem flexiblen Tempo100 zwischen 106 und 108 km/h, seit 2015 mit dem permanenten Tempo100 um die 100 km/h (mit einem kleinen 'Coronapeak' 2020 infolge stark verminderten Verkehrs).

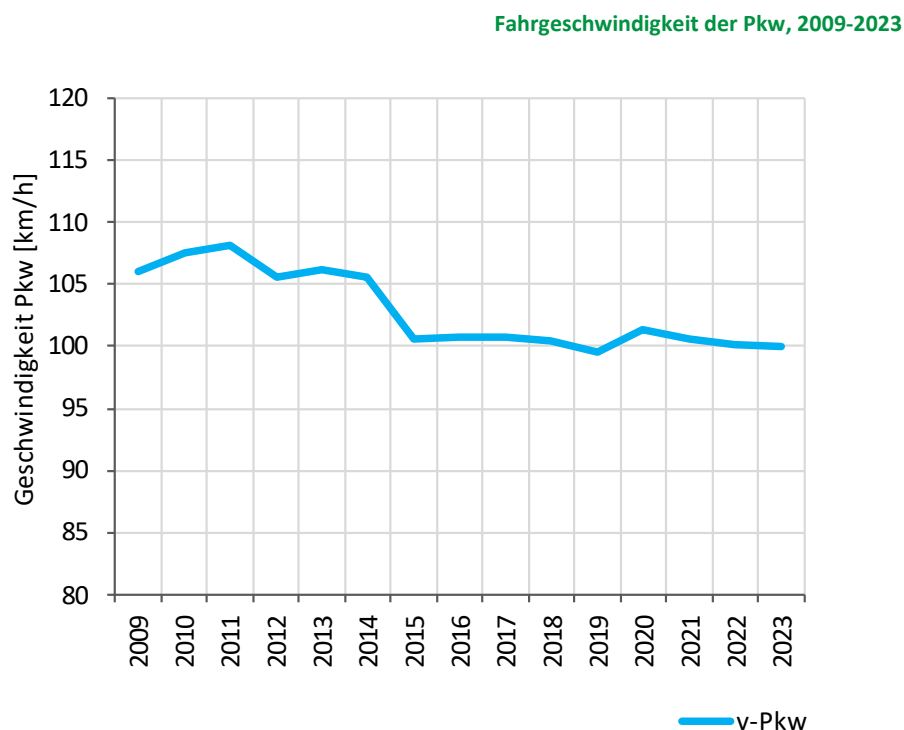
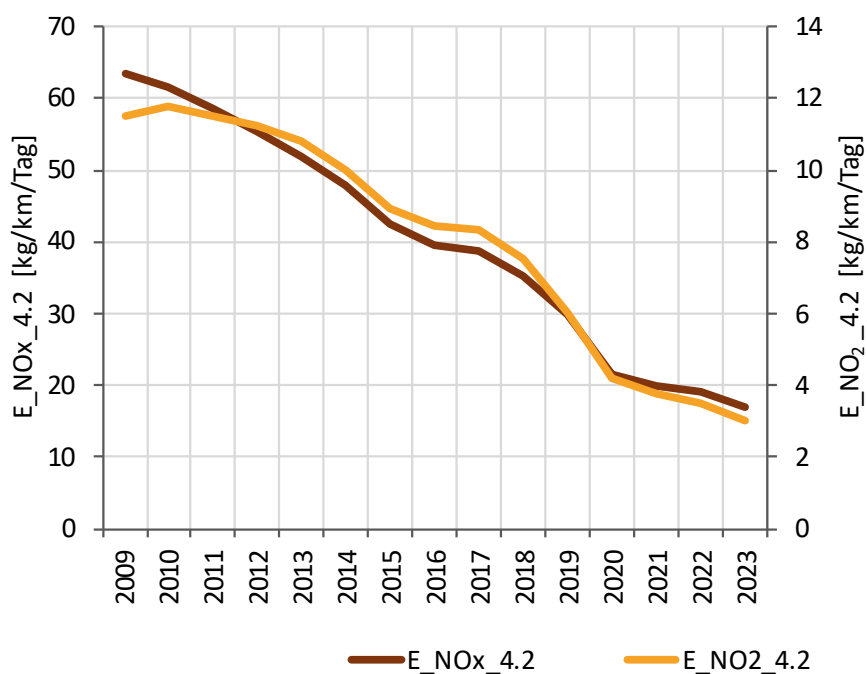


Abbildung 3.2: Jahresmittel der Fahrgeschwindigkeit der Pkw, 2009-2023.

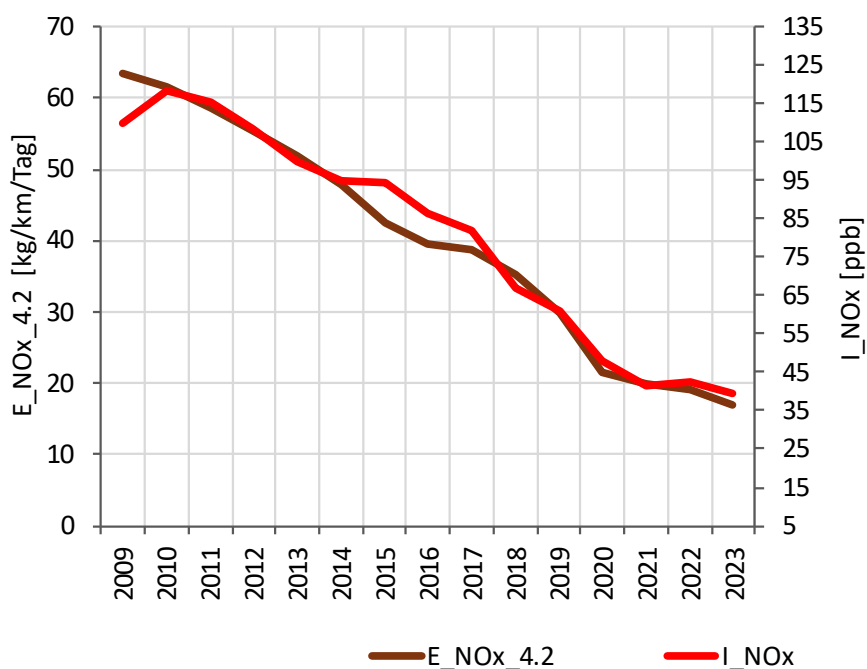
3.1.3. Die Stickoxidemissionen und -immissionen im Bereich der A12

Die Stickoxidemissionen des A12-Verkehrs bei Vomp (NO_x und NO₂) wurden auf Basis des aktuellen HBEFA4.2 für den gesamten Zeitraum 2009-2023 neu berechnet. Im HBEFA4.2 haben sich auch die Emissionsfaktoren (EFA) älterer Euroklassen geändert, weil die früheren Abgasmessungen neu interpretiert wurden.

Die NO_x- und NO₂-Emissionen haben sich von 2009 bis 2023 auf noch gut einen Viertel reduziert. An dieser starken Reduktion haben nebst der allgemeinen Flottenmodernisierung die spezifischen Tiroler Maßnahmen einen entscheidenden Anteil.

Emissionen an NO_x und NO₂, A12 bei Vomp, 2009-2023Abbildung 3.3: Emissionen an NO_x und NO₂ gemäß HBEFA4.2, A12 bei Vomp, 2009-2023.

Die nächste Grafik ist eine Schlüsselgrafik: Die langjährigen Verläufe von NO_x-Emissionen und -Immissionen werden einander gegenübergestellt.

Emissionen und Immissionen von NO_x, Vomp A12, 2009-2023Abbildung 3.4: Emissionen (gemäß HBEFA4.2) und Immissionen von NO_x, Vomp A12, 2009-2023.

Mit dem aktuellen HBEFA4.2 entsprechen sich die Verläufe der NO_x-Emissionen und -Immissionen nun gut; es sind da große Fortschritte in der Berechnung der 'Real World Emissions' gemacht worden. Die etwas größeren Abstände für 2009 und 2015-2017 können hier nicht weiter untersucht werden. Es gibt da mehrere Möglichkeiten: Baustellen, Spurführungen, Datenausfälle etc.

Sowohl den steilen Abfall von 2017-2020 als auch die deutliche Abflachung seit 2020 zeigen *beide* Verläufe, sind also plausibel. Die Immissionsachse beginnt bei 5 ppb NO_x; dies entspricht etwa dem Hintergrund, der von Industrie, Gewerbe, Haushalten (Heizungen) und Verkehren, die nicht im 'Takt' der A12 verlaufen, her-rühren.

Aus obiger Abbildung kann das folgende Fazit gezogen werden:

- Im weiteren Bereich der A12 stammen die Immissionen hauptsächlich von der Autobahn; dies wird auch weiterhin so bleiben.
- Nach 2020 hat sich die Reduktion von Stickoxidemissionen und -immissionen deutlich abgeflacht.

Die NO₂-Immissionen verlaufen ähnlich wie die NO_x-Immissionen von 2009-2023, allerdings ist die prozentuale Abnahme beim NO₂ geringer als beim NO_x, weil das NO₂ zu einem guten Teil in der Atmosphäre aus NO und Ozon gebildet wird (Stöchiometrie...).

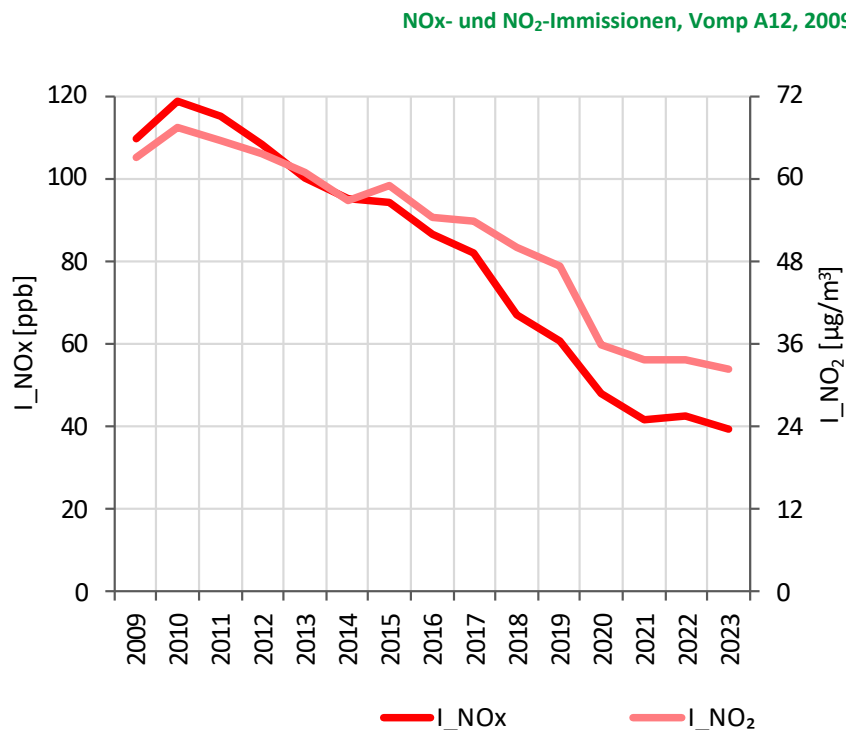


Abbildung 3.5: Immissionen von NO_x und NO₂, Vomp A12, 2009-2023.

3.1.4. Die Euroklassenverteilung auf der A12 bei SoloLkw und SLZ

Die Verteilung der Euroklassen je Kategorie und Jahr wurden spezifisch für die A12 den Mauterhebungen der Asfinag entnommen.

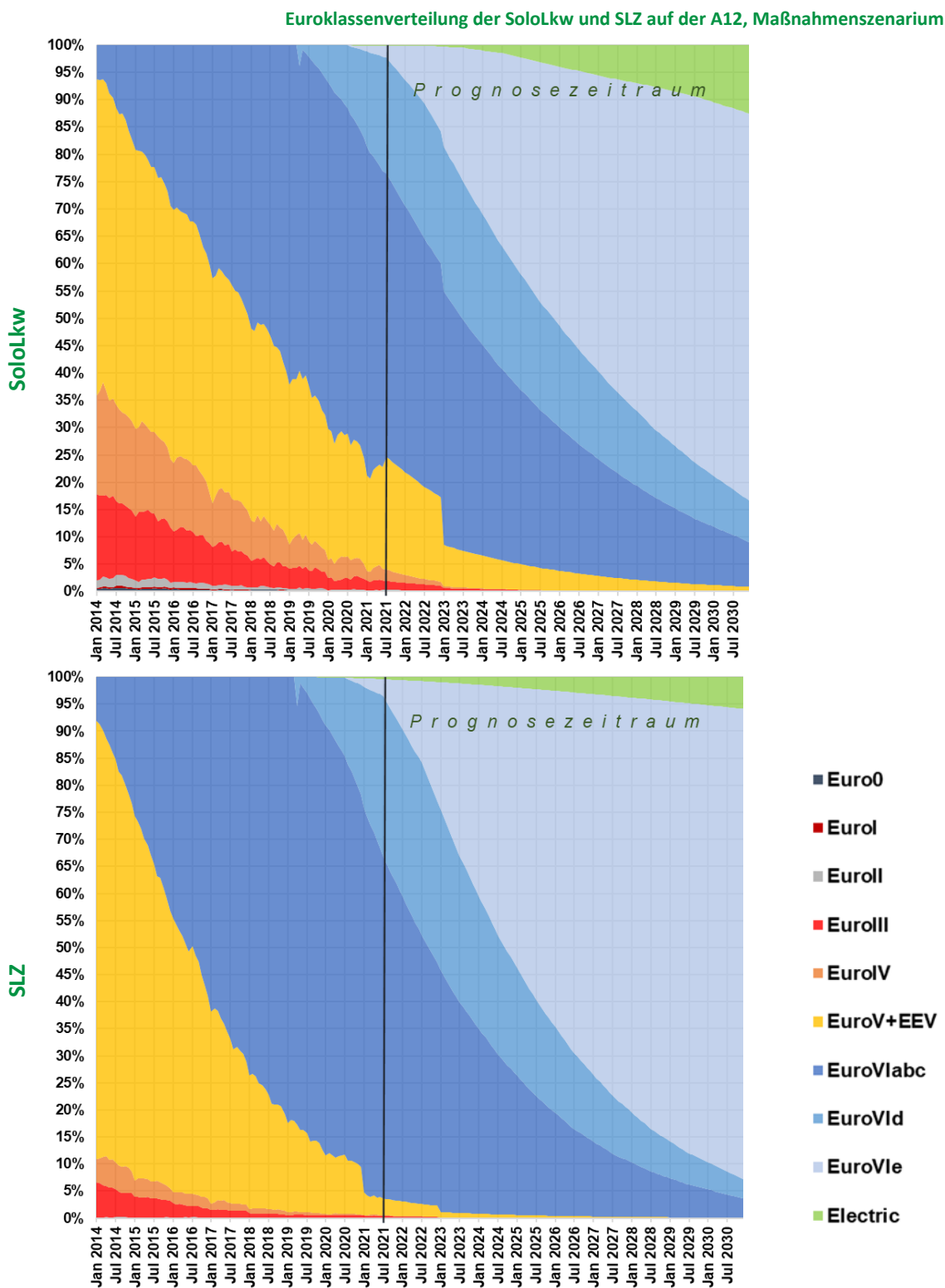


Abbildung 3.6: Euroklassenverteilung der SoloLkw (oben) und SLZ (unten) auf der A12, Maßnahmenzenarium, 2014-2030.

Die Wirkung von Euroklassenverböten bildet sich in den Mauterhebungen ab. Auch andere Maßnahmen führten mehr gleitend zu moderneren Flotten als im österreichischen und europäischen Schnitt. Gemäß HBEFA4.2 dürfte die Elektrifizierung der SoloLkw schneller vorangehen als bei den SLZ.

3.1.5. Die Entwicklung der Emissionsfaktoren (EFA) gemäß HBEFA4.2

Die mittleren NO_x-EFA der Leichtverkehrsflotte haben sich bis etwa 2015 nur wenig geändert. Dann nahmen sie stark ab. Seit etwa 2023 flacht die Abnahme deutlich ab, was über 2030 hinaus so bleiben wird. Die Reduktion der mittleren EFA von Pkw und Lfw wird wesentlich von der Elektrifizierung der Flotte abhängen.

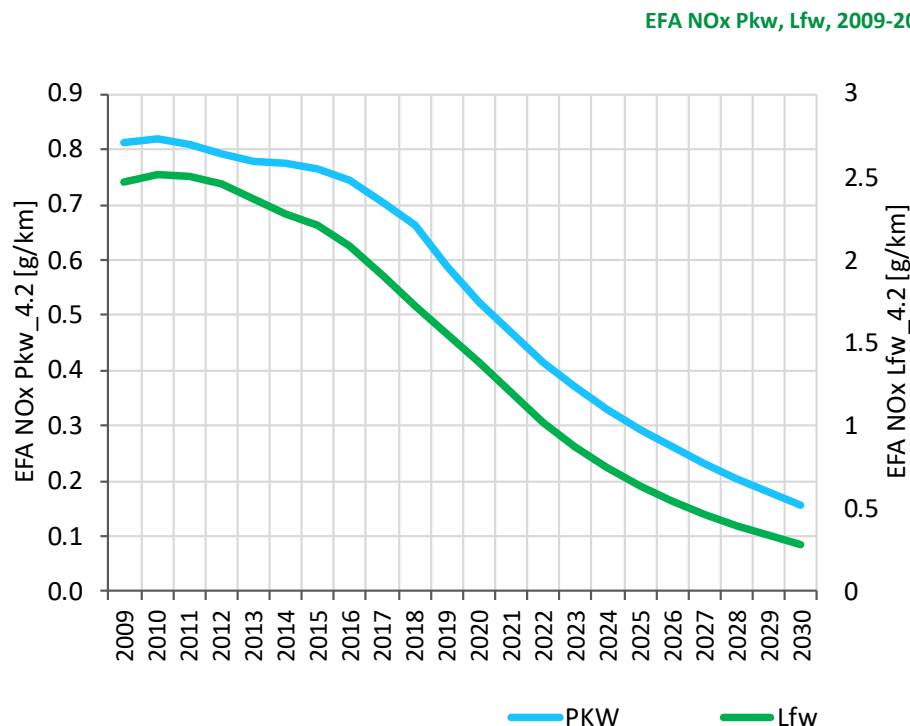


Abbildung 3.7: EFA NO_x für Pkw und Lfw gemäß HBEFA4.2, 2009-2030.

Für die EFA der SoloLkw, SLZ und Busse wurden die EFA je Euroklasse gemäß HBEFA4.2 verwendet. Die Verteilung der Euroklassen je Kategorie und Jahr wurden A12-spezifisch den Mauterhebungen der Asfinag entnommen. Die Entwicklung der NO_x-EFA des Schwerverkehrs zeigt ein ganz anderes Bild (ein spezifisches für die A12). Schon vor 2009 setzte eine markante Abnahme der mittleren EFA der SoloLkw- und SLZ-Flotte ein, die ab 2018 immer mehr abflachte. Seit 2023 besteht insbesondere die SLZ-Flotte fast durchwegs aus EuroVIde (auf der A12!) und kann den mittleren EFA im Wesentlichen nur noch auf zwei Weisen beeinflussen: Durch die Durchdringung der Flotte mit alternativen Antrieben, insbesondere elektrischen, und durch das mittlere Alter der Flotte. Mit zunehmender Laufleistung

steigt der EFA der EuroVI-Lkw an, und wenn das mittlere Alter steigen würde (etwa durch wirtschaftliche Bedingungen, fehlende Anreize zur Modernisierung etc.), würde der mittlere EFA ebenfalls wieder steigen.

Da bei den SoloLkw eine etwas stärkere Durchdringung mit elektrifizierten Fahrzeugen als bei den SLZ erwartet wird, sinkt deren NOx-EFA bis 2030 noch etwas, bei den SLZ kaum mehr.

EFA NOx von SoloLkw und SLZ, A12, 2009-2030

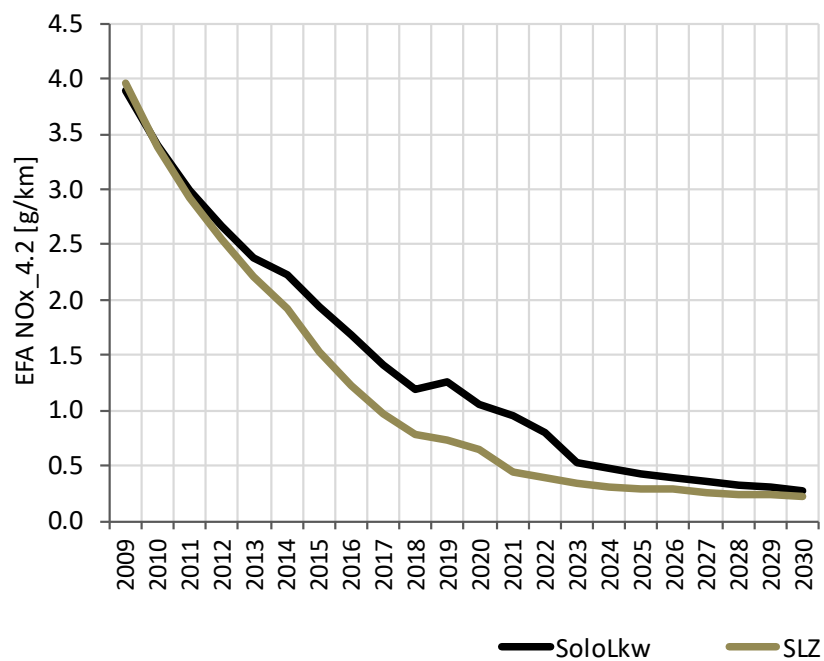


Abbildung 3.8: EFA NOx für SoloLkw und SLZ: EFA je Euroklasse nach HBEFA4.2 und Euroklassenverteilung gemäß Mauterhebung Asfinag für die A12, 2009-2030.

3.2. Verursacher der erhöhten NO₂-Immissionen im Inntal

Wie die **Abbildung 3.4** (Seite 7) zeigt, werden die Stickoxidimmissionen an der Messstelle Vomp A12 ganz überwiegend (zu 80-90%) durch die Emissionen der A12 bestimmt. Etwas weiter weg von der Autobahn werden andere Emissionen gewichtiger, aber die Emissionen der A12 dominieren im gesamten Inntal. Selbstverständlich haben alle Emittenten weiterhin ihren Beitrag zur Luftreinhaltung zu leisten (was ja auch geschieht), doch die beim Verkehr ansetzende Maßnahmenplanung ist weiterhin unverzichtbar. Dabei haben die schweren Nutzfahrzeuge nach wie vor einen überproportionalen Anteil an den Stickoxidemissionen und -immissionen, indem ihr mittlerer EFA höher ist als beim Leichtverkehr.

3.3. Lufthygienische Wirkungen der Maßnahmen des Landes Tirol auf der A12

3.3.1. Umsetzungsstand

Die folgende Tabelle gibt den Überblick über die im 2019 festgelegten und inzwischen vollumfänglich umgesetzten Maßnahmen:

Tabelle 3.1: Geplante Maßnahmen auf der A12 im Zeitraum 2019-2023, Stand 3.7.2019. Quelle: Land Tirol.

IG-L Maßnahmenpaket LKW 2019

		EURO 0-II		EURO III		EURO IV		EURO V inkl. EEV		EURO VI vor 01.09.18 EZ		EURO VI nach 01.09.18 EZ		ZEV	
		Solo Lkw	SLZ	Solo Lkw	SLZ	Solo Lkw	SLZ	Solo Lkw	SLZ	Solo Lkw	SLZ	Solo Lkw	SLZ	Solo Lkw	SLZ
Euroklassenfahrverbot (Kufstein - Zirl)	Transitverkehr					ab 31.10.19		ab 01.01.21							
	Quell-/Zielverkehr (bestehende Zonenregelung)			ab 01. 01.20		ab 01.01.21		ab 01.01.23							
	Ausnahmen														
Sektorales Fahrverbot (Kufstein - Ampass)	Umfasste Güter (8 Gütergruppen)									ab 01.01.20					
	Neue Gütergruppen	ab 01.01.20													
	Quell-/Zielverkehr (befristete Erweiterung)	ab 01.01.20						ab 01.01.23							
	Restliche Güter sowie Ausnahmen														
Nachtfahrverbot (Kufstein - Zirl)	Transitverkehr									ab 01.01.21					
	Quell-/Zielverkehr (bestehende Zonenregelung)														
	Ausnahmen														

	... kein Fahrverbot
	... Fahrverbot Bestand
	... Fahrverbot Bestand, Wirksam mit (siehe Datum)
	... Fahrverbot Bestand, entfällt mit neuer VO
	... Fahrverbot neu, Wirksam mit (siehe Datum)

3.3.2. Methodik der Bestimmung der Maßnahmenwirksamkeit

Es werden Szenarien je Jahr und je Maßnahmenset berechnet und mit dem Grundszenarium (Reales Referenzjahr) verglichen. Für diese Abschätzung wurde das empirische Ausbreitungsmodell von Oekoscience (Tau-Modell) eingesetzt.

Das 'τ-Modell' von Oekoscience umgeht die Problematik der Anwendung mathematischer Ausbreitungsgleichungen in Gebirgsregionen: Es ist ein überall anwendbares empirisches Ausbreitungsmodell für quellennahe Bereiche, das die konkreten Ausbreitungsverhältnisse für jede Stunde konkreten Erhebungen der Schadstoffquellen (z.B. Verkehrszählungen) und der Immissionen entnimmt. Das Verhältnis zwischen erzeugter Immission und ursächlicher Emission wird von der Topografie der Umgebung und den meteorologischen Ausbreitungsbedingungen bestimmt. Für jede Stunde eines Zeitraumes kennen wir empirisch die realen Ausbreitungsbedingungen über das I/E-Verhältnis und müssen sie nicht über Annahmen parametrisieren. Dabei muss ein zeitlich variabler, also dynamischer Hintergrund berücksichtigt werden (entsprechend den von früheren und anderen Emissionen herrührenden Immissionen).

Im Falle des NO₂ muss berücksichtigt werden, dass dieser Stoff zu einem großen Teil erst in der Atmosphäre aus NO entsteht. Die Verhältnisse zwischen NO, NO₂, Ozon und anderen oxidierenden Luftschadstoffen sind sehr komplex, was zur Folge hat, dass sich Änderungen beim Gesamtstickoxid NO_x in nicht proportionalen Änderungen beim NO₂ niederschlagen. Auch hier verfolgen wir einen empirischen Ansatz, der den veränderlichen Konversionsverhältnissen dynamisch folgt und nicht auf einer statischen Näherungsformel beruht.

3.3.3. Maßnahmen für den Leichtverkehr

Die Maßnahme bezogen auf den Leichtverkehr besteht in einem permanenten Tempo100-Limit für Pkw, Lieferwagen und Motorräder. Die pro zurückgelegte Strecke freigesetzten Emissionen eines Fahrzeugs (EFA) wachsen mit seiner Geschwindigkeit, weil es einen zunehmenden Fahrwiderstand überwinden muss. Bei Geschwindigkeiten < 80 km/h können noch andere motorische Faktoren sich auf die resultierenden EFA auswirken.

Die folgende Abbildung zeigt die relative Geschwindigkeitsabhängigkeit des Pkw-EFA für NO_x nach HBEFA4.1. Sie hängt sehr wenig vom Jahr ab und gilt auch für HBEFA4.2.

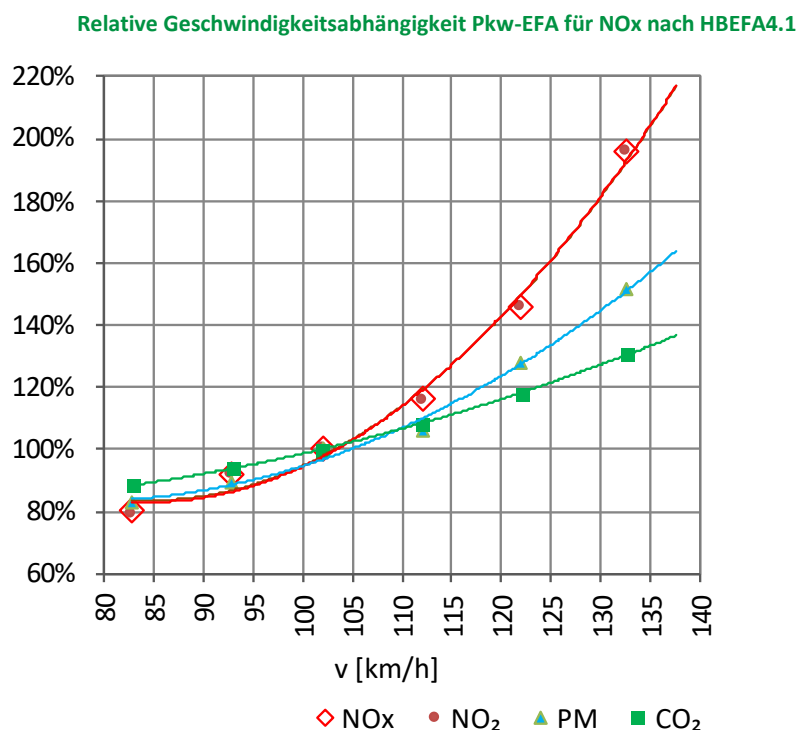


Abbildung 3.9: Relative Geschwindigkeitsabhängigkeit Pkw-EFA für NOx nach HBEFA4.1 (für 2020). EFA Pkw (102 km/h) = 100%.

Es ergibt sich eine starke Zunahme der Pkw-EFA mit Geschwindigkeiten zwischen 100 und 135 km/h:

+100% bei den Stickoxiden

+60% bei der Partikelmasse (Auspuff)

+35% beim CO₂

Der lufthygienische Effekt der geschwindigkeitsabhängigen EFA des Leichtverkehrs wurde für verschiedene österreichische Autobahnen ermittelt (aufgrund von Tempolimits).

Tabelle 3.2: Überblick über die Wirkung eines permanenten Tempo100-Limits:

Charakteristische Grösse je Jahr	Inntalautobahn A12 Tirol 2010 - 2014	Autobahn A1 Oberösterreich 2012 - 2022	Tauernautobahn A10 Salzburg 2016 - 2022
Reale Mittelgeschwindigkeit bei 'Tempo100' tagsüber	99 - 107 km/h	113 – 114 km/h	99 – 100 km/h
Reale Mittelgeschwindigkeit bei 'Tempo130' tagsüber	112 - 120 km/h	121 – 124 km/h	108 – 110 km/h
Mittlere Differenz 'T130 – T100' tagsüber	10 -14 km/h	8 – 10 km/h	9 – 11 km/h
Mittlere Differenz 'T130 – T100' nachts (22 – 6 Uhr)	4 – 7 km/h	5 – 7 km/h	5 – 7 km/h
Reduktion der gesamten NO ₂ -Immission eines realen permanenten 'Tempo100' gegenüber 'Tempo130' (gem. HBEFA4.1)	-8 bis -10%	-12 bis -13%	-8 bis -12%

3.3.4. Schwerverkehrsmaßnahmen

3.3.4.1. Euroklassenverbote

Seit 2007 wurden für die A12 Euroklassenfahrverbote festgelegt. Die IG-L Verordnungen in Tirol haben zu einer deutlich moderneren LKW-Flotte geführt. Dazu beigetragen haben nicht nur die direkten Euroklassenverbote, sondern auch die euroklassenbezogenen Nachtfahr- und sektoralen Fahrverbote.

Modernere Flotten weisen größere Anteile an höheren Euroklassen aus. Höhere Euroklassen sind grundsätzlich sauberer. Das Land Tirol hat seit mehr als 20 Jahren Lkw-bezogene Maßnahmen auf der A12 angeordnet, mit welchen u.a. modernere Flotten erreicht werden sollen.

Für das Jahr 2017 liegen uns parallele Erhebungen der SNF-Euroklassenverteilungen aufgrund der Maut-Einhebungen vor. Die folgende Tabelle zeigt die Verteilung für A12 (Tiroler Inntal), A10 Tauernautobahn (Salzachtal), A2-CH (Alpenvorland der Strecke Basel-Chiasso) sowie gemäß HBEFA4.2 AT (Mittel für Österreich). Sowohl auf der A12 im Inntal als auch auf der A2 im Schweizer Alpenvorland sind etwa 2/3 des SNF-Verkehrs im Alpentransit.

Tabelle 3.3: Flottenanteile der SNF (schwere Nutzfahrzeuge) nach Euroklasse für die A12, den Österreichschnitt, die A10 und die A2-Schweiz für 2017.

2017	A12 Tirol	HBEFA4.2 AT	A10 Tauern	A2 Schweiz
SNF D Euro-0	0.05%	0.04%	0.09%	0.16%
SNF D Euro-I	0.03%	0.14%	0.04%	0.07%
SNF D Euro-II	0.13%	0.74%	0.32%	0.36%
SNF D Euro-III	2.0%	3.8%	3.2%	3.1%
SNF D Euro-IV	2.5%	2.5%	2.6%	2.2%
SNF D Euro-V	31.6%	39.4%	40.4%	37.2%
SNF D Euro-VIa-c	63.7%	53.4%	53.4%	56.9%
Summe	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Die SNF-Flotte auf der A12 in Tirol ist deutlich moderner als in den drei anderen Fällen. Das HBEFA4.2 für Österreich entspricht den Verhältnissen auf der A10 Tauernautobahn sehr gut.

Auch in den Folgejahren war die Modernisierung der SNF-Flotte auf der A12 stets weiter fortgeschritten. Da die Maut innerhalb der EuroVI-Klasse nicht spezifiziert wird, kann mit diesen Erhebungen nicht nach EuroVIa-c, EuroVIc, EuroVIe

unterschieden werden; die Emissionsfaktoren (EFA) dieser Unterklassen gemäß HBEFA4.2 unterscheiden sich aber deutlich (s. nächste Tabelle). Die TU Graz ermittelte die Euroklassenentwicklung ab 2020 für die A12 ohne weitere Maßnahmen auf Basis ihrer Verkehrsmodelle und der Entwicklung bis 2020, mit Unterteilung in die EuroVI-Unterklassen. Diese Verteilung wurde von Oekoscience adaptiert für die seit 2019 real eingeführten Maßnahmen. Die reale Euroklassenverteilung der SNF auf der A12 war auch 2023 deutlich moderner als im Österreichschnitt gemäß HBEFA4.2, wie in der nächsten Tabelle für die Sattel- und Lastenzüge (SLZ) gezeigt. Auch die alten, emissionsstarken Euroklassen waren auf der A12 deutlich seltener.

Tabelle 3.4: Flottenanteile der SNF nach Euroklasse für die A12 und im Österreichschnitt gemäß HBEFA4.2 für 2023.

2023	EFA NO _x (HBEFA4.2)	Flottenanteile	
		HBEFA4.2 AT	A12
	[g/km]		
SLZ D Euro-0	13.70	0.005%	0.003%
SLZ D Euro-I	9.38	0.012%	0.000%
SLZ D Euro-II	9.87	0.075%	0.007%
SLZ D Euro-III	7.20	0.39%	0.07%
SLZ D Euro-IV	4.04	0.22%	0.02%
SLZ D Euro-V	2.94	6.7%	0.8%
SLZ D Euro-VIa-c	0.50	36.8%	38.9%
SLZ D Euro-VIde	0.19	55.3%	59.0%
SLZ electric	0	0.54%	1.17%
Summe		100.0%	100.0%
EFA NO _x Mittel [g/km]		0.53	0.34

Da die EFA sich stark nach Euroklasse unterscheiden, kommt es für den Gesamt-EFA einer Flotte sehr stark auf die Euroklassen-Verteilung an: Der mittlere NO_x-EFA betrug im Jahr 2023 auf der A12 0.34 g/km, im Österreichschnitt aber 0.53 g/km, **56% höher**. Auch bei anderen Schadstoffen schneidet der durchschnittliche Lkw auf der A12 besser ab als im Österreichschnitt. Dieses positive Ergebnis konnte nur durch langjährige Maßnahmen erreicht werden.

3.3.4.2. Nachtfahrverbot

Beim Nachtfahrverbot (NFV) werden Fahrten aus der Nacht in den Tag verlagert, weil dann die entsprechenden Emissionen bei im Mittel günstigeren Ausbreitungsbedingungen anfallen, was zu geringeren Immissionen führt (s. Kap. 2).

Den Effekt des NFV sieht man deutlich am Tagesgang des SLZ-Verkehrsaufkommens bei Strecken mit und ohne NFV. In der folgenden Abbildung werden diese Tagesgänge für 2022 gezeigt bei Vomp A12 (mit NFV), Kristein A1 (ohne NFV) und Moleno (A2 Schweiz; mit NFV im ganzen Land).

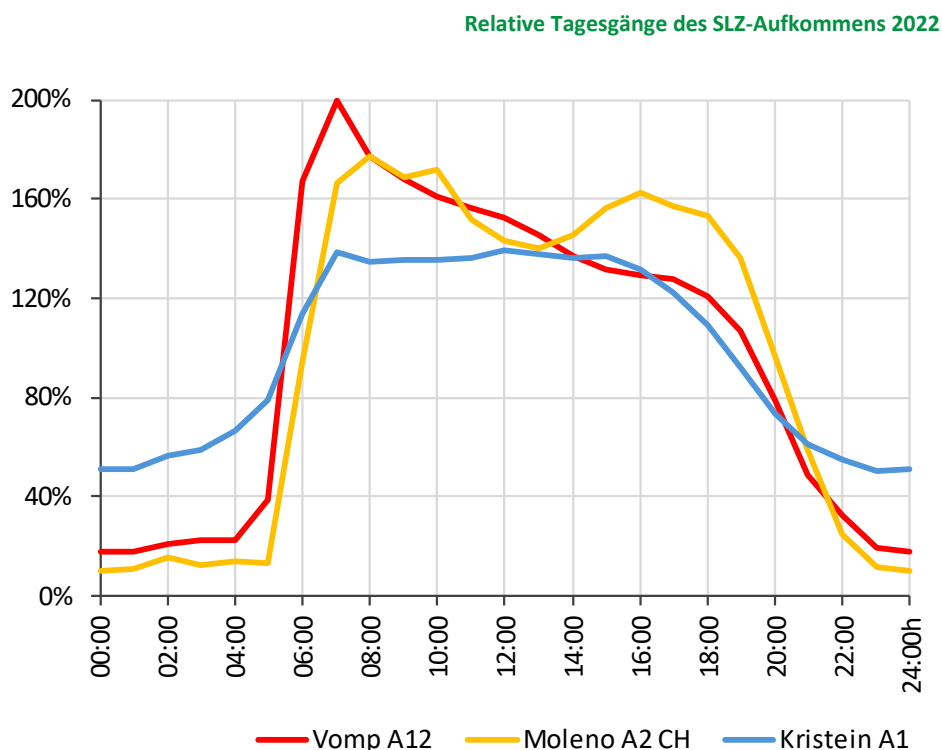


Abbildung 3.10: Relative Tagesgänge des SLZ-Aufkommens 2022 bei Vomp A12, Kristein A1 und Moleno A2 (Schweiz) für 2022. 100%=Tagesmittel je Streckenabschnitt. Die Werte z.B. um 05:00 beziehen sich auf das Intervall von 04:00-05:00.

Es wird postuliert, dass ohne NFV auf der A12 die relative SLZ-Tagesverteilung gleich wäre wie auf der A1; im Szenarium 'ohne NFV' auf der A12 wird der Mehrverkehr auf der A12 tagsüber so auf die Nacht verteilt, dass sich im relativen Tagesgang das gleiche Bild ergibt wie auf der A1. Auf der Schweizer A2 bei Moleno ist der Nachtverkehr nochmals niedriger als auf der A12; dies, weil es für die A12 umfassende Ausnahmeregelungen gibt. Die Verkehrsspitze tritt in Moleno dennoch eine Stunde später auf als bei Vomp, weil das NFV im ganzen Land gilt.

Bei der Ermittlung der Wirkung des NFV wird außer Acht gelassen, dass eine Aufhebung des NFV Mehrverkehr anziehen könnte, der sich aktuell eine andere Route

sucht, mit entsprechenden nachteiligen Auswirkungen auf die NO₂-Immissionswerte entlang der Brennerroute. So ergibt sich die Wirkung des NFV aus der Verlagerung aus der Nacht in den Tag bei insgesamt gleichem Verkehrsaufkommen. Eine Auswertung der Abt. Mobilitätsplanung zeigt den Nachtverkehr (täglich von 22-5 Uhr) auf der A12, der A13 und im Österreichschnitt.

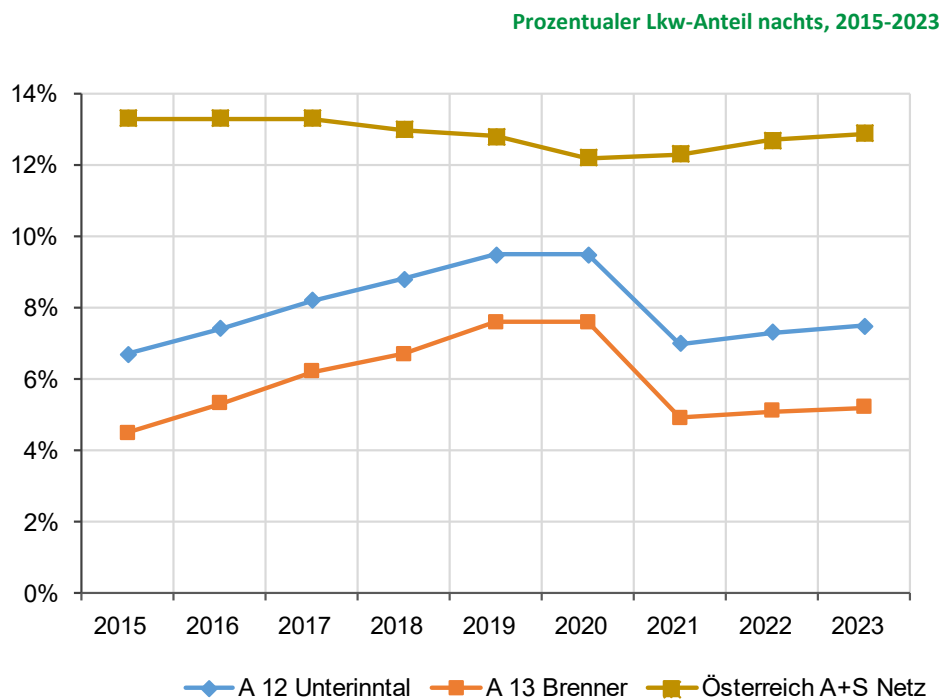


Abbildung 3.11: Prozentualer Lkw-Anteil nachts (22-5 Uhr) auf A12, A13 und im Österreichschnitt, 2015-2023. Auswertung der Abt. Mobilitätsplanung, Tirol auf Datenbasis BMK/Asfinag.

Bis 2020 galt eine NFV-Ausnahme für EuroVI im Transitverkehr. Je häufiger diese Euroklasse wurde, desto größer wurde der Nachtanteil. Seit 2021 dürfen nur noch Lkw im Transit mit alternativem Antrieb, insbesondere Elektrofahrzeuge, nachts auf der A12/A13 verkehren. Dadurch nahm der Nachtanteil ein Stück ab, beträgt aber auch dank Ausnahmeregelungen auf der A12 immer noch 7-8%.

Nun ist aber von besonderer Bedeutung, wie viele Lkw (zumeist SLZ) denn überhaupt vom NFV betroffen sind, also konkret von der Nacht in den Tag verlagert werden. Für diese Abschätzung wurde postuliert, dass sich auf A12/A13 ohne NFV eine Verkehrsverteilung wie auf der A1 (bei Kristein) einstellen würde. Dabei wurde auf das im Sommer- und Winterhalbjahr unterschiedliche NFV abgestellt. Es wurden die drei Jahre 2017, 2019 und 2022 untersucht.

Tabelle 3.5: NFV für Lkw auf der A12: Prozentuale Anteile des Nachtverkehrs (während der Gültigkeit des NFV) und des in den Tag verlagerten Verkehrs, 2017, 2019 und 2022.

Jahr	Nachtverkehr	Verlagerter Verkehr
2017	291 000 (9.2%)	328 000 (10.4%)
2019	340 000 (10.4%)	315 000 (9.7%)
2022	253 000 (7.9%)	388 000 (12.2%)

Diese Werte stehen in Einklang mit der Erhebung gemäß Abbildung 3.11. Infolge der Flottenmodernisierung dürfte der Nachtanteil nach 2021 wieder leicht ansteigen und der verlagerte Verkehr abnehmen. Dafür ergibt sich weiterhin (wie bisher) eine zusätzliche Flottenmodernisierung auf A12/A13.

Der lufthygienische Effekt der tageszeitlichen Verkehrsverlagerung hängt von der meteorologischen Situation und damit auch vom Jahresgang ab.

Da in unseren Szenarien Verkehr, Emissionen und Immissionen für jede Stunde berechnet werden, können jahreszeitlich beschränkte Verbote gut abgeschätzt werden. Die reale Gesamtwirkung des NFV (Verschärfung für EuroVI im Transit seit 1.1.2021 und frühere vor 2019 erlassene NFV) betrug im 2023 $-2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ im Jahresmittel. Die folgende Grafik zeigt die Wirkung des NFV im Jahresgang.

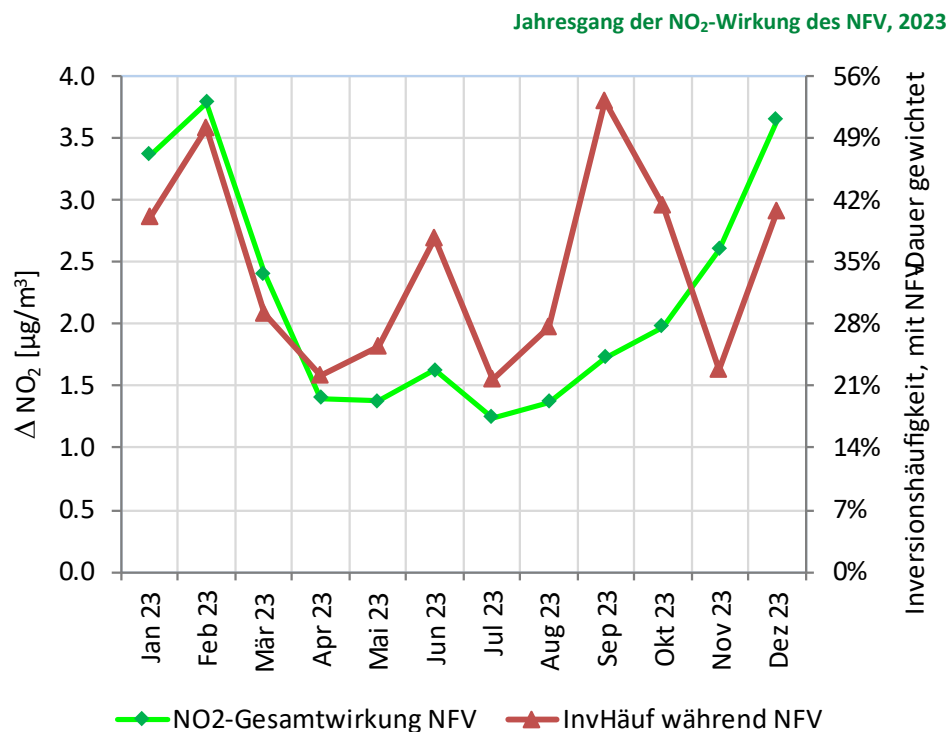


Abbildung 3.12: Jahresgang der NO_2 -Gesamtwirkung des NFV (Verschärfung für EuroVI im Transit seit 1.1.2021 und frühere vor 2019 erlassene NFV) und der mit der NFV-Dauer gewichteten Inversionshäufigkeit zu NFV-Zeiten bei Radfeld/Unterinntal, 2023.

Die monatliche NO₂-Gesamtwirkung des NFV variierte im Jahr 2023 um einen Faktor 3 (1.2 bis 3.8 µg/m³). Im Winterhalbjahr war sie mit 3.0 µg/m³ doppelt so hoch wie im Sommerhalbjahr mit etwa 1.5 µg/m³. Dennoch trug also das Sommerhalbjahr mit einem Drittel zur Gesamtwirkung bei. Es spielte dabei eine Rolle, dass das NFV im Winterhalbjahr 9 Stunden dauert, im Sommerhalbjahr nur 7 Stunden. In anderen Jahren dürften die Relationen meist ähnlich sein, wobei hier die meteorologischen Bedingungen voll reinspielen.

Die Inversionshäufigkeit folgt zeitweise dem Verlauf der NFV-Wirkung recht gut (Januar-April, November-Dezember), zeitweise aber auch nicht. Die hohe Inversionshäufigkeit in den langen Schönwetterlagen im September/Okttober 2023 hat sich offenbar nicht so stark auf die Immissionssituation ausgewirkt, möglicherweise wegen der Windverhältnisse, der noch vorhandenen Bodenwärme (welche für bodennahe Durchmischung innerhalb der Inversionsschicht sorgen kann). Jedenfalls kommt es auch auf andere Komponenten an, welche wesentlich sind für die NFV-Wirkung, und nicht nur auf Inversionen.

3.3.4.3. Sektorales Fahrverbot

Ab 1.1.2020 wurde das sektorale Fahrverbot auf mehr Gütergruppen erweitert und die Euro VI-Ausnahme auf Lkw mit Erstzulassungsdatum nach dem 31.8.2018 (im Wesentlichen EuroVIde-Lkw) eingeschränkt, außer beim Ziel-/Quellverkehr. Diese SFV-Verschärfung hat gemäß RoLa-Erhebungen 2023 etwa 0.75% der Lkw-Aufkommens auf der A12 auf die Schiene gebracht. Da immer mehr Lkw im Transit EuroVIde oder alternativ betrieben sind, nimmt dieser Prozentsatz fortlaufend ab.

3.3.5. Lufthygienische Wirkung der Verkehrsmaßnahmen

Die Bestimmung der lufthygienischen Wirkung der Verkehrsmaßnahmen beruht auf Szenarien (s. auch Kap. 3.2.2.) Die Ausbreitungsverhältnisse werden anhand von Messungen der NO_x- und NO₂-Immissionen (Messstelle Vomp A12) und Erhebungen der NO_x- und NO₂-Emissionen (aus Verkehrsaufkommen je Fahrzeugkategorie im entsprechenden A12-Abschnitt und zugehörigen Emissionsfaktoren gem. aktuell HBEFA 4.2) empirisch für jede Stunde eines Referenzjahres bestimmt. Sodann werden die Immissionen hypothetisch berechnet, wenn sich die Emissionen anders einstellen würden (→ Szenarien), z.B. wegen einer Temporeduktion.

In den Szenarien werden die REALEN Effekte der Maßnahmen verwendet (reale Temporeduktion bei Tempo100 aufgrund der Geschwindigkeitsmessungen auf der A12, reale Modernisierung der Lkw-Flotte bei Euroklassenverboten aufgrund der durch die Asfinag im Rahmen der Maut-Einhebung erfassten Euroklassen, etc.). 'Ideale' Modelle überschätzen oft den Effekt von verkehrlichen Maßnahmen.

Ergebnisse der Szenarien: Gemäß dieser Szenarien haben sich für die Jahre 2020-2023 die folgenden lufthygienischen Wirkungen der für die A12 gesetzten Maßnahmen ergeben bzw. werden sich für 2024-2026 ergeben (bei Beibehaltung der gültigen Maßnahmen), ausgedrückt in Reduktionen der Jahresmittel der NO₂-Immissionen an der Messstelle Vomp A12:

Tabelle 3.6: Einfluss der gesamten Maßnahmen für die A12 auf die Jahresmittel (JM) der NO₂-Immissionen bei Vomp A12, 2020-2026, Verkehrsszenarium V2. JM Vomp A12: 2020-2023: Messwerte; 2024-2026: Szenarienwerte. Obere Tabelle: SNF-Maßnahmen unterteilt in 'ab 2019' und 'vor 2019' erlassen. Untere Tabelle: SNF-Maßnahmen insgesamt ('ab 2019' und 'vor 2019') unterteilt in EKFV (Euroklassenfahrverbote), SFV (sektorales Fahrverbot) und NFV (Nachtfahrverbot).

NO ₂ [µg/m ³]	JM Vomp A12	Maßnahmen				JM Vomp A12 ohne Maßnahmen
Jahr		Tempo100 LV	SNF (SFV, NFV, EKFV ab 2019)	SNF (vor 2019 erlassen)	TOTAL	
2020	35.8	-3.7	-1.0	-2.4	-7.1	42.9
2021	33.5	-3.3	-4.3	-2.0	-9.6	43.1
2022	33.6	-3.5	-3.0	-2.2	-8.7	42.3
2023	32.3	-4.0	-4.0	-1.6	-9.6	41.9
2024	30.3	-3.7	-3.2	-1.6	-8.5	38.8
2025	28.4	-3.3	-2.7	-1.5	-7.5	35.9
2026	26.7	-3.0	-2.2	-1.5	-6.7	33.4

NO ₂ [µg/m ³]	JM Vomp A12	Maßnahmen					JM Vomp A12 ohne Maßnahmen
Jahr		Tempo100 LV	SNF EKFV	SNF SFV	SNF NFV	TOTAL	
2022	33.6	-3.5	-2.4	-0.7	-2.1	-8.7	42.3
2023	32.3	-4.0	-2.7	-0.7	-2.2	-9.6	41.9

Verkehrsszenarium V2: Die mittlere prozentuale jährliche Änderung des Aufkommens je Fahrzeugkategorie von 2015-2019 wird von 2022-2026 fortgeführt:

Tabelle 3.7: Mittlere jährliche Änderungsraten des Verkehrs auf der A12, 2015-2019 (entspricht dem Verkehrsszenarium V2).

Kategorie	Bus	Krad	Pkw	Lfw	SoloLkw	SLZ
%-Änd./Jahr	-0.6%	-7.4%	2.2%	5.5%	0.1%	3.8%

Bei den Jahresmitteln NO₂ von 2020-2023 handelt es sich um Messwerte bei Vomp A12, für 2024-2026 um Szenarienwerte. Die 'Jahresmittel NO₂ ohne Maßnahmen' gehen davon aus, dass das Land Tirol nie spezifische Maßnahmen für die A12 getroffen hätte.

Zum Term "SNF-Maßnahmen vor 2019 erlassen": Das Land Tirol hat schon vor 2019 Maßnahmen betreffend die SNF erlassen (Euroklassenfahrverbote, Nachtfahrverbot, sektorales Fahrverbot). Diese Verbote wirken auch nach 2019 nach. Darauf aufbauend hat das Land Tirol ab 2019 weitere Verbote bzgl. Euroklassen, Nachtfahrten und bahnaffinen Gütern erlassen.

Ohne Tiroler Maßnahmen würden die NO₂-Jahresmittel bei Vomp A12 erst ab 2025 den aktuell noch gültigen EU-Grenzwert von 40 µg/m³ gesichert einhalten, da ein Puffer von 3 µg/m³ zu beachten ist (s. Kap. 2.2). Dank der Tiroler Maßnahmen wird der bisherige EU-Grenzwert von 40 µg/m³ seit 2020 eingehalten.

Die Werte der Wirkungen der Maßnahmen für 2020-2022 beruhen auf Szenarien mit dem Referenzjahr 2019, wobei für die Jahre 2020 und 2021 (Coronapandemie) die real gemessenen Verkehrsaufkommen verwendet wurden. Die Szenarienwerte für 2023-2026 beruhen auf den überarbeiteten Berechnungen mit adaptierten Szenarien mit dem Referenzjahr 2023.

Die Gesamtwirkung der Maßnahmen verändert sich im Laufe der Jahre. Bei Einführung neuer oder erweiterter Maßnahmen erhöht sie sich. Mit dem Rückgang des allgemeinen Immissionsniveaus reduziert sich auch die Maßnahmenwirkung, ebenso wenn im Laufe der Zeit immer mehr Fahrzeuge unter Ausnahmegestimmungen fallen. Im Weiteren sind resultierende Immissionen von meteorologischen Ausbreitungsbedingungen, aber auch von zeitlichen Verkehrsverteilungen abhängig (s. dazu auch Kap. 2.2 zum 'Puffer' bezgl. Grenzwerteinhaltung). Der notwendige Puffer von 3 µg/m³ NO₂ entspricht einer Spannweite von gegen 10%; diese Spannweite gilt auch entsprechend bei der Wirkung der Maßnahmen.

Die Zunahme der in Tabelle 3.6 ausgewiesenen Maßnahmenwirkung von 2022 auf 2023 erklärt sich zur Hauptsache durch die auf den 1.1.2023 neu eingeführten SNF-Maßnahmen: Verschärfung des Euroklassenfahrverbotes (und damit auch des sektoralen Fahrverbotes) für den Binnen-, Quell- und Zielverkehr (nur noch EuroVI zulässig). Daneben ist zu beachten, dass die Werte für 2022 den Szenarien mit Basis 2019 entstammen, die Werte für 2023 den Szenarien mit Basis 2023, also die realen Verkehrsverteilungen, Ausbreitungsbedingungen (Tau-Werte) und (implizit) EFA enthalten.

Die SNF-Flotte auf A12/A13 ist nicht nur wegen direkter Euroklassenfahrverbote moderner als im Österreichschnitt (s. Kap. 3.3.4.1.), sondern auch wegen

Ausnahmebestimmungen beim SFV und NFV. In den Szenarien geht aber nur das Gesamtergebnis ein, die reale Euroklassenverteilung. Dieser Gesamteffekt wurde aufgrund der Entwicklung der Euroklassenverteilungen, des Anteils des Nachtverkehrs und der vom SFV betroffenen Fahrten als Schätzung auf die drei Einzelmaßnahmen EKFV (direkt), SFV und NFV aufgeteilt.

4. Ausblick bis 2030 mit den erwarteten neuen EU-Grenzwerten für NO₂

An dieser Stelle wird ein Perspektivwert für das NO₂-Jahresmittel bei Vomp A12 für 2030 grob abgeschätzt. Ausgangspunkt ist dabei die erwartete Entwicklung der NO_x-EFA je Fahrzeugkategorie gemäß HBEFA4.2 (s. Kap. 3.1). Um die Abflachung der Abnahme der EFA in Zahlen zu fassen, wird die Reduktion von 2022-2026 in das Verhältnis gesetzt mit der Reduktion von 2026-2030:

Tabelle 4.1: Abflachung der Abnahme der NO_x-EFA 2022-2030 gemäß HBEFA4.2.

NO _x EFA [g/km]	SoloLkw	SLZ	Pkw	Lfw
Diff 2022-2026	0.4054	0.1154	0.1550	0.4800
Diff 2026-2030	0.1210	0.0579	0.1037	0.2587
Faktor Abflachung	0.30	0.50	0.67	0.54

Berücksichtigt man den nach wie vor überproportionalen NO_x-Emissionsanteil des Schwerverkehrs, so ergibt sich eine Emissionsreduktion von 2026-2030, die nur etwa 58% der Reduktion von 2022-2026 ausmacht. Bei gleichen Tagesgängen und gleicher Meteorologie bildet sich dies entsprechend in den Immissionen ab.

Ausgehend von Tabelle 3.6 (Messwert 2022 von 33.6 µg/m³ NO₂, Szenarienwert 2026 von 26.7 µg/m³ NO₂) ergibt dies eine Schätzung des NO₂-Jahresmittels für Vomp A12 im 2030 von 22.7 µg/m³, bei Beibehaltung der Verkehrsmaßnahmen.

Die Wirkung der Maßnahmen von 2019 nimmt jedes Jahr ab, dürfte aber auch 2030 wohl noch 3 – 4 µg/m³ ausmachen, v.a. wegen Tempo100 und NFV. Eine Aufhebung aller Maßnahmen würde das Jahresmittel 2030 in den Bereich von 26 µg/m³ ansteigen lassen, deutlich über dem voraussichtlichen neuen Grenzwert der EU von 20 µg/m³, auf den sich die Europäische Kommission, das Parlament und der Rat im Februar 2024 geeinigt haben. Die entsprechende Richtlinie soll voraussichtlich im November 2024 in Kraft treten.

Ein großer Unsicherheitsfaktor dieser Schätzung ist gewiss das Ausmaß der Elektrifizierung der Flotten in den nächsten Jahren. Jedenfalls ist absehbar, dass der erwartete neue Grenzwert der EU für das Jahresmittel an NO₂ (20 µg/m³) im Unterinntal nicht von allein eingehalten wird. Auch ein Puffer (s. Kap. 2.2) wäre ja nach wie vor zu berücksichtigen.

5. Schlussfolgerungen

Dank der Tiroler Verkehrsmaßnahmen auf A12/A13 (in Kombination mit den übrigen Maßnahmen) kann im Unterinntal der alte NO₂-Grenzwert der EU von 40 µg/m³ seit 2020 eingehalten werden. Im weiteren Bereich der A12 stammen die Immissionen hauptsächlich von der Autobahn; dies wird auch weiterhin so bleiben (s. Abbildung 3.4). Aufgrund neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse steht in der EU die Einführung eines neuen Grenzwertes von nur noch 20 µg/m³ NO₂ im Jahresmittel bevor. Er soll ab 2030 verbindlich gelten.

Ausgehend von den Szenarienergebnissen für Vomp A12 bis 2026 und der zukünftigen Flottenentwicklung gemäß HBEFA 4.2 zeigt sich eine zu erwartende Überschreitung des neuen EU-Grenzwertes bei Vomp A12 auch noch 2030. Bei der erwarteten Elektrifizierung der Flotten in den nächsten Jahren reichen die bestehenden Maßnahmen vermutlich nicht, um den erwarteten neuen Grenzwert im Jahr 2030 einhalten zu können. Eine Aufhebung der Maßnahmen würde die Grenzwertüberschreitung verschärfen.

In den Zeitraum bis 2030 fällt die Sanierung der Luegbrücke der A13, was temporär Einfluss auf den Verkehr auf A12 und A13 haben wird. Dies ist nicht Gegenstand dieser Evaluierung. Die längerfristig notwendigen lufthygienischen Maßnahmen auf der A12 und A13 bleiben davon jedenfalls unberührt.